



SEGURIDAD ENERGÉTICA Y BIODIVERSIDAD: ELEMENTOS CLAVES PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE Y PARA INCREMENTAR LA COMPETITIVIDAD DE CHILE

CENTRO DE ENERGÍA Y DESARROLLO SUSTENTABLE
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DIEGO PORTALES

Informe elaborado para:

Biblioteca del Congreso Nacional de Chile





Centro de Energía y Desarrollo Sustentable
UNIVERSIDAD DIEGO PORTALES





Seguridad Energética y Biodiversidad: Elementos Claves para el Desarrollo Sustentable y para Incrementar la Competitividad de Chile

Estudio elaborado por:

Centro de Energía y Desarrollo Sustentable, Facultad de Ingeniería, Universidad Diego Portales

Dirección y edición:

Edmundo Claro

Coordinación:

Orión Aramayo

Colaboradores:

Juan Pablo Arístegui

Andrés Barberis

César Castro

Hernán Frigolett

Leonardo García

Alex Godoy

Mary Hansen

Dominique Hervé

Miguel Márquez

Roberto Mercado

Kelsey Poole

José Manuel Robles

Alfie Ulloa

Mauricio Weibel

Yasha Zeltzer

Santiago, Noviembre de 2009



Aclaración

Si bien este estudio es fruto de la colaboración de diversos especialistas, académicos y estudiantes, es importante señalar que tanto la edición final del documento como el Capítulo 13, "Recomendaciones para un Futuro Energético Sustentable", son de exclusiva responsabilidad del Centro de Energía y Desarrollo Sustentable, Facultad de Ingeniería, Universidad Diego Portales. De este modo, es probable que algunos elementos y opiniones de este documento no representen el parecer de todos los colaboradores.



RESUMEN EJECUTIVO

OBJETIVOS DEL ESTUDIO

De acuerdo con los términos de referencia, el objetivo general del estudio es “analizar y definir aspectos claves para la generación de políticas públicas que promuevan el desarrollo y la seguridad energética, la biodiversidad, la innovación, y la transferencia tecnológica”, de modo que éste sirva de insumo al Congreso Nacional en la formulación de “la institucionalidad necesaria para el desarrollo eficiente de procesos de innovación y competitividad en Chile”.

Por su parte, los términos de referencia también señalan los siguientes objetivos específicos:

- analizar la situación del país, desde la perspectiva de la seguridad energética, la biodiversidad, la innovación y la transferencia tecnológica;
- proveer de información y antecedentes que promuevan la seguridad energética, la biodiversidad, la innovación y la transferencia tecnológica; y
- generar propuestas de políticas públicas que promuevan la seguridad energética, la biodiversidad, la innovación y la transferencia tecnológica.

Considerando los anteriores objetivos conjuntamente con las tendencias del mercado global de la energía y los elementos que debe poseer toda política de desarrollo energético sustentable, los resultados de este trabajo deben apuntar a fortalecer la labor parlamentaria para fomentar un desarrollo energético sustentable para Chile, en función de tres ejes principales:

- aumentar la seguridad energética y diversificar las fuentes de abastecimiento;
- reducir los impactos ambientales; e
- incentivar la innovación y la transferencia tecnológica.

PERFIL ENERGÉTICO DE CHILE

Durante la última década el consumo total de energía creció a una tasa anual promedio de 2,8%, con la electricidad creciendo al 6% anual. Este crecimiento se ha basado principalmente en la importación de combustibles fósiles, los que en 2007 representaron el 67% del consumo: petróleo 41%, gas 16% y carbón 16%. En la actualidad Chile importa el 68% de la energía consumida. Mientras el 98% del petróleo consumido es importado, esta cifra alcanza el 73% para el gas natural y el 88% para el carbón. Sólo la hidroelectricidad y la leña son domésticamente abastecidas.



El consumo final de energía está determinado por cuatro grandes sectores: transporte, industrial, minero y comercial-público-residencial. El sector transporte es mayor consumidor de energía, alcanzando el 35% del consumo total, concentrado en un 99% en los derivados del petróleo. Luego siguen el sector comercial-público-residencial con un 25% del consumo total de energía, el sector industrial con el 23% del consumo total, y el sector minero con el 13% del consumo total.

Proyectando el consumo al 2030 en base a los patrones de consumo actuales, se estima que éste crecerá a una tasa cercana al 5,4% anual. Asumiendo patrones de abastecimiento similares a los actuales, las fuentes energéticas más relevantes serán el petróleo, la electricidad y la leña; mientras en 2007 éstas representaron el 69% del consumo total, se espera que en 2030 representen el 78%.

Más específicamente, se estima que al 2030 el sector transporte representará el 52% del consumo energético del país y el consumo de petróleo será 3,1 veces mayor que el actual. En otras palabras, en ausencia de medidas y políticas tendientes a modificar la actual estructura de consumo y abastecimiento de combustibles para el transporte, al 2030 Chile será aún más dependiente de fuentes energéticas fósiles importadas que en la actualidad.

SEGURIDAD ENERGÉTICA: FORTALEZAS Y DEBILIDADES

A pesar de la diversidad de significados, usos y matices, en línea con la trayectoria histórica de la noción, en la mayoría de las definiciones actuales de seguridad energética es posible distinguir cuatro elementos comunes:

- disponibilidad,
- accesibilidad económica,
- aceptabilidad ambiental, y
- moderación y eficiencia.

En función de estas dimensiones, Chile enfrenta importantes desafíos en materia de seguridad energética. El aspecto peor evaluado corresponde a la accesibilidad económica, ya que tanto los precios de la gasolina y de la electricidad residencial como su proporción del PIB son altos a nivel internacional. Otro aspecto mal evaluado es la moderación y la eficiencia en el consumo, principalmente debido al enorme crecimiento de las emisiones de CO₂ per cápita experimentado por Chile desde 1990. Si bien el aspecto asociado con la disponibilidad es inquietante con relación al nivel de importación energética, este se ve moderado en función de una razonable diversidad de la matriz energética nacional. Finalmente, en términos ambientales, Chile presenta niveles intermedios en materia de emisiones de CO₂ y de PM₁₀. La Tabla 1 resume esta información.



ESTRATEGIA

Debido a que Chile es altamente dependiente de combustibles fósiles provenientes del exterior, especialmente de petróleo, las iniciativas tendientes a fomentar un desarrollo nacional energéticamente sustentable debe prestar especial atención al mercado global de estos recursos.

Si bien durante las próximas décadas el abastecimiento global de combustibles fósiles no se verá mayormente afectado, existe consenso de que a partir de entonces su abastecimiento se irá dificultando. Para entonces, no sólo se espera que sus precios hayan aumentado considerablemente, sino también que sus reservas hayan disminuido significativamente. De este modo, Chile se verá obligado a reestructurar su sistema energético en favor de energías alternativas por medio de una estrategia que priorice:

- el desacople del crecimiento económico de la demanda energética;
- la eficiencia energética; y
- el desarrollo de fuentes renovables no convencionales domésticas.

Dado que el anterior desafío es a largo plazo, es preciso desarrollar una estrategia de transición energética hasta el año 2050 basada en dos objetivos cruciales:

1. que permita un abastecimiento seguro y con un mayor grado de autonomía nacional en base a:
 - eficiencia energética; y
 - diversificación en base a países abastecedores y más energías renovables no convencionales (ERNC) domésticas, carbón y nuclear.
2. que prepare a Chile para el desafío posterior en base a:
 - un Ministerio de Energía proactivo que lidere y dirija el futuro energético del país, no limitándose a recibir y posteriormente evaluar propuestas del sector privado;
 - la adquisición y adaptación de tecnologías extranjeras; y
 - transformarse en un líder regional en esta materia, especialmente en el desarrollo de tecnologías para con las cuales presenta ventajas competitivas o de abastecimiento.

RECOMENDACIONES DE POLÍTICAS PÚBLICAS

En función de la estrategia arriba descrita, todos los esfuerzos que se desplieguen en materia energética deben ordenarse estratégicamente en torno a la construcción de una política de transición para la consolidación futura de un desarrollo energético sustentable. Con el fin de apoyar este proceso, el estudio elaboró una serie de recomendaciones en diversas áreas del acontecer energético de Chile.



Para facilitar el análisis se optó por desagregar las recomendaciones en función de distintas áreas de política. Si bien se estima que estas recomendaciones señalan un punto de partida para el debate que debe surgir en torno a este tema, como toda propuesta, su estructura y contenido deben ser sometidos a discusión. Mientras una parte de ellas abarcan materias que requieren ley, el resto corresponde a decisiones que el ejecutivo puede resolver administrativamente. La lista que sigue resume las áreas de política utilizadas para estructurar las recomendaciones:

- Modernización institucional;
- Seguridad energética;
- Planificación y ordenamiento territorial;
- Fomento de capacidades tecnológicas;
- Fomento de ERNC y diversificación de la matriz;
- Sustentabilidad ambiental;
- Transporte;
- Acceso a la energía; y
- Eficiencia energética.

A continuación se presentan las principales recomendaciones contenidas en el estudio que requieren de modificaciones a la legislación y que presentan un nivel de desarrollo comparativamente mayor.

1. Mejorar el actual marco sobre energías renovables no convencionales en Chile

La información analizada en el estudio indica que el país ha avanzado positivamente en la promoción de las ERNC durante los últimos años, especialmente por medio de modificaciones legales y la introducción de incentivos específicos en materia de estudios. Sin embargo, el estudio también identificó diversas debilidades que requieren ser corregidas para aumentar el fomento de las ERNC.

En términos generales aquí se señala la conveniencia de generar una Ley Marco sobre ERNC que regule los aspectos generales y guíe la política nacional en la materia con el fin de aumentar participación en la matriz energética nacional. Más específicamente, esta ley debiese concentrarse en dos áreas particulares:

- fomentar las ERNC más allá del sector eléctrico; y
- modificar algunas disposiciones legales sobre ERNC para el sector eléctrico de modo de aumentar su participación.



ERNC más allá del sector eléctrico

Limitar el fomento de las ERNC sólo al sector eléctrico no se condice con la realidad chilena. Si bien la electricidad es un área energética relevante en el país, representando aproximadamente el 13% del consumo secundario, el petróleo representa el 47% de este consumo. Estas cifras reflejan que limitar el fomento de las ERNC sólo al sector eléctrico deja de lado una proporción enorme del consumo energético nacional y que por lo tanto la nueva Ley Marco debiese tener como eje prioritario el desarrollo de fuentes renovables no convencionales domésticas que sustituyan al petróleo.

ERNC en el sector eléctrico

- Por su parte, con relación al sector eléctrico, la nueva Ley Marco debiese abordar los siguientes desafíos:
- terminar con el criterio de la neutralidad tecnológica en el sector eléctrico pues ha retrasado precisamente la investigación y el desarrollo de fuentes distintas a las económicamente más baratas;
- fomentar las ERNC más allá del sector productivo (doméstico y rural);
- dado que las ERNC necesitan amplias extensiones de tierra y compiten por el recurso suelo, diseñar un mecanismo que evite problemas de ordenamiento territorial asociados al “sabotaje” de estos proyectos;
- modificar el actual sistema de cuotas e introducir un sistema de tarifas mínimas para la incorporación de las ERNC a la matriz eléctrica;
- requerir que las empresas eléctricas y los grandes consumidores incrementen sus adquisiciones de ERNC en un 1% anual, lo que supone elevar las actuales exigencias y así alcanzar un porcentaje de 20% al año 2024 en vez del 10% actual; y
- aumentar las multas por incumplimiento y mantener la obligación anual incumplida para el año siguiente, de manera tal que la multa no reemplace la obligación, sino que la refuerce.

2. Mejorar el actual marco de evaluación ambiental de proyectos y políticas energéticas

La ocurrencia de impactos ambientales negativos asociados a las etapas de generación y consumo de energía es una de las causas más importantes de deterioro ecológico tanto a nivel mundial como en Chile. Si bien uno de los principales desafíos ambientales del sector energético corresponde a minimizar las emisiones atmosféricas con impactos tanto globales como locales generadas durante la etapa de consumo, también es necesario abordar los serios impactos sobre los ecosistemas y la biodiversidad asociados a la etapa de generación.



Si bien existen una serie de instrumentos y normativas en Chile atinentes a reducir los impactos ambientales del sector energético, esta recomendación se concentra en los procedimientos existentes y potenciales relacionados con la evaluación de los impactos ambientales de proyectos y políticas energéticas. Más específicamente, expone argumentos tendientes a modificar algunos elementos del vigente Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) para proyectos energéticos específicos e introducir la Evaluación Ambiental Estratégica (EAE) para políticas e iniciativas energéticas gubernamentales.

Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA)

En conformidad con lo dispuesto en la legislación ambiental, los proyectos energéticos de gran envergadura deben ser sometidos al SEIA. Sin embargo, dicho instrumento de gestión presenta diversas debilidades que se han identificado en el transcurso de su implementación. Estas se refieren principalmente a dos aspectos:

- dado que el SEIA entiende los impactos ambientales de manera estática y aislada, en la práctica el sistema no contempla una evaluación de los impactos indirectos, acumulativos y sinérgicos correspondientes; y
- debido a que el SEIA no exige la evaluación de proyectos alternativos, no es posible examinar la viabilidad de desarrollar proyectos alternativos con menores impactos ambientales.

De este modo, se requiere modificar el SEIA incorporando las siguientes materias dentro de los contenidos obligatorios del Estudio de Impacto Ambiental (artículo 12 de la Ley N°19.300):

- la evaluación ambiental de alternativas al proyecto que se propone, es decir, la obligación del titular del proyecto de presentar en el EIA la evaluación de alternativas de tecnologías y de localización del proyecto; y
- la evaluación de los impactos ambientales indirectos, acumulativos y sinérgicos del proyecto.

Evaluación Ambiental Estratégica (EAE)

Si bien la EAE está considerada en el Proyecto de Ley que crea el Ministerio del Medio Ambiente, su carácter es voluntario. De este modo, es probable que bajo este esquema una política emanada de un eventual Ministerio de Energía no sea sometida con anterioridad a su implementación a una evaluación de los costos y beneficios ambientales de la misma. Además, contempla que el Ministerio sectorial debe realizar los informes ambientales de las políticas sometidas a EAE y el Ministerio del Medio Ambiente simplemente puede formular observaciones a dicho Informe.

Siguiendo la abundante experiencia de países desarrollados, aquí se sugiere introducir la EAE en la Ley N°19.300, lo que sin duda ahorraría esfuerzos en la prevención de impactos ambientales y eliminaría los correspondientes costos de reacción, de acuerdo a las siguientes directrices:



- obligatoriedad de una EAE para políticas e iniciativas energéticas gubernamentales; y
- que la autoridad encargada de la EAE sea el Ministerio del Medio Ambiente y no el Ministerio de Energía.

3. Incorporar la eficiencia energética en las empresas distribuidoras de electricidad

Bajo el actual esquema tarifario, debido a que a mayor potencia consumida mayor es el ingreso de las empresas distribuidoras, éstas no están interesadas en que sus clientes reduzcan su demanda ni en la eficiencia energética asociada. Para corregir esta situación, y siguiendo la creciente orientación a nivel mundial, aquí se aconseja seguir la principal recomendación del informe APEC para el sector eléctrico chileno:

“crear un régimen regulatorio que desacople los ingresos de las empresas de distribución eléctrica de sus ingresos por ventas, eliminando de esta forma los desincentivos para las empresas de promover la eficiencia energética entre sus usuarios finales”.

Para introducir este mecanismo regulatorio de desacople se deberá modificar el Artículo 182 del Decreto con Fuerza de Ley N°4, del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción de 2006, el que establece que en el mercado de la distribución eléctrica el precio de venta es regulado y considera la suma del precio de nudo y del Valor Agregado de Distribución (VAD). Por su parte, de acuerdo con el Artículo 182 del mismo cuerpo legal, el VAD considera tres tipos de costos:

- costos fijos por concepto de gastos de administración, facturación y atención del usuario, independientes de su consumo;
- pérdidas medias de distribución en potencia y energía; y
- costos estándares de inversión, mantención y operación asociados a la distribución, por unidad de potencia suministrada.

En este sentido, se sugiere introducir dentro del VAD un Factor de Desacople de Ingresos (FDI), correspondiente a una cuenta de saldos por cobrar o pagar y que se calcula como la diferencia entre los ingresos determinados por la autoridad y los ingresos realmente recaudados por la empresa distribuidora al final de cada periodo. Así, el valor del VAD será la suma de los costos fijos, las pérdidas medias de distribución en potencia y energía, los costos estándares de inversión, mantención y operación, y el FDI.

Más específicamente, el cálculo del FDI consta de dos pasos. En primer lugar se divide la diferencia entre los ingresos determinados por la autoridad y los realmente recaudados por la empresa distribuidora para el período en evaluación por los ingresos proyectados para el próximo período. Luego, este cociente se multiplica por la tarifa del período en evaluación.



Si la empresa distribuidora recaudó ingresos menores a los determinados, el FDI es positivo y tenderá a aumentar el VAD del próximo período. Si sus ingresos reales fueron mayores a los determinados, el FDI será negativo y tenderá a disminuir el VAD del siguiente período.

4. Aumentar el consumo de biocombustibles en el transporte

El sector transporte es mayor consumidor de energía, alcanzando el 35% del consumo total, concentrado en un 99% en los derivados del petróleo, y aproximadamente el 98% del petróleo consumido es importado. Por su parte, se estima que al 2030 el sector transporte representará el 52% del consumo energético del país y el consumo de petróleo será 3,1 veces mayor que el actual.

En otras palabras, en ausencia de medidas y políticas tendientes a modificar la actual estructura de consumo y abastecimiento de combustibles para el transporte, al 2030 Chile será aún más dependiente de fuentes energéticas fósiles importadas que en la actualidad.

A pesar de que las alternativas para convertir la flota vehicular hacia combustibles distintos del petróleo son diversas, incluyendo los biocombustibles, la electricidad y el hidrógeno, esta recomendación se concentra en los primeros. Esto responde a diversas razones, destacándose su nivel de desarrollo a nivel mundial, la existencia de iniciativas que fomentan su consumo en Chile y el interés de la Comisión Nacional de Energía (CNE) por fomentarlo.

El Gobierno de Chile ha desarrollado algunas iniciativas tanto legales como institucionales tendientes a materializar estas intenciones, en donde la más relevante y concreta corresponde al incentivo tributario para la utilización de biocombustibles que los exime del impuesto específico que se aplica a los derivados del petróleo en el transporte. El resto de los esfuerzos gubernamentales para promover los biocombustibles han sido a nivel de estudios técnicos y regulatorios.

Para que el transporte de Chile aumente su consumo de biocombustibles, debemos seguir la tendencia mundial e introducir obligaciones específicas, graduales y crecientes de sustitución de combustibles fósiles por biocombustibles.

Bajo este esquema, la autoridad determina que todo combustible líquido caracterizado como petróleo diesel deberá ser mezclado con biodiesel en una proporción determinada que irá aumentando en el tiempo. Similarmente, la autoridad determina que todo combustible líquido caracterizado como gasolina automotriz deberá ser mezclado con bioetanol.

De acuerdo con el DFL N° 1/1978 del Ministerio de Minería, el Presidente de la República, por medio de un Decreto Supremo expedido por el Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción puede declarar normas oficiales nacionales, normas técnicas y de calidad aplicables a los diversos tipos de petróleo, a los combustibles derivados de éste y a cualquier otra clase de combustible.



Así, la introducción de la obligatoriedad de mezclar los combustibles fósiles con biocombustibles debe estar incorporada en la estructura del Decreto Supremo N° 319/2005 del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción para el país con excepción de la Región Metropolitana y en el Decreto Supremo N° 58 de 2003 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia para la Región Metropolitana. La forma más directa es incluir una partida adicional en los requisitos de estos decretos que especifique el porcentaje de biocombustible que deberá contener todo petróleo diesel y gasolina automotriz expendida en el territorio regulado por cada decreto.



ÍNDICE DE CONTENIDOS

1	INTRODUCCIÓN	24
1.1	EL RETO DEL PAÍS	24
1.2	ENERGÍA Y DESARROLLO SUSTENTABLE	25
1.2.1	<i>Abastecimiento oportuno, continuo, de calidad y a costo razonable</i>	26
1.2.2	<i>Dependencia energética, vulnerabilidad del desarrollo e independencia energética</i>	26
1.2.3	<i>Energía y medio ambiente</i>	27
1.2.4	<i>Energía y equidad</i>	27
1.2.5	<i>Energía y participación</i>	28
1.2.6	<i>Papel del Estado y de sus instituciones</i>	29
1.3	OBJETIVOS DEL ESTUDIO	29
1.3.1	<i>Aumentar la seguridad energética y diversificar las fuentes de abastecimiento</i>	30
1.3.2	<i>Diversificar las fuentes de abastecimiento</i>	30
1.3.3	<i>Reducir los impactos ambientales</i>	32
1.3.4	<i>Incentivar la innovación y la transferencia tecnológica</i>	35
1.4	ESTRUCTURA DEL INFORME	37
1.5	REFERENCIAS	38
2	TENDENCIAS DEL MERCADO GLOBAL DE LA ENERGÍA	41
2.1	INTRODUCCIÓN	41
2.2	PETRÓLEO	43
2.2.1	<i>Consumo</i>	43
2.2.2	<i>Producción</i>	44
2.2.3	<i>Precio</i>	45
2.2.4	<i>Reservas</i>	46
2.3	GAS NATURAL	47
2.3.1	<i>Consumo</i>	47
2.3.2	<i>Producción</i>	48
2.3.3	<i>Precio</i>	49
2.3.4	<i>Reservas</i>	50
2.4	CARBÓN	51
2.4.1	<i>Consumo</i>	51
2.4.2	<i>Producción</i>	52
2.4.3	<i>Precio</i>	53
2.4.4	<i>Reservas</i>	53
2.5	ELECTRICIDAD	54
2.5.1	<i>Consumo</i>	54
2.5.2	<i>Producción</i>	55
2.6	NUCLEAR	56
2.6.1	<i>Consumo y producción</i>	56
2.6.2	<i>Reservas de uranio</i>	57
2.7	FUENTES RENOVABLES	58
2.7.1	<i>Biomasa y residuos orgánicos</i>	59
2.7.2	<i>Hidroelectricidad</i>	61
2.7.3	<i>Otras energías renovables</i>	62
2.8	TENDENCIAS DEL MERCADO GLOBAL DE LA ENERGÍA	63
2.8.1	<i>Aumento del consumo global</i>	63
2.8.2	<i>Concentración y encarecimiento de los combustibles fósiles</i>	64
2.8.3	<i>Inestabilidad política de países proveedores de petróleo</i>	64
2.8.4	<i>Calentamiento global</i>	65
2.9	REFERENCIAS	66



3	PERFIL ENERGÉTICO DE CHILE	68
3.1	ABASTECIMIENTO Y CONSUMO	68
3.2	INTENSIDAD ENERGÉTICA	70
3.3	EMISIONES DE CO ₂	71
3.4	INDICADORES DE SEGURIDAD ENERGÉTICA	73
3.4.1	<i>Aspectos generales</i>	73
3.4.2	<i>Definiciones e indicadores</i>	74
3.4.3	<i>Análisis de la situación nacional</i>	76
3.4.4	<i>Resumen</i>	82
3.5	REFERENCIAS	82
4	ALTERNATIVAS FUTURAS DE ABASTECIMIENTO ENERGÉTICO	84
4.1	INTRODUCCIÓN	84
4.2	PROYECCIONES DE LA DEMANDA DE ENERGÍA PARA EL PERÍODO 2008 – 2030	85
4.2.1	<i>Antecedentes generales</i>	85
4.2.2	<i>Especificación del modelo econométrico utilizado y metodología utilizada</i>	86
4.2.3	<i>Consideraciones metodológicas y resultados que se espera obtener</i>	88
4.2.4	<i>Variables utilizadas en las regresiones</i>	89
4.2.5	<i>Función de demanda por energía secundaria y proyecciones</i>	90
4.3	ESCENARIOS DE CRECIMIENTO AL 2030 CON APOORTE DE EFICIENCIA ENERGÉTICA Y ERNC	110
4.3.1	<i>El aporte de la eficiencia energética en los escenarios de demanda energética ...</i>	111
4.3.2	<i>El aporte de las energías renovables no convencionales (ERNC)</i>	129
4.4	REFERENCIAS	134
5	IMPACTOS DE LA ENERGÍA SOBRE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS	137
5.1	INTRODUCCIÓN	137
5.2	LA RELEVANCIA DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS	137
5.3	IMPACTOS AMBIENTALES DE LA PRODUCCIÓN Y DEL CONSUMO DE ENERGÍA	140
5.4	REGULACIÓN AMBIENTAL EN RELACIÓN CON LA ENERGÍA	144
5.5	DEBILIDADES DEL MARCO NORMATIVO AMBIENTAL EN LA EVALUACIÓN DE PROYECTOS ENERGÉTICOS .	147
5.6	REFERENCIAS	149
6	IMPACTOS SOCIALES Y ECONÓMICOS VINCULADOS AL ABASTECIMIENTO FUTURO DE ENERGÍA	151
6.1	INTRODUCCIÓN	151
6.2	LA MATRIZ ENERGÉTICA Y LOS SECTORES PRODUCTIVOS	151
6.3	LOS IMPACTOS ECONÓMICOS DE CAMBIOS EN LOS PRECIOS ENERGÉTICOS	155
6.3.1	<i>Mercados imperfectos y regulación</i>	155
6.3.2	<i>Precios y costos de la energía</i>	156
6.4	EL IMPACTO DEL DESARROLLO ENERGÉTICO	157
6.4.1	<i>Los impactos de la inversión productiva</i>	157
6.4.2	<i>Las externalidades de la inversión productiva</i>	158
6.4.3	<i>La eficiencia energética como fuente de creación de valor</i>	160
7	SEGURIDAD ENERGETICA DESDE UNA PERSPECTIVA GEOPOLITICA	162
7.1	INTRODUCCIÓN	162
7.2	VISIONES SOBRE LA SEGURIDAD ENERGÉTICA	162
7.3	LA SEGURIDAD ENERGÉTICA DESDE UNA PERSPECTIVA GEOPOLÍTICA	165
7.3.1	<i>La energía como fuente de conflictos interestatales</i>	165
7.3.2	<i>La energía como instrumento de poder</i>	168
7.3.3	<i>Dos respuestas: independencia e integración regional</i>	170
7.4	EL ENTORNO ESTRATÉGICO REGIONAL PARA CHILE	172
7.4.1	<i>La situación con Argentina</i>	173
7.4.2	<i>La situación con Perú</i>	174
7.4.3	<i>La situación con Bolivia</i>	176
7.5	CONCLUSIONES	177



7.6	REFERENCIAS.....	179
8	MARCO LEGAL E INSTITUCIONAL DE LA ENERGÍA EN CHILE.....	182
8.1	INTRODUCCIÓN.....	182
8.2	LA INSTITUCIONALIDAD ENERGÉTICA.....	183
8.3	SECTOR ELÉCTRICO.....	185
8.3.1	<i>Los Centros de Despacho Económico de Carga (CDEC).....</i>	<i>188</i>
8.4	SECTOR HIDROCARBUROS.....	189
8.5	ENERGÍAS RENOVABLES.....	190
8.5.1	<i>Antecedentes generales.....</i>	<i>190</i>
8.5.2	<i>Definiciones.....</i>	<i>191</i>
8.5.3	<i>Las ERNC destinadas a la generación eléctrica.....</i>	<i>192</i>
8.5.4	<i>Biomasa.....</i>	<i>195</i>
8.6	EFICIENCIA ENERGÉTICA.....	199
8.6.1	<i>Antecedentes generales.....</i>	<i>199</i>
8.6.2	<i>El Programa País de Eficiencia Energética.....</i>	<i>200</i>
8.6.3	<i>La Agencia Chilena de Eficiencia Energética.....</i>	<i>201</i>
8.7	EQUIDAD Y ACCESO A LA ENERGÍA.....	201
8.7.1	<i>Antecedentes generales.....</i>	<i>201</i>
8.7.2	<i>La situación en Chile.....</i>	<i>202</i>
8.8	CONCLUSIONES.....	204
8.8.1	<i>Excesivo énfasis en el sector eléctrico.....</i>	<i>204</i>
8.8.2	<i>Ordenamiento territorial.....</i>	<i>205</i>
8.8.3	<i>Las ERNC destinadas a la generación eléctrica.....</i>	<i>207</i>
8.8.4	<i>Biomasa.....</i>	<i>209</i>
8.8.5	<i>Eficiencia energética.....</i>	<i>209</i>
8.8.6	<i>Equidad y acceso a la energía.....</i>	<i>211</i>
8.9	REFERENCIAS.....	212
9	INNOVACION Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA.....	215
9.1	INTRODUCCIÓN.....	215
9.2	DEFINICIONES.....	216
9.2.1	<i>Innovación.....</i>	<i>216</i>
9.2.2	<i>Transferencia tecnológica.....</i>	<i>216</i>
9.2.3	<i>Tecnológica eléctrica.....</i>	<i>216</i>
9.3	ANTECEDENTES GENERALES.....	217
9.4	EL PÉNDULO DE LAS POLÍTICAS INDUSTRIALES EN CHILE.....	218
9.5	INNOVACIÓN Y DESARROLLO EN CHILE.....	219
9.6	TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA E INNOVACIÓN EN CHILE: PRINCIPALES ACTORES Y MECANISMOS.....	221
9.6.1	<i>El Consejo Nacional de Innovación para la Competitividad.....</i>	<i>221</i>
9.6.2	<i>Mecanismos horizontales de apoyo a la innovación.....</i>	<i>222</i>
9.6.3	<i>Mecanismos verticales de apoyo a la innovación.....</i>	<i>225</i>
9.6.4	<i>Centros de investigación nacionales.....</i>	<i>226</i>
9.6.5	<i>Colaboración internacional.....</i>	<i>228</i>
9.7	ANTECEDENTES INTERNACIONALES: LOS CASOS DE AUSTRALIA, NUEVA ZELANDIA E ISRAEL.....	229
9.7.1	<i>Australia.....</i>	<i>229</i>
9.7.2	<i>Nueva Zelandia.....</i>	<i>229</i>
9.7.3	<i>Israel.....</i>	<i>230</i>
9.7.4	<i>Resumen.....</i>	<i>230</i>
9.8	REFLEXIONES.....	231
9.8.1	<i>Fortalecimiento de capacidades.....</i>	<i>232</i>
9.8.2	<i>Incentivos económicos.....</i>	<i>233</i>
9.8.3	<i>Políticas específicas.....</i>	<i>234</i>
9.9	REFERENCIAS.....	235



10 POLÍTICAS ENERGÉTICAS SUSTENTABLES: LA EXPERIENCIA INTERNACIONAL...	238
10.1 INTRODUCCIÓN.....	238
10.2 TENDENCIAS GENERALES EN PAÍSES DESARROLLADOS: EEUU, CANADÁ Y LA UNIÓN EUROPEA.....	239
10.2.1 <i>Estados Unidos</i>	239
10.2.2 <i>Canadá</i>	241
10.2.3 <i>Unión Europea</i>	242
10.3 CASOS ESPECÍFICOS: AUSTRALIA, NUEVA ZELANDIA E ISRAEL.....	246
10.3.1 <i>Australia</i>	246
10.3.2 <i>Nueva Zelandia</i>	247
10.3.3 <i>Israel</i>	249
10.4 LA EXPERIENCIA DE ESPAÑA CON LA ENERGÍA EÓLICA	251
10.5 REFLEXIONES	252
10.5.1 <i>Concordancia entre seguridad energética y energía sustentable</i>	253
10.5.2 <i>Introducción de incentivos económicos</i>	253
10.5.3 <i>Energía nuclear</i>	254
10.6 REFERENCIAS.....	254
11 ESTADO DE POLÍTICAS PÚBLICAS A NIVEL NACIONAL	258
11.1 INICIATIVAS TENDIENTES A REDUCIR EL CONSUMO ENERGÉTICO	258
11.1.1 <i>Programa País de Eficiencia Energética (PPEE)</i>	258
11.1.2 <i>Sector eléctrico</i>	259
11.1.3 <i>Construcción</i>	259
11.1.4 <i>Transporte</i>	261
11.1.5 <i>Minería e industria</i>	262
11.1.6 <i>Sector público</i>	263
11.1.7 <i>Sector residencial</i>	264
11.2 INICIATIVAS PARA EL DESARROLLO DE FUENTES ENERGÉTICAS RENOVABLES.....	265
11.2.1 <i>Normativa</i>	265
11.2.2 <i>Instrumentos de fomento a la inversión privada</i>	266
11.2.3 <i>Energía geotérmica</i>	267
11.2.4 <i>Energía eólica</i>	267
11.2.5 <i>Biomasa</i>	268
11.2.6 <i>Biocombustibles</i>	269
11.2.7 <i>Energía solar</i>	270
11.3 REFLEXIONES	271
11.3.1 <i>Iniciativas tendientes a reducir el consumo energético</i>	271
11.3.2 <i>Iniciativas para el desarrollo de fuentes energéticas renovables</i>	272
11.4 REFERENCIAS.....	272
12 CHILE Y LA ENERGÍA NUCLEAR.....	276
12.1 INTRODUCCIÓN.....	276
12.2 INSTITUCIONALIDAD NACIONAL	277
12.3 ANTECEDENTES SOBRE INICIATIVAS NACIONALES	278
12.4 ASPECTOS QUE IMPULSAN LA INTRODUCCIÓN DE LA ENERGÍA NUCLEAR	280
12.4.1 <i>Diversificación para mitigar los riesgos</i>	280
12.4.2 <i>Abundancia y almacenamiento del combustible nuclear</i>	280
12.4.3 <i>Aspectos económicos</i>	281
12.4.4 <i>Calentamiento global</i>	281
12.5 ASPECTOS QUE DIFICULTAN LA INTRODUCCIÓN DE LA ENERGÍA NUCLEAR	281
12.5.1 <i>El mercado del uranio</i>	281
12.5.2 <i>Accidentes y terrorismo</i>	282
12.5.3 <i>Residuos nucleares</i>	282
12.5.4 <i>Riesgo sísmico</i>	282
12.6 CONCLUSIONES	283
12.7 REFERENCIAS.....	284



13 RECOMENDACIONES PARA UN FUTURO ENERGETICO SUSTENTABLE	285
13.1 INTRODUCCIÓN.....	285
13.2 PRINCIPALES DESAFÍOS ENERGÉTICOS DE CHILE	285
13.3 CRITERIOS Y PRINCIPIOS.....	287
13.4 RECOMENDACIONES GENERALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE POLÍTICAS PÚBLICAS EN CHILE	288
13.4.1 <i>Modernización institucional</i>	288
13.4.2 <i>Seguridad energética</i>	290
13.4.3 <i>Fomento de capacidades tecnológicas</i>	291
13.4.4 <i>Planificación y ordenamiento territorial</i>	292
13.4.5 <i>Fomento de ERNC y diversificación de la matriz</i>	293
13.4.6 <i>Sustentabilidad ambiental</i>	294
13.4.7 <i>Transporte</i>	296
13.4.8 <i>Acceso a la energía</i>	297
13.4.9 <i>Eficiencia energética</i>	298
13.5 RECOMENDACIONES ESPECÍFICAS QUE REQUIEREN DE MODIFICACIONES LEGALES	300
13.5.1 <i>Mejorar el actual marco sobre energías renovables no convencionales en Chile</i> ..	300
13.5.2 <i>Mejorar el actual marco de evaluación ambiental de proyectos y políticas energéticas</i>	306
13.5.3 <i>Incorporar la eficiencia energética en las empresas distribuidoras de electricidad</i>	313
13.5.4 <i>Aumentar el consumo de biocombustibles en el transporte</i>	320
13.6 REFERENCIAS.....	326



ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA Nº 2.1: ABASTECIMIENTO DE ENERGÍA PRIMARIO GLOBAL 1980 – 2030.	42
FIGURA Nº 2.2: RESERVAS COMPROBADAS DE PETRÓLEO POR REGIÓN A ENERO DE 2008.....	46
FIGURA Nº 2.3: RESERVAS COMPROBADAS DE GAS NATURAL POR REGIÓN A ENERO DE 2008.....	50
FIGURA Nº 2.4: RESERVAS COMPROBADAS DE CARBÓN POR REGIÓN A ENERO DE 2006.	54
FIGURA Nº 2.5: RESERVAS DE URANIO POR PAÍS A 2007.	58
FIGURA Nº 2.6: CONSUMO DE LEÑA POR REGIÓN 2005.	59
FIGURA Nº 2.7: GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD A PARTIR DE BIOMASA POR FUENTE 1995-2005.	60
FIGURA Nº 2.8: PRODUCCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLES POR PAÍS EN 2008.	61
FIGURA Nº 3.1 CONSUMO NETO DE ENERGÍA PRIMARIA.	68
FIGURA Nº 3.2: CONSUMO FINAL DE ENERGÍA 2007.	69
FIGURA Nº 3.4: CONSUMO DE ENERGÍA Y CRECIMIENTO ECONÓMICO EN CHILE.	71
FIGURA Nº 3.5: EMISIONES DE CO2 EQUIVALENTES EN CHILE POR SECTOR.....	72
FIGURA Nº 3.6: CONSUMO ENERGÉTICO PRIMARIO 2006 POR FUENTE.	76
FIGURA Nº 3.7: IMPORTACIÓN DE ENERGÍA 2006.....	77
FIGURA Nº 3.8: TARIFA RESIDENCIAL PROMEDIO DE LA ELECTRICIDAD Y RELACIÓN CON EL PIB 2006.....	78
FIGURA Nº 3.9: PRECIO CONSUMIDOR GASOLINA CORRIENTE Y RELACIÓN CON EL PIB 2006.....	79
FIGURA Nº 3.10: INTENSIDAD DE EMISIONES DE CO2 EN GENERACIÓN DE ENERGÍA 2007.....	79
FIGURA Nº 3.11: EMISIONES DE PM10 EN LA GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD 2006.....	80
FIGURA Nº 3.13: EMISIONES DE CO2 PER CÁPITA	81
FIGURA Nº 4.1: INTENSIDAD ENERGÉTICA Y PRODUCTO INTERNO BRUTO.....	90
FIGURA Nº 4.2: PARTICIPACIÓN EN EL TOTAL DEL CONSUMO DE ENERGÍA POR SECTOR	91
FIGURA Nº 4.3: TASAS PROMEDIO DE CRECIMIENTO ANUAL POR SECTOR.....	92
FIGURA Nº 4.4: PROYECCIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA PARA ESCENARIOS PIB BASE, OPTIMISTA Y CONSERVADOR.	97
FIGURA Nº 4.5: CONSUMO DE ENERGÍA Y PIB AL 4%	101
FIGURA Nº 4.6: INTENSIDAD ENERGÉTICA Y PIB AL 4%	101
FIGURA Nº 4.7: PROYECCIÓN CONSUMO TOTAL DE ENERGÍA BAJO DIFERENTES ESCENARIOS DE UEE.....	113
FIGURA Nº 4.8: PROYECCIÓN CONSUMO DE ENERGÍA PARA EL SECTOR TRANSPORTE BAJO DIFERENTES ESCENARIOS DE UEE.....	115
FIGURA Nº 4.9: PROYECCIÓN CONSUMO DE ENERGÍA PARA EL SECTOR INDUSTRIAL Y MINERO BAJO DIFERENTES ESCENARIOS DE UEE	117
FIGURA Nº 4.10: PROYECCIÓN CONSUMO DE ENERGÍA PARA EL SECTOR COMERCIAL, PÚBLICO Y RESIDENCIAL BAJO DIFERENTES ESCENARIOS DE UEE	119
FIGURA Nº 4.11: PROYECCIÓN DE CONSUMO DE ELECTRICIDAD PARA EL SING BAJO DIFERENTES ESCENARIOS DE UEE.....	121



FIGURA Nº 4.12: PROYECCIÓN DE CONSUMO DE ELECTRICIDAD PARA EL SIC BAJO DIFERENTES ESCENARIOS DE UEE.....	123
FIGURA Nº 4.13: PROYECCIÓN DE CONSUMO DE ELECTRICIDAD PARA AYSÉN BAJO DIFERENTES ESCENARIOS DE UEE.....	125
FIGURA Nº 4.14: PROYECCIÓN DEL CONSUMO DE ELECTRICIDAD PARA MAGALLANES BAJO DIFERENTES ESCENARIOS DE UEE	127
FIGURA Nº 4.15: PROYECCIÓN DE CONSUMO DE ELECTRICIDAD TOTAL BAJO DIFERENTES ESCENARIOS DE UEE	129
FIGURA Nº 4.16: RANGOS DE COSTOS DE NUEVAS TECNOLOGÍAS (US\$/MWh)	130
FIGURA Nº 5.1: PROYECTOS ENERGÉTICOS SOMETIDOS AL SEIA A JUNIO DE 2008	146



ÍNDICE DE TABLAS

TABLA Nº 2.1: CONSUMO DE PETRÓLEO POR REGIÓN.	44
TABLA Nº 2.2: PRODUCCIÓN DE PETRÓLEO POR REGIÓN.	45
TABLA Nº 2.3: CONSUMO DE GAS NATURAL POR REGIÓN.	48
TABLA Nº 2.4: PRODUCCIÓN DE GAS NATURAL POR REGIÓN.	49
TABLA Nº 2.5: CONSUMO DE CARBÓN POR REGIÓN.	51
TABLA Nº 2.6: PRODUCCIÓN DE CARBÓN POR REGIÓN.	52
TABLA Nº 2.7: CONSUMO DE ELECTRICIDAD POR REGIÓN.	55
TABLA Nº 2.8: GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD POR FUENTE.	56
TABLA Nº 2.9: GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD EN BASE A ENERGÍA NUCLEAR POR REGIÓN.	57
TABLA Nº 2.10: CONSUMO DE RENOVABLES.	59
TABLA Nº 2.11: GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD EN BASE A ENERGÍA RENOVABLE POR FUENTE.	61
TABLA Nº 3.1: INDICADORES DE LA SEGURIDAD ENERGÉTICA.	75
TABLA Nº 3.2: EVALUACIÓN DE LA SEGURIDAD ENERGÉTICA EN CHILE.	82
TABLA Nº 4.1: PROYECCIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA PARA ESCENARIOS PIB BASE, OPTIMISTA Y CONSERVADOR (TERACALORÍAS).	97
TABLA Nº 4.2: PROYECCIÓN CONSUMO DE ENERGÍA TOTAL PIB 4%.	98
TABLA Nº 4.3: TASAS DE CRECIMIENTO POR SECTOR 2007 - 2030 A UNA TASA DEL PIB DEL 4%.	99
TABLA Nº 4.4: PARTICIPACIONES SECTORIALES EN CONSUMO DE ENERGÍA AL 2030.	100
TABLA Nº 4.5 PROYECCIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA POR FUENTE SECTOR INDUSTRIAL Y MINERO.	102
TABLA Nº 4.6 PROYECCIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA POR FUENTE SECTOR COMERCIAL, PÚBLICO Y RESIDENCIAL.	102
TABLA Nº 4.7: PROYECCIÓN CONSUMO DE ELECTRICIDAD EN EL SING AL PIB 4%.	103
TABLA Nº 4.8: TASA DE CRECIMIENTO DEL CONSUMO DE ELECTRICIDAD EN EL SING AL PIB 4%.	104
TABLA Nº 4.9: PROYECCIÓN CONSUMO DE ELECTRICIDAD EN EL SIC AL PIB 4%.	105
TABLA Nº 4.10: TASA DE CRECIMIENTO DEL CONSUMO DE ELECTRICIDAD EN EL SIC AL PIB 4%.	105
TABLA Nº 4.11: PROYECCIÓN CONSUMO DE ELECTRICIDAD EN AYSÉN AL PIB 4%.	106
TABLA Nº 4.12: TASA DE CRECIMIENTO DEL CONSUMO DE ELECTRICIDAD EN AYSÉN AL PIB 4%.	106
TABLA Nº 4.13: PROYECCIÓN CONSUMO DE ELECTRICIDAD EN MAGALLANES AL PIB 4%.	108
TABLA Nº 4.14: TASA DE CRECIMIENTO DEL CONSUMO DE ELECTRICIDAD EN MAGALLANES AL PIB 4%.	108
TABLA Nº 4.15: PROYECCIÓN CONSUMO DE ELECTRICIDAD TOTAL AL PIB 4%.	109
TABLA Nº 4.16: TASAS DE CRECIMIENTO DEL CONSUMO DE ELECTRICIDAD TOTAL AL PIB 4%.	109
TABLA Nº 4.17: PARTICIPACIÓN POR SUBSISTEMA EN EL CONSUMO TOTAL AL PIB 4%.	110
TABLA Nº 4.18: PROYECCIÓN DEL CONSUMO TOTAL DE ENERGÍA BAJO DIFERENTES ESCENARIOS DE UEE (TERACALORÍAS).	112
TABLA Nº 4.19: TASAS DE CRECIMIENTO DEL CONSUMO TOTAL DE ENERGÍA BAJO DIFERENTES ESCENARIOS DE UEE.	112



TABLA Nº 4.20: PROYECCIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA EN EL SECTOR TRANSPORTE BAJO DIFERENTES ESCENARIOS DE UEE (TERACALORÍAS).....	114
TABLA Nº 4.21: TASAS DE CRECIMIENTO DEL CONSUMO DE ENERGÍA EN EL SECTOR TRANSPORTE BAJO DIFERENTES ESCENARIOS DE UEE.....	114
TABLA Nº 4.22: PROYECCIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA EN EL SECTOR INDUSTRIAL Y MINERO BAJO DIFERENTES ESCENARIOS DE UEE (TERACALORÍAS).....	116
TABLA Nº 4.23: TASAS DE CRECIMIENTO DEL CONSUMO DE ENERGÍA EN EL SECTOR INDUSTRIAL Y MINERO BAJO DIFERENTES ESCENARIOS DE UEE.....	116
TABLA Nº 4.24: PROYECCIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA EN EL SECTOR COMERCIAL, PÚBLICO Y RESIDENCIAL BAJO DIFERENTES ESCENARIOS DE UEE (TERACALORÍAS).....	118
TABLA 4.25: TASAS DE CRECIMIENTO DEL CONSUMO DE ENERGÍA EN EL SECTOR COMERCIAL, PÚBLICO Y RESIDENCIAL BAJO DIFERENTES ESCENARIOS DE UEE.....	118
TABLA Nº 4.26: PROYECCIÓN DEL CONSUMO DE ELECTRICIDAD EN EL SING BAJO DIFERENTES ESCENARIOS DE UEE (GWH).....	120
TABLA Nº 4.27: TASAS DE CRECIMIENTO DE CONSUMO DE ELECTRICIDAD EN EL SING BAJO DIFERENTES ESCENARIOS DE UEE.....	120
TABLA Nº 4.28: PROYECCIÓN DEL CONSUMO DE ELECTRICIDAD EN EL SIC BAJO DIFERENTES ESCENARIOS DE UEE (GWH).....	122
TABLA Nº 4.29: TASAS DE CRECIMIENTO DEL CONSUMO DE ELECTRICIDAD EN EL SIC BAJO DIFERENTES ESCENARIOS DE UEE.....	122
TABLA Nº 4.30: PROYECCIÓN DEL CONSUMO DE ELECTRICIDAD EN AYSÉN BAJO DIFERENTES ESCENARIOS DE UEE (GWH).....	124
TABLA Nº 4.31: TASAS DE CRECIMIENTO DEL CONSUMO DE ELECTRICIDAD EN AYSÉN BAJO DIFERENTES ESCENARIOS DE UEE.....	124
TABLA Nº 4.32: PROYECCIÓN DEL CONSUMO DE ELECTRICIDAD EN MAGALLANES BAJO DIFERENTES ESCENARIOS DE UEE (GWH).....	126
TABLA Nº 4.33: TASAS DE CRECIMIENTO DEL CONSUMO DE ELECTRICIDAD EN MAGALLANES BAJO DIFERENTES ESCENARIOS DE UEE.....	126
TABLA Nº 4.34: PROYECCIÓN DEL CONSUMO DE ELECTRICIDAD TOTAL BAJO DIFERENTES ESCENARIOS DE UEE (GWH).....	128
TABLA Nº 4.35: TASAS DE CRECIMIENTO DEL CONSUMO DE ELECTRICIDAD TOTAL BAJO DIFERENTES ESCENARIOS DE UEE.....	128
TABLA Nº 4.36: POTENCIAL DE CAPACIDAD INSTALADA POR ERNC (MW).....	131
TABLA Nº 4.37: ESTIMACIÓN DE GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD POR ERNC.....	132
TABLA Nº 4.38: PROYECCIÓN DE GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD CON ERNC ESCENARIO BASE (GWH).....	133
TABLA Nº 4.40: PROYECCIÓN DE GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD CON ERNC ESCENARIO DE ALTA INTERVENCIÓN (GWH).....	134
TABLA Nº 5.1: SERVICIOS ECOSISTÉMICOS.....	138
TABLA Nº 5.2: FUENTES DE ENERGÍA Y SUS IMPACTOS.....	141
TABLA Nº 6.1: INCIDENCIA DE LOS COSTOS ENERGÉTICOS EN LOS SECTORES PRODUCTIVOS.....	154
TABLA Nº 6.2: IMPACTOS ECONÓMICOS Y SOCIALES ESPERADOS POR FUENTE DE ENERGÍA.....	158
TABLA Nº 9.1: PIB Y PRODUCTIVIDAD.....	218



TABLA N° 9.2: GASTO EN I+D COMO PORCENTAJE DEL PIB 220



1 INTRODUCCIÓN

1.1 EL RETO DEL PAÍS

Después de tres décadas de crecimiento económico, en especial de las industrias asociadas al sector exportador, actualmente Chile está en el umbral de alcanzar durante las próximas décadas niveles de ingreso per cápita similares a los de países de nivel medio pertenecientes a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) (FMI, 2009).

Este potencial logro está enmarcado en el modelo de desarrollo aplicado en el país durante los últimos años, el que fomentó un crecimiento económico con control inflacionario, una apertura al sector externo y el diseño de políticas sociales focalizadas y basadas preferentemente en transferencias condicionadas, esfuerzos que permitieron una reducción importante de la pobreza e indigencia, medidas en términos de ingresos.

Esta realidad, en principio auspiciosa, contrasta con la existencia de rezagos de distinta profundidad asociados a la inclusión y protección social, la participación política, la institucionalidad regulatoria, la creación de capacidades tecnológicas nacionales, el ordenamiento territorial, la protección del medioambiente y el desarrollo sustentable de energías, entre otros aspectos prioritarios.

Dado el perfil exportador del país y la creciente globalización internacional, la anterior situación coincide con una creciente influencia de la comunidad internacional en la toma de decisiones internas, en donde se destaca la irrupción de nuevos procesos y prioridades que requerirán atención en las próximas décadas (Falk, 2004).

Entre éstos de destacan, entre otros, los siguientes: a) la consolidación de nuevos polos de poder, los llamados países BRIC¹ que ya explican la mitad del crecimiento económico global (CEPAL, 2009), b) la irrupción de nuevos temas en la agenda mundial, como los ambientales (CEPAL/OCDE, 2005) y los de cooperación para la seguridad (Avendaño, 1997) y c) la aparición, en un marco de consolidación democrática, de procesos de integración en Latinoamérica y Sudamérica, aunque aún sometidos a tensiones subregionales y nacionales.

En esta perspectiva, es posible plantear que la eventual consolidación de Chile como una nación de desarrollo medio en las próximas dos décadas requerirá superar una serie de desafíos para dar sustentabilidad y gobernabilidad a un avance de esa envergadura.

Este esfuerzo necesariamente obligará a los actores sociales y políticos nacionales a delinear iniciativas consensuadas a favor de construir una estrategia que cimiente una transición social, política e institucional hacia el nivel de desarrollo que se espera alcanzar.

En este sentido, entre los diversos desafíos existentes, el desarrollo energético nacional debe anticipar cambios probables en las regulaciones ambientales

¹ Brasil, Rusia, India y China.



internacionales, reforzar las necesidades de mejoramiento en eficiencia energética y minimizar los focos de conflicto para la seguridad de suministro (Klare, 2003).

Adicionalmente, la política energética de Chile debe asumir que el mundo está enfrentado a cambios ambientales y energéticos ineludibles, que sencillamente no es posible obviar y que impondrán un marco de desarrollo global, al que el país deberá adaptarse, ya sea asumiendo un camino de acción o aceptando el que se determine en foros internacionales, si no anticipa sus decisiones en esta materia.

Además Chile debe complementar el énfasis predominante puesto hasta ahora en la generación de oferta energética incorporando a su mercado energético una serie de exigencias y transformaciones, colocadas en un segundo plano en los últimos años debido a las complicaciones de suministro enfrentadas por el país recientemente (CNE, 2008).

Entre dichas transformaciones destacan; la incorporación de criterios de equidad social y territorial en la producción y suministro de energía, la reforma y modernización de la institucionalidad frente a los nuevos desafíos del país, la disminución progresiva de la dependencia de combustibles fósiles (en su mayoría importados), la incorporación de evaluaciones ambientales estratégicas a las políticas energéticas, la adopción de criterios de uso eficiente de la energía en el desarrollo de políticas, la incorporación de criterios ambientales en la carga tributaria, el fomento de las energías renovables no convencionales, el fomento de núcleos tecnológicos y el desarrollo de un sistema de transporte energéticamente más eficiente y menos contaminante.

1.2 ENERGÍA Y DESARROLLO SUSTENTABLE²

De acuerdo con el Mensaje Presidencial 2009 pronunciado por la Presidenta Bachelet en su cuarta Cuenta Pública sobre el estado político y administrativo de la Nación ante el Congreso Pleno, avanzar hacia el desarrollo sustentable es uno de los tres principales objetivos de Chile.

El mismo discurso señala que Chile debe prepararse para asumir el principal desafío del futuro: cómo asegurar la energía y cómo hacer que ella se haga cada vez más limpia y sustentable.

Dado que estas indicaciones reflejan la relevancia para el país de un desenvolvimiento energético en línea con un desarrollo sustentable, y que este estudio persigue contribuir en esta materia, a continuación se entrega una descripción acerca de cómo se relacionan estos elementos.

A grandes rasgos, para que el desarrollo energético contribuya al desarrollo sustentable del país, éste debe estar enmarcado dentro de una estrategia que apunte a los siguientes objetivos:

- Asegurar un abastecimiento oportuno, continuo y de calidad;

² Si bien esta sección está basada en Maldonado y Márquez (1994), parte de los párrafos extraídos de la publicación han sido modificados.



- Reducir la vulnerabilidad en el aprovisionamiento de energía;
- Considerar los impactos ambientales;
- Contribuir a la equidad aumentando la cantidad y calidad de los servicios energéticos que se ofrecen a los sectores desfavorecidos de la población;
- Estimular y fomentar la participación de la gente; y
- Fortalecer el papel y el funcionamiento del Estado y sus instituciones.

1.2.1 Abastecimiento oportuno, continuo, de calidad y a costo razonable

El sistema energético debe satisfacer a costo razonable, oportunamente y sin fallas los requerimientos energéticos de la actividad productiva, de los servicios y de los hogares. El cumplimiento inadecuado de alguno de estos requisitos mina el progreso económico, la competitividad global del país, la calidad de vida de las personas y la equidad.

En un mercado eléctrico privatizado como el chileno, cautelar un abastecimiento y suministro de energía de calidad a costos razonables constituye uno de sus principales desafíos.

La autoridad, por tanto, debe velar por el adecuado funcionamiento de dicho mercado y para ello, el Estado debe adoptar las medidas que correspondan a fin de conciliar intereses privados y públicos.

Un inadecuado funcionamiento del mercado o la presencia de señales equívocas o ambiguas respecto de costos, precios y rentabilidad pueden inhibir las conductas de inversionistas y mal orientar las conductas de los consumidores.

Desde este punto de vista, el marco regulatorio no sólo debe asegurar que los precios sean adecuados, sino que además se realicen oportunamente las inversiones que demanda el proceso de desarrollo de infraestructura energética.

1.2.2 Dependencia energética, vulnerabilidad del desarrollo e independencia energética

Chile es un país prioritariamente importador de energía. Si bien la solidez de su economía y su saneada balanza de pagos en las últimas décadas le han permitido abordar esta situación sin mayores trastornos, el nivel de dependencia energética debe responder no sólo a aspectos económicos y financieros, sino que también a factores relacionados con el grado esperado de autodeterminación energética del país.

La volatilidad de los precios del petróleo en los mercados internacionales y los problemas suscitados por los cortes en el suministro de gas natural argentino, por mencionar algunos ejemplos, tienen impactos no sólo sobre las empresas y los consumidores, sino que también en las perspectivas económicas y de desarrollo del país.



Por ende, el reto de la dependencia energética de Chile, debe ser asumido como la necesidad de generar espacios cada vez más amplios que disminuyan el grado de vulnerabilidad energética del país.

Para abordar este desafío, es necesario responder a diversas interrogantes, entre las que destacan las siguientes: ¿qué tipo de perfil energético es deseable establecer?, ¿cuáles son las opciones energéticas que permiten obtener dicho perfil?, ¿cuáles son las condiciones que permiten establecer tales opciones? y ¿qué precio - ambiental y económico - se está dispuesto a pagar por ellas?

Obviamente, las políticas públicas deben intentar resolver todas la anteriores interrogantes para el logro de la seguridad energética a nivel nacional.

1.2.3 Energía y medio ambiente

En la generación y el consumo de energía se producen impactos ambientales locales de gran relevancia, causando una creciente inquietud en la ciudadanía. Ejemplos de lo anterior son las discusiones y debates en torno a la contaminación atmosférica de Santiago y la construcción de grandes centrales hidroeléctricas en el sur del país. Más recientemente, se ha reconocido el impacto que el consumo de combustibles fósiles tiene sobre el calentamiento global, que pone en riesgo seriamente la calidad de vida, particularmente de las generaciones futuras.

Por su parte, la generación de electricidad basada en otros insumos energéticos no está exenta de impactos negativos sobre el medio ambiente, aunque en grados diferentes. Por ejemplo, la generación hidroeléctrica, aunque algunos la consideran como una de las formas más limpias de producción de electricidad, impacta significativamente a los ecosistemas. La energía eólica impacta el territorio en términos estéticos y afecta a las aves. La biomasa puede producir deforestación y la energía solar fotovoltaica puede producir contaminación de alta toxicidad.

Referirse a los desafíos de la energía en su relación con el medio ambiente supone necesariamente abordar el tema de la incorporación de los costos externos o "externalidades" positivas o negativas derivadas de la explotación y uso de los recursos energéticos.

En otras palabras, implica asumir los impactos causados a terceros o a la sociedad en general, respecto de costos que no son asumidos por quienes producen tales impactos. La inclusión de dichas externalidades debiera permitir seleccionar las mejores opciones energéticas del país, en función de los costos ambientales que las mismas tienen para la sociedad.

1.2.4 Energía y equidad

Los problemas de equidad existentes en Chile constituyen un desafío ineludible desde el punto de vista social. Una de las áreas donde las desigualdades se hacen manifiestas es en la satisfacción de las necesidades vinculadas al uso de la energía.



La disponibilidad física y económica de energía condiciona tanto la calidad de vida de la población como su productividad. El excesivo valor o desabastecimiento físico absoluto o intermitente de este insumo afecta gravemente la calidad de vida de una colectividad - tanto a nivel doméstico como comunitario - marginándola de ciertos usos considerados esenciales. Igualmente, dicho desabastecimiento limita la productividad de los económicos y, por ende, los ingresos que ellos generan para las familias.

Desde esta perspectiva, el proceso de energización del país debiera apuntar a los sectores que tienen mayores dificultades ya sea para acceder a la energía o bien para pagar y satisfacer sus requerimientos energéticos.

En Chile, son los sectores rurales los que padecen en mayor grado este tipo de carencias, destacándose entre éstos las etnias de las regiones X, IX y XIV.

Además, la escasa energización de las actividades económicas rurales atenta contra la productividad de los campesinos y pescadores artesanales, afectando la posibilidad de desarrollar las potencialidades productivas en esas zonas rurales o aisladas.

Dadas las condiciones de aislamiento geográfico que generalmente caracterizan a los sectores de la sociedad chilena que sufren de desabastecimiento energético, las formas convencionales de proveer la energía resultan excesivamente onerosas. Por lo tanto, esta carencia se debe abordar mediante el fomento y apoyo estatal para el uso de las energías renovables no convencionales, abundantes en el país y aún no suficientemente desarrolladas, las que encuentran un nicho privilegiado de desarrollo potencial en el corto, mediano y largo plazo.

1.2.5 Energía y participación

Las decisiones concernientes a las opciones energéticas implican consecuencias positivas y negativas de interés para la ciudadanía, ya sea debido a que ella se beneficia de los servicios energéticos resultantes o porque se ve perjudicada por los impactos ambientales, económicos o sociales negativos resultantes.

De hecho, las grandes centrales hidroeléctricas, térmicas o de ciclo combinado son opciones que modifican las condiciones de vida de la gente y requieren ser debatidas.

Desde esta perspectiva, es deseable fomentar la participación de la gente en las decisiones relativas a la implementación de proyectos energéticos y de los consumidores en las instancias de planificación del sector.

Sin embargo, para que dicha participación sea efectiva debe ser informada y responsable. En otras palabras, dicha participación debe ser ejercida a través de grupos o instancias representativas que permitan tanto la discusión de la concreción del proyecto, como la forma de su implementación, especialmente en lo que respecta a la implantación de megaproyectos energéticos en el país.



1.2.6 Papel del Estado y de sus instituciones

En el desarrollo y expansión del sector energético le cabe un especial papel al Estado y las instituciones que de él dependen para asegurar las tareas y desafíos previamente analizados.

Ningún país desarrollado carece de planes o políticas energéticas de largo plazo verificables y con mayor o menor intervención de los mercados, incluyendo a los países anglosajones.

Es el Estado el encargado de velar por la seguridad energética, la vulnerabilidad del suministro, el funcionamiento del mercado, el acceso a la energía y los impactos ambientales. El Estado también debe conciliar los intereses públicos y privados y concebir estrategias integrales y sustentables que conjuguen energía, medio ambiente y crecimiento.

En ese contexto, el proceso para un desarrollo energético sustentable exige un papel de liderazgo para el Estado en la coordinación de los intereses de los ciudadanos, los consumidores y los inversionistas. Además, el Estado debe dotar de recursos adecuados y necesarios para que las instituciones asuman plenamente sus funciones y deberes.

La importancia del sistema energético, y en particular del sector eléctrico, en tanto agente económico relevante y sus imbricaciones con el resto de los sectores de la sociedad, requieren además que el Estado cautele y garantice la competitividad del sector.

Esto es claramente necesario en vista a que la expansión del sector energético, en especial en la generación de electricidad, mantiene tendencias preocupantes en cuanto a concentración y falta de competitividad.

1.3 OBJETIVOS DEL ESTUDIO

De acuerdo con los términos de referencia, el objetivo general del estudio es "analizar y definir aspectos claves para la generación de políticas públicas que promuevan el desarrollo y la seguridad energética, la biodiversidad, la innovación, y la transferencia tecnológica", de modo que éste sirva de insumo al Congreso Nacional en la formulación de "la institucionalidad necesaria para el desarrollo eficiente de procesos de innovación y competitividad en Chile".

Por su parte, los términos de referencia también señalan los siguientes objetivos específicos:

- Analizar la situación del país, desde la perspectiva de la seguridad energética, la biodiversidad, la innovación y la transferencia tecnológica;
- Proveer de información y antecedentes que promuevan la seguridad energética, la biodiversidad, la innovación y la transferencia tecnológica; y



- Generar propuestas de políticas públicas que promuevan la seguridad energética, la biodiversidad, la innovación y la transferencia tecnológica.

Considerando los anteriores objetivos, conjuntamente con las tendencias del mercado global de la energía y los elementos que debe poseer toda política de desarrollo energético sustentable, se propone que los resultados de este trabajo deben apuntar a fortalecer la labor parlamentaria para fomentar un desarrollo energético sustentable para Chile, en función de tres ejes principales:

- Aumentar la seguridad energética y diversificar las fuentes de abastecimiento.
- Reducir los impactos ambientales.
- Incentivar la innovación y la transferencia tecnológica.

1.3.1 Aumentar la seguridad energética y diversificar las fuentes de abastecimiento

El conjunto de las características del mercado global de la energía (el aumento del consumo de combustibles fósiles, su encarecimiento, la concentración de su abastecimiento en regiones políticamente inestables, y las demandas asociadas al calentamiento global) imponen una serie de desafíos incuestionables para Chile y el resto de los países que basan su sector energético primordialmente en los combustibles fósiles.

Entre ellos se destacan: a) diversificar las fuentes de abastecimiento, b) aumentar el desarrollo de fuentes energéticas domésticas y sustentables con bajas emisiones de gases efecto invernadero y c) moderar el consumo energético haciéndolo más eficiente.

En tal sentido, se deberán tomar decisiones claves con respecto a cómo facilitar el camino hacia una economía basada en menor medida en el consumo de combustibles fósiles, incluyendo principalmente la preocupación por asegurar el nivel de financiamiento y la estructuración de los incentivos económicos necesarios para la conservación de la energía, la eficiencia energética, y la introducción de tecnologías limpias (Dorian, Franssen, y Simbeck, 2006).

Por su parte, las empresas energéticas deberán reforzar sus esfuerzos en materia de investigación e innovación tecnológica, de modo que sus prácticas estén en línea con las preferencias de los consumidores y las regulaciones gubernamentales (Dorian, Franssen, y Simbeck, 2006).

1.3.2 Diversificar las fuentes de abastecimiento

Actualmente, el consumo energético nacional es abastecido principalmente en base a combustibles fósiles provenientes de un limitado número de países exportadores, lo que pone en riesgo el futuro abastecimiento no sólo en función de potenciales cortes de suministro, sino que también con respecto a la potencial volatilidad de los precios internacionales (CNE, 2008).



De igual forma, continuar con la concentración del abastecimiento eléctrico doméstico en la hidroelectricidad somete al país a riesgos asociados a la fluctuación de limitados fenómenos climáticos (CNE, 2008).

Para reducir estos riesgos, la experiencia internacional recomienda aumentar la diversificación no sólo de fuentes compatibles con las condiciones locales, sino también de empresas y países proveedores (Borregaard y Katz, 2009).

1.3.2.1 Aumentar el desarrollo de fuentes energéticas domésticas y sustentables con bajas emisiones de gases efecto invernadero

En tal sentido, fomentar el desarrollo diversificado de energías renovables domésticas proporciona un alto nivel de seguridad, ya que no sólo entrega un mayor nivel de autonomía en el abastecimiento, sino que también permite distribuir el riesgo asociado a los factores climáticos, reduciendo la dependencia del incierto mercado global de los combustibles fósiles.

Si bien el potencial de energías renovables no convencionales (ERNC) en Chile no se encuentra aún dimensionado con precisión, considerando sólo aquellas energías renovables no convencionales con mejores perspectivas de competitividad, el potencial técnico mínimo para el mercado eléctrico se aproxima a los 9.000 MW (Santana, 2007).

1.3.2.2 Moderar el consumo de energía y hacerlo más eficiente

Las iniciativas de eficiencia energética pueden ser definidas como aquellas acciones que implican producir o generar lo mismo con un menor insumo energético, y/o también generar más con el mismo insumo energético (Borregaard, 2008).

Indiscutiblemente, los beneficios de contar con iniciativas de eficiencia energética son diversos y relevantes. La Comisión Nacional de Energía plantea que avanzar en la eficiencia energética permite “reducir la extracción, generación, importación, transformación, transmisión y distribución de energía, con el consiguiente impacto positivo tanto en el ámbito ambiental, de seguridad energética y en el uso alternativo de recursos escasos de inversión” (CNE, 2008).

Durante los últimos años Chile ha avanzado satisfactoriamente en la introducción de iniciativas de eficiencia energética, destacándose la creación en 2005 del Programa País de Eficiencia Energética.

Esta iniciativa promueve el logro de una utilización eficiente de energía en todos los sectores de la sociedad chilena, incluyendo compromisos de largo plazo e instrumentos de regulación, fomento y educación (Mellado, 2007).

Si bien estos logros en materia de eficiencia energética son importantes, existe un consenso acerca de que todavía queda mucho espacio para introducir mejoras en todos los sectores consumidores de energía en el país.

Mientras a nivel nacional se estima que la eficiencia energética podría anualmente aumentar en un 1,5% (Ferreiro, 2007), algunas proyecciones expresan la posibilidad de



que la eficiencia energética podría suplir el 20% de los requerimientos energéticos adicionales de Chile al 2020 (CNE, 2008).

Sin embargo, existen antecedentes internacionales que expresan la necesidad de complementar las iniciativas de eficiencia energética con actividades tendientes a reducir el consumo de energía.

Si bien tal recomendación se basa en diversas razones, la principal apunta a que la eficiencia energética por sí sola, al disminuir los costos de los servicios energéticos, puede aumentar el consumo de energía total (Harris et al., 2007).

Así, Chile debe avanzar no sólo en el fortalecimiento de su estrategia de eficiencia energética, sino que también debe implementar una estrategia complementaria que aborde el desafío de reducir el consumo de energía, para satisfacer su demanda de servicios energéticos.

1.3.3 Reducir los impactos ambientales.

1.3.3.1 Reducir las emisiones de gases efecto invernadero

Si bien Chile contribuye de manera casi insignificante al flujo de gases efecto invernadero a nivel global, la evidencia refleja que las emisiones nacionales se encuentran en una tendencia claramente creciente y proporcionalmente muy alta, destacándose claramente el aporte del sector energético (CNE, 2008).

A pesar de que Chile en la actualidad no está obligado a reducir sus emisiones de gases efecto invernadero, es probable que en un futuro cercano dicha situación varíe.

Chile, y su sector energético en particular, debe asumir el desafío nacional de desacoplar su crecimiento con respecto a estas emisiones. Lo anterior, responde no sólo al imperativo ético de contribuir al esfuerzo mundial por evitar un mayor calentamiento global, sino que también al imperativo económico de mantenerse competitivo en los mercados mundiales y al imperativo institucional que seguramente condicionará su afiliación a la OCDE (Borregaard y Katz, 2009).

En ese sentido, las energías renovables, la hidroelectricidad y la energía nuclear, que generan en promedio una veintésima parte de las emisiones de gases de efecto invernadero, respecto de las energías basadas en combustibles fósiles, se vislumbran como alternativas interesantes de explorar para la generación de electricidad (Borregaard y Katz, 2009).

Por su parte, el desarrollo de biocombustibles en base a algas marinas debiese concentrar la atención de los entes nacionales relevantes en su desarrollo para satisfacer la demanda energética asociada al transporte (CEPAL/OCDE, 2005).



1.3.3.2 Reducir las emisiones atmosféricas de material particulado y gases con impacto local

Los fuertes impactos ambientales locales, producto de la generación y consumo de energía en base a combustibles fósiles y leña, quedan demostrados en Chile por los altos niveles de contaminación atmosférica presentes en ciudades como Santiago y Temuco (Castillo y Maldonado, 2004).

Con respecto a la generación de energía, en orden de relevancia, las fuentes que más emiten sustancias localmente nocivas son el carbón, el diesel, y finalmente el gas natural y la biomasa en base a madera (Borregaard y Katz, 2009).

En conjunto, a nivel nacional estas fuentes generan un 23% del total de las emisiones de SOX (Anhídrido Sulfuroso), un 59% del NOX (Anhídrido de Nitrógeno), un 51% de los compuestos volátiles orgánicos distintos del metano, y 69% de las emisiones totales de CO (Monóxido de Carbono) del país (CEPAL/OCDE, 2005).

Asimismo, existe una coincidencia entre las zonas que se encuentran oficialmente declaradas latentes o saturadas con tales contaminantes y las ubicaciones de plantas termoeléctricas (Borregaard y Katz, 2009).

Por su parte, con relación al consumo de energía, es evidente el efecto nocivo sobre la calidad del aire local que producen tanto la combustión de derivados de petróleo en los medios de transporte y la industria, como la quema de leña al interior de hogares e industrias con fines térmicos y energéticos.

Mientras las fuentes móviles a nivel nacional generan un 38% del NOX, un 29% de los compuestos volátiles orgánicos distintos del metano y un 25% del CO, los procesos industriales contribuyen con un 76% del SO₂ (Óxido de Azufre) y un 11% de los compuestos volátiles orgánicos distintos del metano (CEPAL/OCDE, 2005).

Si bien Chile ha avanzado en las últimas décadas en algunas materias asociadas a la gestión de la calidad atmosférica local, es evidente que queda mucho espacio para mejoras sustanciales en la materia. En particular, se debe contener la demanda de energía industrial y residencial, especialmente a través de la incorporación de los costos externos en los precios de la energía, reforzar las iniciativas de eficiencia energética en la industria y en la generación de electricidad, y fomentar el uso combinado de varias fuentes de energía, fundamentalmente las energías renovables no convencionales (ERN) (CEPAL/OCDE, 2005).

Con relación al sector transporte, se debe fomentar la incorporación de biocombustibles, ya sea a través de su importación o generación doméstica, ya que no sólo permitiría reducir la dependencia externa con respecto al petróleo, sino que también mitigar de manera significativa las emisiones atmosféricas de impacto local, especialmente las de material particulado respirable (PM) (CNE, 2008).



De hecho, la Comisión Nacional de Energía (CNE) en 2008 expresó que el potencial de los biocombustibles podría cubrir hasta el 10% del consumo del sector transporte terrestre al año 2020.

1.3.3.3 Evitar la competencia por tierra con potencial agrícola

Si bien la incorporación de biocombustibles al sector transporte aparece como un desafío inevitable a nivel nacional, muchos estiman que es importante velar porque este proceso no ponga en riesgo la producción de alimentos en Chile y tampoco perjudique el bosque nativo nacional (Biopact, 2007).

En este sentido, los esfuerzos debiesen estar dirigidos al desarrollo de biocombustibles tanto de primera como de segunda generación (aquellos que se producen a partir de biomasa que no tiene uso alimenticio) que no compitan con las tierras con potencial agrícola o que albergan bosques nativos.

Mientras dentro de los primeros se destacan los biocombustibles desarrollados a partir de productos como las grasas animales y cultivos tradicionales (raps), dentro de los segundos sobresalen los generados a partir de material lignocelulósico y de algas cultivadas en el mar (CNE, 2008).

1.3.3.4 Evitar la destrucción de ecosistemas y la biodiversidad

La ocurrencia de impactos negativos sobre el entorno natural asociados a la generación y el consumo de energía se ha observado desde hace mucho tiempo. Si bien en un principio estos impactos eran considerados como inherentes a estos procesos, durante las últimas décadas la preocupación por ellos ha aumentado considerablemente, especialmente con respecto a aquellos que impactan seriamente los ecosistemas y la biodiversidad más vulnerables o con un alto grado de especificidad (Koch, 2002).

Si bien es común asumir que las fuentes generadoras de electricidad en base a carbón son las que más perjudican el funcionamiento de los ecosistemas y la conservación de la biodiversidad, principalmente por medio de la acidificación y eutrofización de cuerpos hídricos y la contaminación del aire (IEA, 2002), otras formas de generación de electricidad no están exentas de impactos negativos sobre el entorno natural.

Por ejemplo, la hidroelectricidad puede afectar la biodiversidad por medio de la inundación de ecosistemas y la alteración de los ciclos hídricos, y la energía eólica puede afectar tanto el comportamiento como el hábitat de diversas aves (IEA, 2002).

Por su parte, la producción de biocombustibles en base a especies genéticamente modificadas, o a cultivos intensivos, puede generar alteraciones significativas en los ecosistemas cercanos a la producción de los correspondientes insumos.

Por lo anterior, uno de los mayores desafíos que enfrenta Chile en la materia corresponde a desarrollar proyectos de generación energética que minimicen los impactos sobre los ecosistemas y la biodiversidad (CNE, 2008).

Es por ello que uno de los énfasis principales de la atención del Estado en la materia dice relación con la incorporación económica de dichos impactos en el



desarrollo de estos proyectos, de modo que los precios resultantes reflejen lo más acertadamente posible, el valor social que conllevan estas alternativas energéticas.

1.3.4 Incentivar la innovación y la transferencia tecnológica

La innovación tecnológica en materia energética se está acelerando en todas partes del mundo debido a una serie de factores, incluyendo el aumento en las demandas de los consumidores por servicios energéticos más limpios, convenientes y económicos; el incremento en las exigencias ambientales; el reconocimiento de los riesgos del calentamiento global y la preocupación acerca de la vulnerabilidad del futuro abastecimiento de petróleo a nivel planetario.

Los avances en innovación tecnológica son requeridos en diversas áreas del quehacer humano, tales como el desarrollo de fuentes renovables, la eficiencia energética, el desarrollo de modos de transporte más limpios y la incorporación de estrategias energéticas en la construcción y operación de edificios, industrias y viviendas (MED, 2004)

En el caso de Chile, para el logro de gran parte de los objetivos nacionales asociados a la energía sustentable, tales como aumentar la seguridad energética, diversificar las fuentes de abastecimiento, y reducir los impactos ambientales, un factor esencial será la implementación de innovaciones tecnológicas.

Estas no sólo permitirán entregar los servicios energéticos a un precio razonable y con bajos impactos ambientales, sino que también incrementarán la diversidad de los sistemas y tecnologías energéticas, contribuyendo a que el sistema energético del país sea más resiliente y adaptable a las cambiantes circunstancias futuras (MED, 2004).

Siguiendo la experiencia internacional, el éxito de Chile en materia de innovación tecnológica dependerá de los siguientes elementos: a) introducción de incentivos económicos, b) aplicación de políticas específicas, y c) fortalecimiento de la colaboración internacional.

1.3.4.1 Introducción de incentivos económicos

La transición hacia un sistema energético más sustentable requerirá el desarrollo y el despliegue de una diversidad de tecnologías existentes y nuevas. Sin embargo, la experiencia internacional ha demostrado que estos requerimientos no serán desarrollados por el sector privado sin la intervención y la activa ayuda del Estado.

Desde una interpretación económica, lo anterior se debe a la existencia de dos fallas de mercado. La primera dice relación con que los sistemas energéticos no incorporan los costos ambientales que ellos producen, y por lo tanto, las tecnologías más limpias están en desventaja respecto de las convencionales. La segunda está asociada al hecho de que quienes desarrollan innovaciones tecnológicas no pueden capturar el total de los beneficios provenientes de sus inversiones (Watson, 2008).



Frente a esta situación, la respuesta de los gobiernos de los países más desarrollados ha sido elaborar marcos normativos regulatorios energéticos basado en incentivos económicos que ponen precios a las externalidades ambientales, financiando además las labores de investigación y desarrollo en base a fondos gubernamentales (Watson, 2008).

1.3.4.2 Aplicación de políticas específicas

Si bien la introducción de incentivos económicos corresponde a un elemento crucial para el avance de la innovación tecnológica, a nivel internacional existe acuerdo de que ello debe ir acompañado de políticas específicas que apunten hacia cambios determinados tanto institucionales como tecnológicos.

En primer lugar, es importante advertir que la existencia y permanencia de los actuales sistemas energéticos, incluyendo las centrales generadoras, los canales de transmisión y diversas instalaciones, dependen en gran medida del apoyo brindado por un conjunto de regulaciones e instituciones que coordinan los flujos de energía, las relaciones comerciales y las decisiones de inversión.

Se afirma que si dichas características institucionales permanecen inalteradas en el tiempo, es probable que se conviertan en una barrera infranqueable para la adopción de innovaciones tecnológicas que apunten hacia la energía sustentable (Watson, 2008).

En segundo lugar, dado que los recursos que el gobierno puede dedicar para tales objetivos son limitados, si no se priorizan, se corre el riesgo de que sean distribuidos de manera ineficaz.

En este sentido, se deben diferenciar dos tipos de innovación: la que proporciona mejoras a tecnologías existentes y la que está orientada a desarrollar tecnologías nuevas (Smith, 2009).

Con respecto a la primera, uno de los focos en materia de innovación tecnológica en Chile debiese consistir en reforzar el desarrollo tecnológico en aquellas áreas en las que actualmente el país presenta fortalezas, tales como la hidroelectricidad (MED, 2004).

Con relación al segundo tipo de innovación, el foco de atención debiese centrarse en inyectar recursos constantes y crecientes para el desarrollo de tecnologías para el aprovechamiento de aquellos recursos energéticos que presentan mayor potencial a nivel nacional, tales como la energía solar, la energía eólica, las energías provenientes del mar y la energía geotérmica.

1.3.4.3 Fortalecimiento de la colaboración internacional

Si bien Chile tiene algún grado de capacidad para avanzar en la innovación de tecnologías y prácticas energéticas, a nivel global es un contribuyente muy menor. De hecho, Chile principalmente es un "tomador" de tecnologías, que las adopta desde el exterior y las adapta a sus condiciones locales. Para avanzar en materia de innovación tecnológica, Chile debe ser un "seguidor rápido" en aquellas áreas en donde no posee liderazgo (MED, 2004).



A pesar de que el abánico de posibilidades relacionado con la cooperación internacional para la innovación tecnológica energética es amplio y variado, a continuación se detallan algunas iniciativas que debiesen formar parte de estos esfuerzos.

En primer lugar, Chile debe hacer uso y potenciar los acuerdos de colaboración tecnológica presentes en diversos tratados de libre comercio vigentes. Luego, Chile debe crear fondos de investigación diseñados para atraer iniciativas de investigación provenientes del exterior (MED, 2004) y por último, fomentar la inmigración y estadía de investigadores extranjeros y chilenos residentes en el exterior (Consejo de Innovación, 2006).

1.4 ESTRUCTURA DEL INFORME

Con el objeto de explorar las áreas del sistema energético nacional y desarrollar recomendaciones simples y útiles que apoyen la labor parlamentaria tendiente a fomentar un desarrollo energético sustentable para Chile, el presente informe se ha ordenado en tres Partes que contienen once capítulos en total, que siguen a esta Introducción.

La Parte I, denominada "Situación energética actual y futura" cumple una función primordialmente descriptiva, refleja el estado del arte del sistema energético nacional en la actualidad y proyecta diferentes escenarios de abastecimiento energético al 2030. Debido al alto grado de dependencia externa del abastecimiento energético nacional, en el Capítulo 1 también se entrega una visión del mercado global de la energía y sus tendencias. El Capítulo 2 analiza las tendencias del mercado global de la energía, incluyendo el consumo, la producción, los precios del petróleo, el carbón, el gas natural, la electricidad, la energía nuclear y las energías renovables. El Capítulo 3 elabora el perfil energético de Chile, destacando aspectos relevantes asociados al abastecimiento y el consumo, a la intensidad energética, a las emisiones de CO₂ y a la seguridad energética. Finalmente, el Capítulo 4 identifica alternativas de abastecimiento energético al 2030 en base a proyecciones de demanda de energía, provenientes de la aplicación de un modelo econométrico, prestando especial atención a los aportes de la eficiencia energética y de las ERNC.

La Parte II "Fortalezas y debilidades del sector energético en Chile", que tiene un fin más analítico que la Parte I, aborda diversos aspectos del sector en Chile, resaltando sus principales limitaciones y entregando algunas recomendaciones preliminares. En el Capítulo 5 se abordan los impactos del sector energético sobre el medio ambiente, prestando especial atención a los servicios ecosistémicos y a las debilidades del marco normativo ambiental en la evaluación de proyectos energéticos. El Capítulo 6 se concentra en los impactos sociales y económicos vinculados al abastecimiento de energía. El Capítulo 7 aborda la seguridad energética de Chile desde una perspectiva geopolítica. El Capítulo 8 detalla el marco legal e institucional de la energía en Chile, enfatizando aspectos como la institucionalidad, el sector eléctrico, el sector hidrocarburos, las energías renovables, la eficiencia energética, la equidad y el acceso a la energía. Termina la Parte II el Capítulo 9, que aborda la situación nacional en materia de innovación y transferencia tecnológica.



En función de los antecedentes proporcionados por las Partes I y II anteriores, y prestando especial atención tanto a los avances en energía sustentable a nivel nacional como a la experiencia internacional en materia de políticas para el fomento de la energía sustentable, la Parte III titulada "Recomendaciones de políticas públicas para la energía sustentable", entrega una serie de propuestas y consideraciones tendientes a enriquecer la formulación de políticas para la energía sustentable en Chile. Así, el Capítulo 10 revisa la experiencia de diversos países en la implementación de políticas para el apoyo de la energía sustentable, el Capítulo 11 da cuenta de los principales avances de Chile en esta materia y el Capítulo 12, por tratarse de un tema muy controversial, entrega antecedentes sobre la posibilidad de introducir la energía nuclear en Chile. Finalmente, el Capítulo 13 concluye con una serie de recomendaciones para la construcción de políticas públicas para un futuro energético sustentable del país.

1.5 REFERENCIAS

- Avendaño, A. 1997. Cooperación y conflicto: una perspectiva estratégica. *Revista FASOC* 12: 27.
- Biopact, 2007. Chile's Biofuels Discussions Show Diversity of Stakeholders' Perspectives. Biopact, 6 February 2007 (<http://biopact.com/2007/02/chiles-biofuels-discussions-show.html>)
- Borregaard, N. 2008. Eficiencia Energética en Chile: Menos es más. *Observatorio Económico* 27: 1 – 8.
- Borregaard, N. y Katz, R. 2009. Opciones para la Matriz Energética Eléctrica: Insumos para la Discusión. Fundación Futuro Latinoamericano, Quito.
- Castillo, G. y Maldonado, P. 2004. Situación de la Energía en Chile: Desafíos para la Sustentabilidad. Programa Chile Sustentable, Santiago.
- Cepal, 2009. *Panorama de la inserción internacional de América Latina y el Caribe*. Comisión Económica para América Latina, Santiago.
- CEPAL/OCDE, 2005. *Evaluaciones del desempeño ambiental: Chile*. Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos/Comisión Económica para América Latina y El Caribe, París.
- CNE, 2008. *Política Energética: Nuevos Lineamientos. Transformando la Crisis Energética en una Oportunidad*. Comisión Nacional de Energía, Santiago.
- Consejo de Innovación, 2006. *Hacia una Estrategia Nacional para la Innovación para la Competitividad*. Vol. 1. Santiago.
- Dorian, J. P., Franssen, H. T. y Simbeck, D. R. 2006. Global challenges in energy. *Energy Policy* 34 (15): 1984 – 1991.
- Falk, R. 2004. The Future of International States and International Order. En *Readings Vol 1, Course 2: War, National Security Policy and Strategy*. U.S. Army War College, Carlisle Barracks: 100-108.
- Ferreiro, A. 2007. Mitigar el Cambio Climático: Un proceso inminentemente innovador. Presentación ofrecida en el encuentro "Al Gore en Chile". Mayo de 2007, Santiago.
- FMI, 2009. *Perspectivas de la Economía Mundial*. Fondo Monetario Internacional, Washington, D. C.
- Harris, J., Diamond, R., Iyer, M., Payne, C., Blumstein, C. y Siderius, H. 2007. Towards a Sustainable Energy Balance: Progressive Efficiency and the Return of Energy Conservation. CSEM WP 171. Center for the Study of Energy Markets, University of California Energy Institute.



- IEA, 2002. *Environmental and Health Impacts of Electricity Generation*. The International Energy Agency, Oslo.
- Klare, M. 2003. *Guerra por los Recursos: Futuro Escenario del Conflicto Global*. Editorial Urano, Barcelona.
- Koch, F. H. 2002. Hydropower – Internalised Costs and Externalised Benefits. En *Externalities and Energy Policy: The Life Cycle Analysis Approach*. OECD Nuclear Energy Agency, París: 131 – 140.
- Maldonado, P. y Márquez, M. 1994. *Energía y equidad*. División de Recursos Naturales y Energía, CEPAL, Santiago.
- MED, 2004. *Sustainable Energy: Creating a Sustainable Energy System for New Zealand*. Ministry of Economic Development. Wellington.
- Mellado, P. 2007. Programa País Eficiencia Energética y el Mecanismo de Desarrollo Limpio. Presentación ofrecida en el Foro Latinoamericano del Carbono. 5 de julio de 2007, Lima.
- Mideplan, 2009. *Encuesta Casen 2006*. Ministerio de Planificación y Cooperación, Santiago.
- Santana, C. 2007. Energías Renovables No Convencionales Marco general y concurso de apoyo a preinversión: Comisión Nacional de Energía. Presentación ofrecida en el Seminario: "Facilitación y Promoción de Postulaciones al 3er Concurso de Cofinanciamiento para Proyectos de Energías Renovables No Convencionales". Santiago, marzo de 2007.
- Smith, K. 2009. Climate change and radical energy innovation: the policy issues. TIK Working Papers on Innovation Studies N° 20090101. Centre for technology, innovation and culture, University of Oslo.
- Watson, J. 2008. Setting Priorities in Energy Innovation Policy: Lessons for the UK. Discussion Paper 2008-08, Belfer Center for Science and International Affairs. Cambridge, Massachusetts.
- Wittelsbürger, H. 2007. La política energética de Chile: de la dependencia al desarrollo sostenible. *Diálogo Político* 24 (4): 35-52.



PARTE I

SITUACIÓN ENERGÉTICA ACTUAL Y FUTURA



2 TENDENCIAS DEL MERCADO GLOBAL DE LA ENERGÍA

2.1 INTRODUCCIÓN

A nivel global entre 1990 y 2005, mientras el abastecimiento de energía primaria planetaria aumentó en un 24% (IEA, 2007a), las emisiones de CO₂ lo hicieron en un 25% (IEA, 2008a). La mayor parte de este aumento ocurrió en los países en desarrollo.

Mundialmente, el consumo energético tuvo un mayor crecimiento en los sectores transporte y servicios, especialmente debido al creciente viaje de pasajeros, el transporte de carga y a la expansión de la economía de servicios.

Por su parte, el consumo de electricidad está creciendo rápidamente además en muchos países, aumentando su consumo en un 54% entre 1990 y 2005 (IEA, 2008a).

Si bien la participación del petróleo en el abastecimiento primario global disminuyó desde el 37% al 35% entre 1990 y 2005, sigue siendo el principal insumo energético del mundo, principalmente debido a su uso para el transporte. Por su parte, mientras el carbón mantuvo su participación equivalente al 25% del suministro global, el gas la aumentó desde del 19% al 21%.

En otras palabras, entre 1990 y 2005 el abastecimiento primario global ha estado largamente dominado por los combustibles fósiles, representando en ambos años el 81% del suministro mundial. Tanto las energías renovables como la nuclear mantuvieron constante su participación, alcanzado respectivamente el 13% y el 6% (IEA, 2007a).

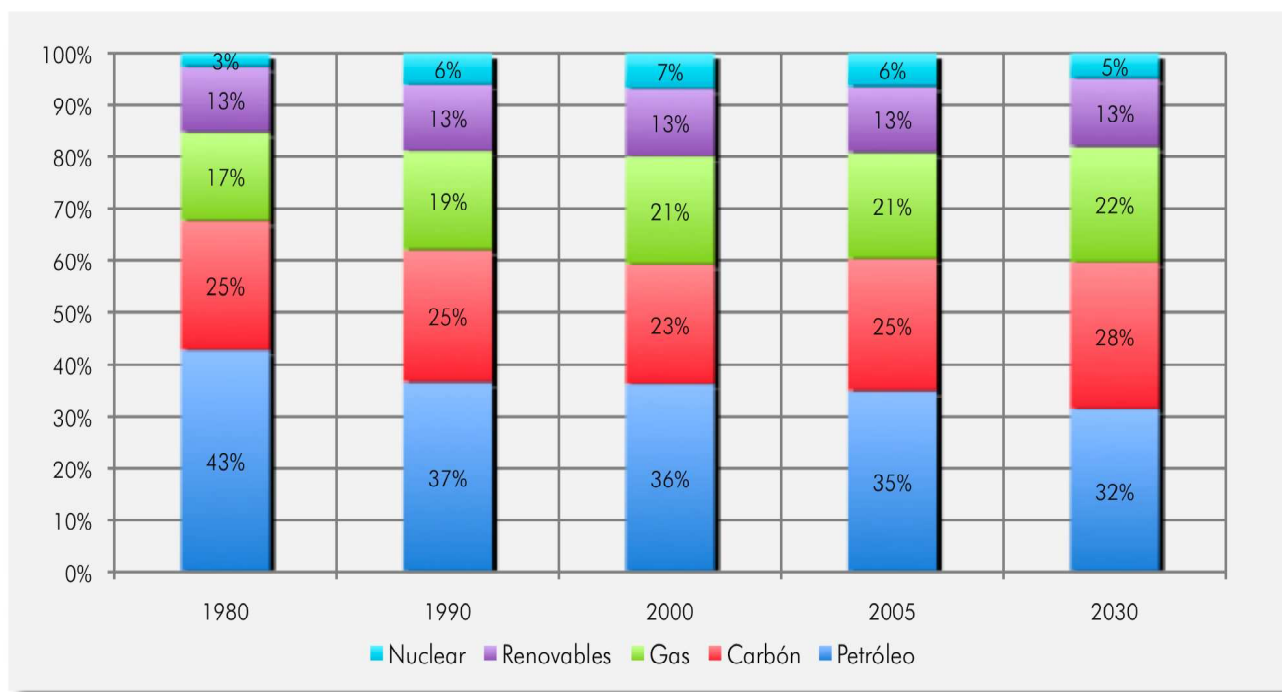
Asumiendo que la actividad económica mantuviera el ritmo exhibido durante los últimos años y que los precios de los combustibles fósiles se mantienen altos en el mediano plazo, se estima que en ausencia de nuevas acciones por parte de los gobiernos de los principales países consumidores del mundo, para el 2030 el consumo global de energía primaria aumentará en un 55%.

Si bien habrían algunas modificaciones en la participación de las fuentes energéticas para abastecer dichas necesidades, los cambios en términos de consumo global por fuente energética no serían significativos. Así, el petróleo representaría el 32% del abastecimiento primario, el carbón el 28%, el gas el 22%, las renovables el 13% y la nuclear el 5%.

En otras palabras, los combustibles fósiles seguirán suministrando más del 80% de los requerimientos energéticos globales, lo que traería consigo un aumento de un 57% de los gases efecto invernadero (IEA, 2007a) (ver Figura N° 2.1).



Figura N° 2.1: Abastecimiento de energía primaria global 1980 – 2030.



Fuente: Elaboración propia en base a IEA (2007a).

Dado que la actual dependencia energética mundial de los combustibles fósiles genera inquietud, tanto en el ámbito de la seguridad energética como en el de calentamiento global, la tendencia esperada para 2030 refleja un futuro aún mucho más preocupante con relación a interrupciones en el suministro y daños ambientales (IEA, 2007a).

Si bien existe alguna probabilidad de que esta tendencia se vea alterada a favor de un suministro global basado en mayor medida sobre la base de energías alternativas a las fósiles, en este estudio se estima que dicha opción es baja.

Tal como expresa la CNE (2008), el factor con mayor capacidad para modificar la demanda proyectada a nivel internacional y local, lo constituyen las iniciativas de eficiencia energética que puedan implementar los distintos gobiernos del mundo.

Sin embargo, a pesar de que éstas iniciativas podrían ser muy exitosas, no alterarían mayormente el aumento esperado del consumo energético global asociado al crecimiento económico mundial (CNE, 2008), ni modificarían sustancialmente la composición de las fuentes de energía para su abastecimiento.

A continuación se presenta un resumen de las principales características del mercado global de energía, distinguiendo entre petróleo, carbón, gas, electricidad, nuclear y



renovables. Se destacan aspectos como el consumo, la producción, los precios y las reservas.

2.2 PETRÓLEO

2.2.1 Consumo

El petróleo y los demás combustibles líquidos representan más de la tercera parte del consumo energético mundial. Dado que la demanda por petróleo está creciendo, especialmente en países como India y China (Gerling, 2007), se espera que esta tendencia se mantenga durante las próximas décadas.

De este modo, se estima que el consumo mundial de petróleo crecería desde 4.000 Mtoe en 2005 hasta 5.585 Mtoe en 2030, lo que representa un aumento del 40% (IEA, 2007a).

Sin embargo, la volatilidad de los precios del petróleo y la inestabilidad política de buena parte de los principales países productores hacen que la inseguridad de su abastecimiento sea una causa de enorme inquietud internacional.

Norteamérica es la región que más consume petróleo, demandando el 29% del total en 2006. Le siguen Europa con el 17% y Australia y Asia con el 16%. Más abajo están China (8%), Oriente Medio (7%) y América Latina (6%). Finalmente África, India y Rusia consumen el 3% cada uno.

Para el 2030, si bien todas estas regiones y países aumentarían el consumo de petróleo, y Norteamérica seguiría siendo el principal consumidor con el 26% del consumo total, se producirían algunos cambios que es preciso destacar.

Por ejemplo, mientras el consumo en Europa crecería sólo un 3%, llevándola a consumir el 13% del total, tanto China como India experimentarían un alto crecimiento. En tanto que el consumo en China se expandiría en un 132%, en India aumentaría en un 150%, lo que los haría correspondientemente consumir el 14% y el 6% del consumo total en 2030 (IEA, 2007a) (ver Tabla N° 2.1).



Tabla N° 2.1: Consumo de petróleo por región.

	MILLONES DE BARRILES/DÍA		PARTICIPACIÓN DEL CONSUMO GLOBAL		CRECIMIENTO
	2006	2030	2006	2030	2006-2030
Norte América	24,9	30	29%	26%	20%
Europa	14,3	14,7	17%	13%	3%
Australia y Asia	13,6	17	16%	15%	25%
China	7,1	16,5	8%	14%	132%
Oriente Medio	6	9,5	7%	8%	58%
América Latina	4,8	7,1	6%	6%	48%
África	2,8	4,8	3%	4%	71%
India	2,6	6,5	3%	6%	150%
Rusia	2,6	3,3	3%	3%	27%
Otros	6	6,9	7%	6%	15%
Mundo	84,7	116,3	100%	100%	37%

Fuente: elaboración propia en base a IEA (2007a).

El sector transporte es el principal factor detrás del crecimiento del consumo de petróleo. Si bien su consumo crecería en todas las regiones, éste aumentaría más rápidamente en las regiones en desarrollo.

Globalmente, el transporte aumentaría su participación en el consumo global de petróleo desde 47% en 2005 hasta 52% en 2030. A pesar de que los biocombustibles aumentarían su participación en el mercado del transporte carretero, los combustibles basados en el petróleo continuarían con su predominio, pasando su participación del 94% al 92% en el período 2005-2030 (IEA, 2007a).

2.2.2 Producción

Se estima que los recursos de petróleo mundiales son suficientes para satisfacer el crecimiento de la demanda al 2030. También se espera que aumente la producción de combustibles líquidos no convencionales, tales como los líquidos de carbón y los líquidos de combustibles sintéticos a partir del carbón y gas natural.

Dado que poseen la mayoría de las reservas, y sus costos de exploración y producción son menores que los del resto, se proyecta que el conjunto de los países OPEP aumente su participación en la producción global de petróleo.

Mientras en 2006 los países de la OPEP produjeron el 42% del petróleo, se espera que para el 2030 produzcan el 52%. La producción de los países no pertenecientes a la OPEP crecería levemente al 2030. Sólo Rusia, América Latina, Canadá y África registrarían un aumento en la producción, donde gran parte del crecimiento provendría de fuentes no convencionales, principalmente de Canadá (IEA, 2007a) (ver Tabla N° 2.2).



Tabla Nº 2.2: Producción de petróleo por región

	MILLONES DE BARRILES/DÍA		PARTICIPACIÓN DE LA PRODUCCIÓN GLOBAL		CRECIMIENTO
	2006	2030	2006	2030	2006-2030
OPEC	35,8	60,6	42%	52%	69%
Norte América	13,9	15,2	16%	13%	9%
Rusia	9,7	11,2	11%	10%	15%
Europa	5,2	2,5	6%	2%	-52%
América Latina	4,1	7,1	5%	6%	73%
China	3,7	3,4	4%	3%	-8%
África	2,6	3,6	3%	3%	38%
Australia y Asia	2,5	2,1	3%	2%	-16%
India	0,8	0,5	1%	0%	-38%
Otros	6,3	10,1	7%	9%	60%
Mundo	84,6	116,3	100%	100%	37%

Fuente: elaboración propia en base a IEA (2007a).

2.2.3 Precio

Si bien el costo de producción del petróleo no ha crecido mucho, alcanzando los US\$5 por barril en el Oriente Medio y entre US\$10 y US\$15 por barril a nivel mundial, su precio se ha multiplicado varias veces en los últimos años (Gerling, 2007).

De hecho, el precio del barril creció desde US\$28 en 2003 hasta US\$70 en 2006 (Lior, 2008), llegando a US\$159 en 2008 (Teske, 2008).

Muchos factores influyen en el crecimiento del precio del petróleo, incluyendo los trastornos del abastecimiento debido a los atentados terroristas, las huelgas laborales en empresas nacionales que producen petróleo, los desastres naturales (Barnes, 2008), el aumento del costo de desarrollar los petrolíferos nuevos y el alza del precio de las mercaderías a nivel mundial (EIA, 2008).

Sin embargo, se cree que lo que más ha aumentando el precio del petróleo corresponde a la tensión entre la creciente demanda global, especialmente de China e India y el estancamiento de la producción por los países OPEP (EIA, 2008).

Paralelamente, y a pesar de que la demanda de petróleo está en aumento y el precio del barril ha experimentado significativas alzas durante los últimos años, la OPEP vacila con respecto a aumentar su capacidad de producción (Barnes, 2008).

De hecho, el crecimiento de la producción de muchos países está disminuyendo o se ha estancado, por lo que la producción mundial sólo creció un 2% en 2007 (Armaroli y Balzani, 2007).



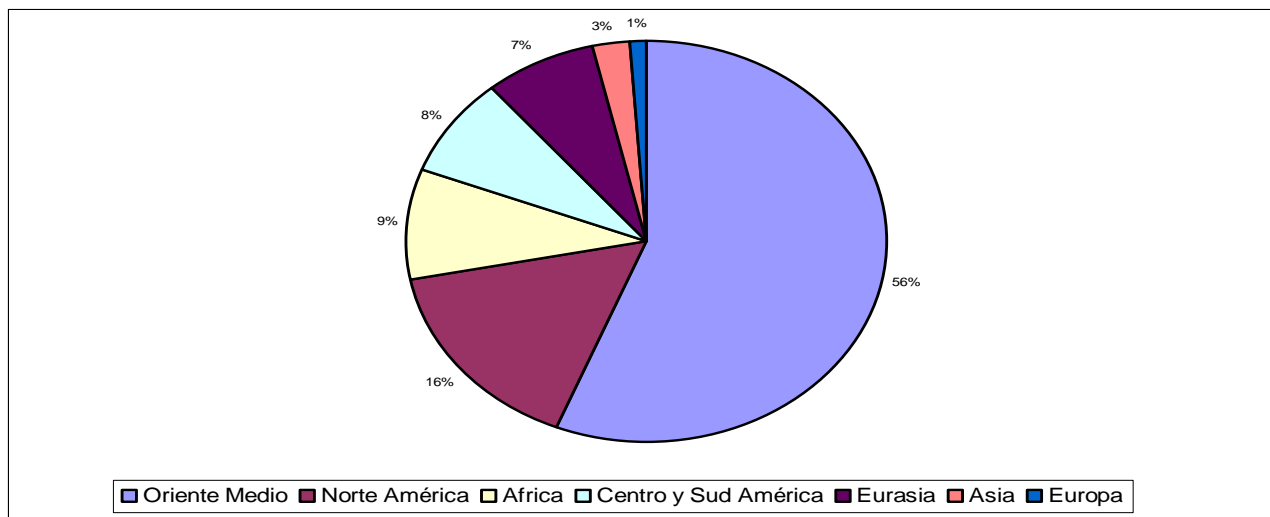
Lo anterior es aún más sorprendente si se considera que la tasa de agotamiento de las reservas de los países OPEP del Oriente Medio es baja con relación a otras regiones, lo que indica que tienen un gran potencial para aumentar su producción (Gerling, 2007).

Todos estos antecedentes llevan a predecir que el precio del petróleo seguirá creciendo en el futuro, llegando a US\$130 por barril en 2030 (EIA, 2009).

2.2.4 Reservas

A enero de 2008, las reservas de petróleo comprobadas ascendían a 1.332.000 millones de barriles. De éstas, el 56% se encuentra en Oriente Medio, el 16% en Norteamérica, el 9% en África, el 8% en Centro y Suramérica, el 7% en Eurasia, el 3% en Asia y sólo el 1% en Europa (EIA, 2008) (ver Figura N° 2.2).

Figura N° 2.2: Reservas comprobadas de petróleo por región a enero de 2008.



Fuente: elaboración propia en base a EIA (2008).

Se estima que estas reservas permiten satisfacer las demandas globales de las próximas cuatro décadas (Hayward, 2009). Sin embargo, la creciente concentración de las reservas mundiales de petróleo en un pequeño grupo de naciones, principalmente en países del Oriente Medio pertenecientes a la OPEC, pone en riesgo la seguridad del abastecimiento (EIA, 2007a).

Además, al incrementar su dominio del mercado, es probable que una buena parte de estos países busquen obtener una mayor rentabilidad de sus exportaciones y aumenten los precios en el largo plazo, por medio de retrasos en las inversiones requeridas para lograr la productividad esperada en su producción (IEA, 2007a).

En función de lo anterior, muchos países están invirtiendo en la exploración y extracción de petróleo no convencional, como las arenas bituminosas, el betún natural y el petróleo pesado.



Si bien este último, el petróleo pesado, se encuentra en 22 países, Venezuela posee el 90% de las reservas, contribuyendo con el 20% de la producción de petróleo total de ese país en 2005. Canadá también posee reservas de petróleo no convencional, específicamente de betún natural. Aproximadamente 1,6 millones de barriles de betún natural fueron producidos en 2007, correspondiendo al 2% de la producción de petróleo total de Canadá.

La exitosa extracción de petróleo no convencional en Venezuela y Canadá demostró además que es probable que este tipo de combustible tenga un papel importante en la generación energética futura (Attanasi y Meyer, 2007).

2.3 GAS NATURAL

2.3.1 Consumo

El gas natural representa el 23,5% del consumo de energía mundial (Charbrelie, 2007). Se encuentra en todas las regiones y es el combustible fósil más amistoso con el medio ambiente, ya que es el menor emisor de CO₂.

Por ejemplo, en 2006, mientras el gas natural contribuyó con el 19,4% de las emisiones provenientes de combustibles, el petróleo y el carbón contribuyeron con el 38,5% y el 41,7% respectivamente (IEA, 2008b).

A futuro, se espera que la demanda por gas natural crezca en un 2,1% anual al 2030, lo que significaría un aumento total entre 2005 y 2030 desde 2.854.000 hasta 4.779.000 millones de metros cúbicos, equivaliendo a un crecimiento del 67% (IEA, 2007a).

Algunos de los factores que explican este crecimiento corresponden al impactos de las políticas de los gobiernos europeos para reducir las emisiones de CO₂ y al esperado aumento del precio del petróleo (Charbrelie, 2007).

Como en el caso del petróleo, la demanda por gas natural crecería más rápidamente en los países en desarrollo. El crecimiento regional más importante en términos absolutos ocurriría en Oriente Medio, en donde las reservas son abundantes.

Sin embargo, si bien Norteamérica y Europa reducirían su participación en el consumo global de gas natural desde un 46% en 2005 a un 37% en 2030, se mantendrían como los principales consumidores de gas natural en 2030 representando el 21% y el 16% respectivamente (IEA, 2007a) (ver Tabla N° 2.3).



Tabla Nº 2.3: Consumo de gas natural por región.

	MIL MILLONES DE M3		PARTICIPACIÓN DEL CONSUMO GLOBAL		CRECIMIENTO
	2005	2030	2005	2030	2005-2030
Norte América	765	994	27%	21%	30%
Europa	550	771	19%	16%	40%
Rusia	431	586	15%	12%	36%
Australia y Asia	326	597	11%	12%	83%
Oriente Medio	261	639	9%	13%	145%
América Latina	118	302	4%	6%	156%
África	85	211	3%	4%	148%
China	51	238	2%	5%	367%
India	35	112	1%	2%	220%
Otros	232	329	8%	7%	42%
Mundo	2854	4779	100%	100%	67%

Fuente: elaboración propia en base a IEA (2007a).

El gas natural se usa mayormente en el sector industrial, prediciéndose que al 2030 representará el 43% del consumo total mundial (IEA, 2007a).

Sin embargo, se estima que la entrada de nuevas plantas de generación eléctrica en base a ciclo combinado absorberían más de la mitad del crecimiento de la demanda al 2030, llegando a representar el 35% del consumo mundial (EIA, 2008). Por su parte, gran parte del resto del consumo se daría en el sector residencial (Charbrelie, 2007).

2.3.2 Producción

A nivel mundial, las reservas de gas natural son más que suficientes para satisfacer la demanda proyectada al 2030. En 2006, Norteamérica y Rusia fueron los principales productores de gas natural, con una participación del 26% y 22% de la producción global, respectivamente.

Para el 2030, la producción de gas aumentaría en todas las regiones, excepto en Europa. Como en el consumo, el Oriente Medio es la región que más incrementaría su producción en términos absolutos, llevándolo a ser el principal productor con el 20% de la producción global, sobrepasando tanto a Norteamérica como a Rusia.

La producción también aumentaría notablemente en África y América Latina. Si bien se estima que el abastecimiento seguiría proviniendo mayoritariamente de fuentes convencionales, aumentaría la participación de fuentes no convencionales como el



metano de yacimientos carboníferos, especialmente en Norteamérica (ver Tabla N° 2.4) (IEA, 2007a).

Tabla N° 2.4: Producción de gas natural por región.

	MIL MILLONES DE M3		PARTICIPACIÓN DE LA PRODUCCIÓN GLOBAL		CRECIMIENTO
	2006	2030	2006	2030	2006-2030
Norte América	743	839	26%	18%	13%
Rusia	639	823	22%	17%	29%
Europa	315	251	11%	5%	-20%
Oriente Medio	304	940	11%	20%	209%
Australia y Asia	288	560	10%	12%	94%
África	186	501	6%	10%	169%
América Latina	134	372	5%	8%	178%
China	51	111	2%	2%	118%
India	29	51	1%	1%	76%
Otros	175	331	6%	7%	89%
Mundo	2864	4779	100%	100%	67%

Fuente: elaboración propia en base a IEA (2007a).

Debido al alto costo del transporte, en el pasado el mercado del gas natural había sido básicamente de carácter regional. Ya que se requería transportar un volumen de gas que era mil veces mayor que uno de petróleo con el mismo poder energético, el gas no podía competir con el petróleo.

Sin embargo, a causa de avances tecnológicos asociados al transporte de gas en estado líquido, el movimiento internacional de gas natural está creciendo (Charbrelie, 2007). Mientras en 2005 la proporción del gas producido a nivel global que fue transportado entre regiones llegó al 13%, se estima que para 2030 ésta alcanzaría el 22% (EIA, 2007a).

2.3.3 Precio

Hoy en día, el precio de gas natural es bastante más competitivo que en el pasado, debido a que las empresas del sector han bajado los costos de producción en toda la cadena productiva. Por ejemplo, a través de innovaciones tecnológicas pudieron reducir los costos de exploración y producción en un 2,5% al año hasta hace poco.

La industria también hizo más competitivo el precio del gas natural líquido por medio de importantes reducciones en toda la cadena productiva de este producto. Por ejemplo, mientras a mediados de la década de 1990 el costo de inversión para una planta de licuefacción era US\$250/tonelada/año, a principios de la actual década éste había



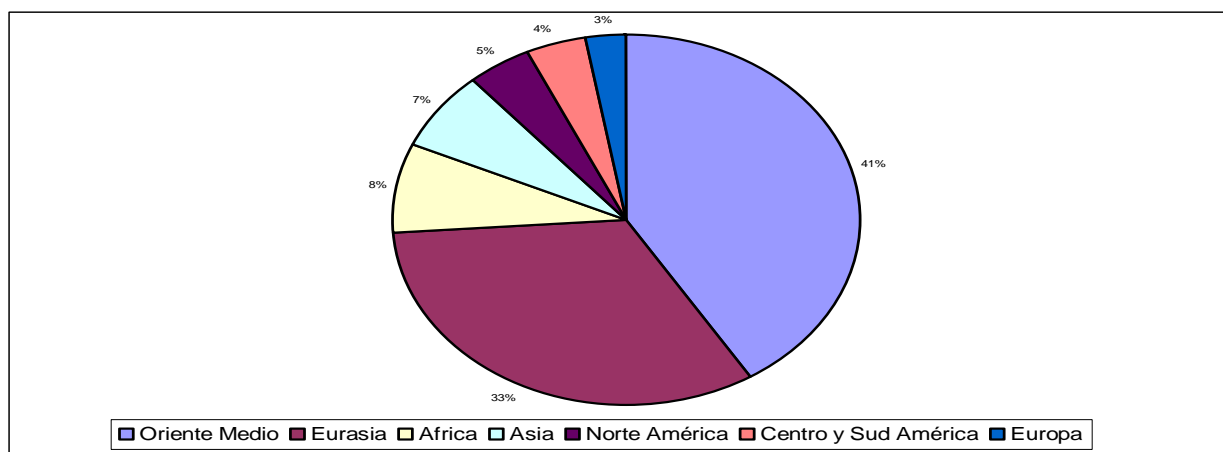
bajado a US\$200/tonelada/año (Charbrelie, 2007).

Si bien estas innovaciones ha ayudado al crecimiento del mercado de gas natural en el mundo, debido al esperado aumento en la demanda energética mundial, se estima que el precio del gas natural sufrirá importantes alzas durante las próximas décadas, pasando de US\$170 por mil metros cúbicos en 2005 a US\$326 por mil metros cúbicos en 2030 (Egging et al., 2008).

2.3.4 Reservas

Los descubrimientos de reservas nuevas de gas natural están aumentando. Mientras en 1980 las reservas de gas natural alcanzaban los 77 billones de metros cúbicos (Charbrelie, 2007), a enero de 2008 éstas llegaban a 175 billones de metros cúbicos (EIA, 2008). De éstas, el 41% se encuentran en Oriente Medio, el 33% en Eurasia, el 8% en África, el 7% en Asia, el 5% en Norteamérica, el 4% en Centro y Suramérica, y el 3% en Europa (EIA, 2008) (ver Figura N° 2.3).

Figura N° 2.3: Reservas comprobadas de gas natural por región a enero de 2008.



Fuente: Fuente: elaboración propia en base a EIA (2008).

Fu

Se estima que estas reservas permitirían satisfacer las demandas globales de las próximas seis décadas (Hayward, 2009). Sin embargo, la creciente concentración de las reservas mundiales de gas natural en el Oriente Medio y Eurasia, que poseen aproximadamente el 75% de éstas, presenta una situación de inseguridad similar a la del petróleo, con importantes desafíos asociados a la seguridad del abastecimiento (EIA, 2008).



2.4 CARBÓN

2.4.1 Consumo

El carbón representa el 27% del consumo de energía mundial (EIA, 2008). Se espera que la demanda por carbón aumente a una tasa anual del 2,2% al 2030, lo que significaría un aumento total entre 2005 y 2030 desde 4.154 a 7.173 millones de toneladas, equivaliendo a un crecimiento del 73% (IEA, 2007a).

Se estima que el consumo de China representaría el 62% del aumento global al 2030, incrementando su participación mundial desde el 38% en 2005 al 48% en 2030. Por su parte, el aumento del consumo en India representaría el 20% del aumento global, incrementando su participación en el período 2005-2030 desde el 7% al 12%.

En contraste, en los países de la OCDE el consumo de carbón aumentaría muy poco, con el mayor crecimiento ocurriendo en Norteamérica. Debido al impacto de políticas que fomentan la generación de electricidad en base a tecnologías poco intensivas en carbono, en Europa el consumo de carbón descendería en un 2% desde 2005 hacia 2030 (IEA, 2007a) (ver Tabla N° 2.5).

Tabla N° 2.5: Consumo de carbón por región.

	MILLONES DE TONELADAS DE CARBÓN EQUIVALENTE		PARTICIPACIÓN DEL CONSUMO GLOBAL		CRECIMIENTO
	2005	2030	2005	2030	2005-2030
China	1563	3426	38%	48%	119%
Norte América	846	1083	20%	15%	28%
Australia y Asia	484	689	12%	10%	42%
Europa	457	448	11%	6%	-2%
India	297	886	7%	12%	198%
Rusia	148	187	4%	3%	26%
África	146	188	4%	3%	29%
América Latina	33	59	1%	1%	79%
Oriente Medio	13	28	0%	0%	115%
Otros	167	179	4%	2%	7%
Mundo	4154	7173	100%	100%	73%

Fuente: elaboración propia en base a IEA (2007a).

En la mayoría de las regiones, el sector eléctrico es el mayor consumidor de carbón. De hecho, durante 2005 el carbón contribuyó al 42% de la producción mundial de electricidad (EIA, 2008).



A nivel mundial, este sector representaría más del 75% del incremento en el consumo para el período 2005-2030. Uno de los factores que explicaría el probable aumento en el uso del carbón por parte del sector eléctrico es el esperado incremento de la eficiencia térmica promedio de las plantas generadoras en base a carbón, el que se produciría por importantes avances en el desarrollo de tecnologías a carbón más limpias.

Otro factor detrás de lo anterior correspondería a la evidencia de que cuando los precios del petróleo y del gas aumentan, las generadoras de electricidad tienden a recurrir al carbón para reducir los costos de producción (IEA, 2007a).

2.4.2 Producción

En 2005, China fue el principal productor de carbón, con una participación del 39% de la producción global. Le siguieron Norteamérica, Australia y Asia con una participación del 21% y 12%, respectivamente.

Para el 2030, la producción de carbón aumentaría en todas las regiones, excepto en Europa, en donde disminuiría en un 21%. Aumentando su producción en un 104%, China representaría el 56% del aumento global de la producción al 2030, incrementando su participación al 46% del producto global. La producción de India también experimentaría un crecimiento importante, expandiéndose un 142% al 2030 (IEA, 2007a) (ver Tabla N° 2.6).

Tabla N° 2.6: Producción de carbón por región.

	MILLONES DE TONELADAS DE CARBÓN EQUIVALENTE		PARTICIPACIÓN DEL CONSUMO GLOBAL		CRECIMIENTO
	2005	2030	2005	2030	2005-2030
China	1636	3334	39%	46%	104%
Norte América	859	1172	21%	16%	36%
Australia y Asia	505	928	12%	13%	84%
Europa	276	218	7%	3%	-21%
India	266	644	6%	9%	142%
Rusia	199	340	5%	5%	71%
África	202	285	5%	4%	41%
América Latina	67	136	2%	2%	103%
Oriente Medio	1	1	0%	0%	0%
Otros	143	115	3%	2%	-20%
Mundo	4154	7173	100%	100%	73%

Fuente: elaboración propia en base a IEA (2007a).



2.4.3 Precio

El carbón es el combustible fósil más barato (EIA, 2008) y su precio es menos volátil que el de los otros combustibles fósiles (Copley, 2007). En otras palabras, con el carbón se puede producir la misma cantidad de energía a un menor costo que con el petróleo y el gas natural.

A grandes rasgos, en 2005 el poder calorífico del carbón era 4 veces más barato que el del petróleo y 2,5 que el del gas natural (Capros et al., 2008). Mientras que para el 2030 se espera que los precios del petróleo y del gas natural aumenten considerablemente, es probable que el precio del carbón se mantenga similar al precio promedio de 2006, el que se aproximó tal año a los US\$62/tonelada (IEA, 2007a).

Sin embargo, el carbón es mucho más contaminante que el petróleo y el gas natural. Por ejemplo, una planta de generación eléctrica en base a carbón emite más del doble de CO₂ que una en base a un ciclo combinado de gas.

No sólo es el combustible fósil más intensivo en carbono, sino que también es el principal emisor de dióxido de azufre, causa principal de la lluvia ácida (Freese, Clemmer y Noguee, 2008). Mientras su participación en las emisiones globales de CO₂ alcanzó el 42% en 2006, se espera que en ausencia de iniciativas para hacerlo más limpio o reducir su consumo, ésta llegue al 45% en 2030 (EIA, 2009).

En función de lo anterior, actualmente existe gran interés en desarrollar tecnologías con el potencial de reducir las emisiones de CO₂ asociadas al consumo de carbón. La más debatida es un sistema de captura y depósito, el que captura las emisiones de CO₂ y las almacena en la tierra.

Sin embargo, aún no se cuenta con tecnologías demostradas que permitan desarrollar los sitios para almacenarlas sin evitar significativos impactos ambientales al entorno. Además, implementar estos sistemas aumentaría los costos y reduciría la capacidad de las plantas eléctricas a carbón, incrementando tanto el precio del carbón como el de la electricidad. De este modo, se necesita más investigación antes de saber si esta u otras tecnologías pueden ser usadas a una escala comercial para reducir las emisiones de CO₂ carbono (Freese, Clemmer y Noguee, 2008).

2.4.4 Reservas

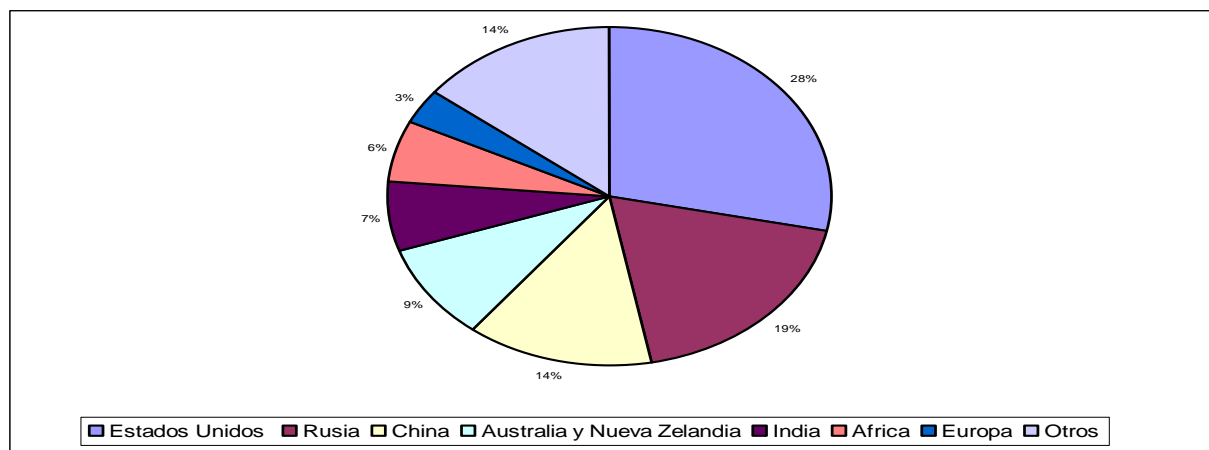
Las estimaciones de las reservas globales de carbón recuperable han estado disminuyendo durante el último tiempo. Mientras en 1990 éstas ascendían a 1.740.000 millones de toneladas y en 2000 a 1.083.000, en 2006 descendieron a 930.000. Este descenso se debe principalmente a ajustes de la evaluación de reservas en países como India, Polonia, Turquía y República Checa (EIA, 2008).

De todos modos, estas reservas permiten estimar que el carbón seguirá siendo una fuente energética relevante a nivel mundial probablemente por aproximadamente 150 años más (Copley, 2007).



A pesar de que los depósitos de carbón están ampliamente distribuidos, el 76% de las reservas recuperables a nivel global están ubicadas en cinco países: Estados Unidos (28%), Rusia (19%), China (14%), Australia (9%) e India (7%) (EIA, 2008) (Ver Figura N° 2.4).

Figura N° 2.4: Reservas comprobadas de carbón por región a enero de 2006.



Fuente: elaboración propia en base a EIA (2008).

Las características cualitativas y geológicas de los depósitos de carbón son parámetros muy importantes para estimar el valor de las reservas de carbón. Mientras el mejor es el carbón bituminoso de primer grado, el peor es la lignina, con el sub-bituminoso ocupando un lugar intermedio.

En términos de reservas, el carbón bituminoso representa el 50% de las reservas globales, el sub-bituminoso el 32% y la lignina el 18% restante (EIA, 2008).

2.5 ELECTRICIDAD

2.5.1 Consumo

En 2005 el mundo consumió 15.016 TWh de electricidad, representando el 17% de todo el consumo energético global. El mayor consumidor fue Norteamérica, alcanzando el 29% del consumo global. Le siguieron Europa, Australia y Asia, y China, con el 20%, el 16% y el 14% del consumo global, respectivamente.

Para el 2030, se espera que el consumo global de electricidad aumente en un 98%, representando el 22% del consumo energético global. China aumentaría su consumo en un 249% durante este período, absorbiendo el 34% del aumento global y ubicándose como el principal consumidor de electricidad en el mundo. Por su parte, si bien India aumentaría su consumo en un 340%, su participación dentro del consumo global pasaría del 3% en 2005 al 7% en 2030 (IEA, 2007a) (ver Tabla N° 2.7).



Tabla N° 2.7: Consumo de electricidad por región.

	TWH		PARTICIPACIÓN DEL CONSUMO GLOBAL		CRECIMIENTO
	2005	2030	2005	2030	2005-2030
Norteamérica	4.406	6.390	29%	21%	45%
Europa	2.957	4.182	20%	14%	41%
Australia y Asia	2.351	4.184	16%	14%	78%
China	2.033	7.100	14%	24%	249%
América Latina	734	1.700	5%	6%	132%
Rusia	647	968	4%	3%	50%
Oriente Medio	501	1.228	3%	4%	145%
India	478	2.104	3%	7%	340%
África	457	1.122	3%	4%	146%
Otros	452	759	3%	3%	68%
Mundo	15.016	29.737	100%	100%	98%

Fuente: elaboración propia en base a IEA (2007a).

2.5.2 Producción

Desde una perspectiva global, la combinación de fuentes energéticas usadas para generar electricidad ha variado mucho durante las pasadas décadas. Si bien el carbón sigue siendo el combustible más utilizado, los mayores crecimientos se dieron con la energía nuclear entre 1970 y 1980, y con el gas natural entre 1980 y 1990.

Por su parte, desde mediados de la década de 1970, el uso del petróleo ha venido disminuyendo. Así, en 2005 la mayor parte de la electricidad provenía del carbón, alcanzando una participación del 41% del total. Luego asomaba el gas natural (20%), las fuentes renovables (18%), la energía nuclear (15%) y finalmente el petróleo (6%) (EIA, 2008).

Durante los últimos años, el alto precio del petróleo en conjunto con la perspectiva del calentamiento global ha renovado el interés en la energía nuclear y las fuentes renovables, como alternativas a la generación de electricidad en base a carbón y gas.

Si bien se espera que estas fuentes aumenten su participación al 2030, para cuando se espera un alza en la generación global de electricidad de 83%, todavía serían superadas ampliamente por el carbón.

De todos modos, se proyecta que la producción de electricidad en base a carbón aumentaría para el período 2005-2030 en un 89%, la de las renovables lo haría en un 109% y la nuclear en un 46%. Sólo el petróleo vería una reducción en su uso equivalente al 10% (EIA, 2009) (ver Tabla N° 2.8).



Tabla Nº 2.8: Generación de electricidad por fuente.

	TWH		PARTICIPACIÓN DEL CONSUMO GLOBAL		CRECIMIENTO
	2005	2030	2005	2030	2005-2030
Carbón	7.200	13.600	41%	43%	89%
Gas natural	3.400	6.800	20%	21%	100%
Renovables	3.200	6.700	18%	21%	109%
Nuclear	2.600	3.800	15%	12%	46%
Petróleo	1.000	900	6%	3%	-10%
Mundo	17.400	31.800	100%	100%	83%

Fuente: elaboración propia en base a EIA (2008) y EIA (2009).

Es importante resaltar que las proyecciones para el uso del carbón en la generación de electricidad podrían verse muy alteradas por los acuerdos internacionales para reducir las emisiones de gases efecto invernadero.

Dado que el carbón es tanto la fuente más usada para generar electricidad como la más intensiva en carbono, el sector eléctrico en base a carbón ofrece las oportunidades más costo efectivas para reducir las emisiones de CO₂ en muchos países (EIA, 2008).

2.6 NUCLEAR

2.6.1 Consumo y producción

En 2008 existían 439 reactores nucleares en el mundo, los que proporcionaron aproximadamente el 16% de la energía eléctrica total generada en el mundo, equivaliendo al 9% de la potencia eléctrica instalada (CNE, 2008).

En 2006, el 34% de la generación eléctrica en base a energía nuclear se produjo en Europa, siguiéndole Estados Unidos (30%), Japón (10%), Rusia (5%), China (2%) e India (1%) (EIA, 2009).

El interés de muchos países por diversificar su matriz energética está aumentando el interés por la generación de electricidad proveniente de la energía nuclear. Este se ha visto reforzado también por el hecho de que esta fuente de energía es más económica en la generación de electricidad, en comparación con los combustibles fósiles. Además, emite muy poco CO₂ (Dorian, Frassen, y Simbeck, 2006).

De hecho, los tres países más consumidores de carbón (China, Estados Unidos e India) están proyectando expandir notablemente su capacidad nuclear durante los próximos 25 años.



Así, para el 2030, se espera que este tipo de energía aumente en un 41%, con China e India experimentando incrementos de 700% y 650%, respectivamente. Sólo Europa vería disminuir su participación en la generación eléctrica en base a energía nuclear.

De este modo, al 2030 la participación sería liderada por Estados Unidos con un 24% y le seguirían Europa (23%), China (11%), Japón (10%), Rusia (8%) e India (4%) (EIA, 2009) (Ver Tabla N° 2.9).

Tabla N° 2.9: Generación de electricidad en base a energía nuclear por región.

	TWH		PARTICIPACIÓN DEL CONSUMO GLOBAL		CRECIMIENTO
	2006	2030	2006	2030	2006-2030
Europa	920	890	34%	23%	-3%
Estados Unidos	800	900	30%	24%	13%
Japón	280	380	10%	10%	36%
Rusia	140	320	5%	8%	129%
China	50	400	2%	11%	700%
India	20	150	1%	4%	650%
Otros	490	760	18%	20%	55%
Mundo	2.700	3.800	100%	100%	41%

Fuente: elaboración propia en base a EIA (2009).

Sin embargo, el desarrollo de esta fuente podría verse afectado por razones asociadas a la creciente inquietud pública relativa a la seguridad de las instalaciones, la disposición de residuos radioactivos y la proliferación de armas nucleares (EIA, 2008).

Otros factores que podrían dificultar un rápido avance de esta fuente de energía son el alto costo de inversión y los largos tiempos de construcción (Rogner y McDonald, 2007).

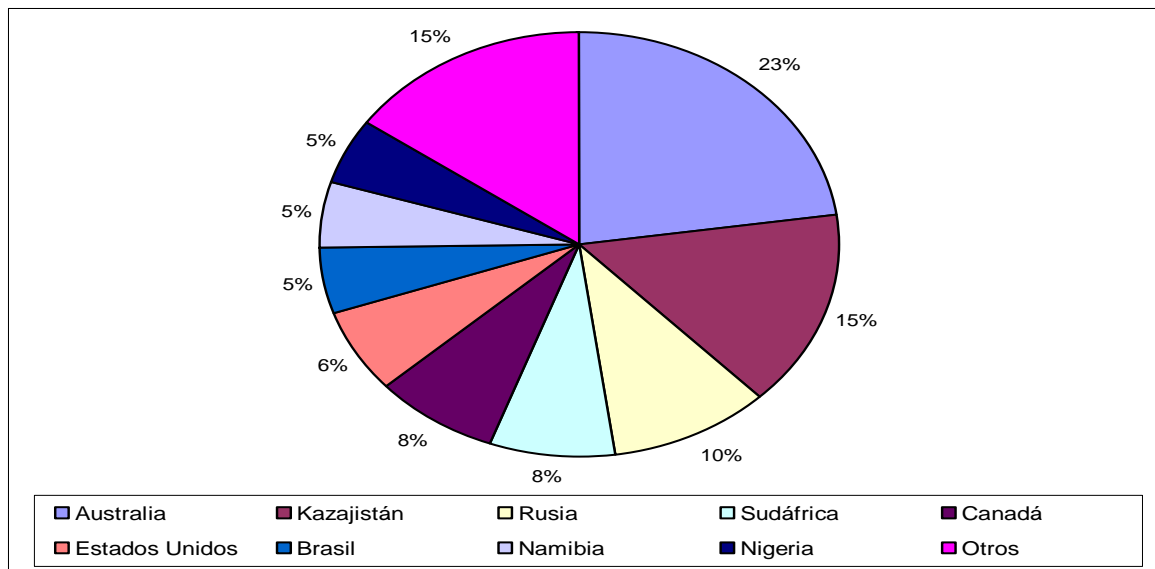
2.6.2 Reservas de uranio

La tecnología nuclear utiliza la energía desprendida por la división de ciertos elementos atómicos. Para la producción de electricidad, esta tecnología usa la energía desprendida por la división de átomos de uranio.

A nivel mundial, este metal se encuentra en grandes cantidades, principalmente en rocas y el mar, estimándose que podrían cubrir la demanda global por al menos 80 años. En Australia se encuentran las mayores reservas de uranio, alcanzando el 23% de los recursos globales. En segundo lugar se halla Kazajistán, con el 15% y luego Rusia con el 10% (WNA, 2009) (ver Figura N° 2.5).



Figura N° 2.5: Reservas de uranio por país a 2007.



Fuente: elaboración propia en base a WNA (2009).

2.7 FUENTES RENOVABLES

En 2005, las energías renovables representaban el 13% del consumo energético global. Mientras la biomasa y los residuos orgánicos representaron el 79% del consumo global de fuentes renovables, la hidroelectricidad representó el 17% y las demás fuentes renovables (eólica, solar, geotérmica y mareomotriz) el 4%.

Si bien para el 2030 se espera que el consumo energético proveniente de fuentes renovables aumente en un 60% con respecto a 2005, su participación del consumo energético global se mantendría en un 13%.

El crecimiento del consumo más relevante se daría para el conjunto de las energías eólica, solar, geotérmica y mareomotriz, el que aumentaría en un 405%. Así, mientras para 2030 la biomasa y los residuos orgánicos representarían el 69% del consumo global de fuentes renovables, la hidroelectricidad representaría el 18% y las demás fuentes renovables el 13% (IEA, 2007a) (ver Figura N° 2.10).



Tabla Nº 2.10: Consumo de renovables.

	MILLONES DE TONELADAS DE PETRÓLEO EQUIVALENTE		PARTICIPACIÓN DEL CONSUMO GLOBAL		CRECIMIENTO
	2005	2030	2005	2030	2005-2030
Biomasa y residuos orgánicos	1.149	1.615	79%	69%	41%
Hidroelectricidad	251	416	17%	18%	66%
Otros	61	308	4%	13%	405%
Mundo	1.461	2.339	100%	100%	60%

Fuente: elaboración propia en base a IEA (2007a).

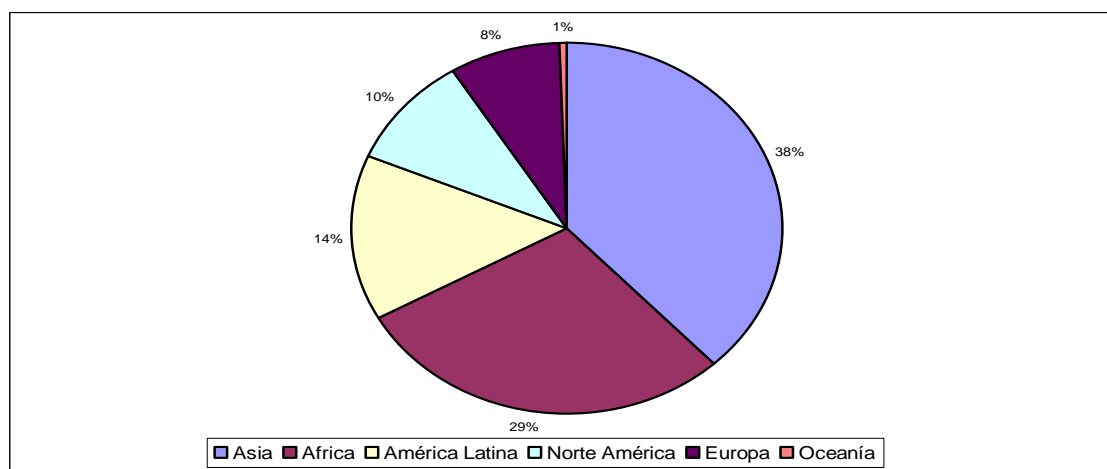
2.7.1 Biomasa y residuos orgánicos

El consumo de biomasa y residuos orgánicos se concentra principalmente en hogares de pocos recursos de los países en desarrollo, en donde es utilizada como leña para cocinar y con fines de calefacción (IEA, 2007a).

Sin embargo, la leña también es usada en países desarrollados. Mientras para el primer caso la utilización de leña es altamente ineficiente y contaminante, para el segundo caso se utilizan tecnologías muy eficientes y ampliamente reguladas con relación a sus emisiones (Overend, 2007).

Si bien la participación de este tipo de consumo tendería a declinar al 2030, principalmente debido al esperado aumento de los ingresos para estos hogares, el uso de la biomasa para la producción de electricidad, en los países desarrollados tendería a aumentar (IEA, 2007a). La Figura Nº 2.6 muestra el consumo de leña por región para 2005.

Figura Nº 2.6: Consumo de leña por región 2005.



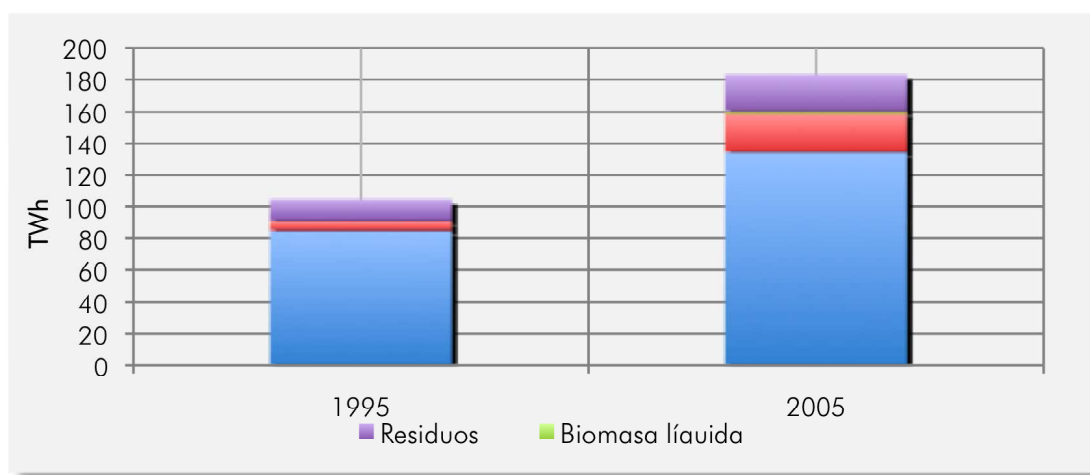
Fuente: elaboración propia en base a Overend (2007).



Después de la leña, el mayor uso energético de la biomasa es para producir electricidad. Por muchos años las empresas procesadoras de biomasa, tales como el azúcar, la madera y la celulosa, han instalado plantas cogeneradoras (calor y electricidad) en sus dependencias.

Además, desde la década de 1970 la construcción de plantas exclusivamente dedicadas a la generación de electricidad ha estado en aumento en diversas regiones del mundo. Más recientemente, mientras algunos países han comenzado a producir electricidad a partir de residuos urbanos y animales, otros lo han hecho a partir de biogas y aceites vegetales (Overend, 2007) (ver Figura N° 2.7).

Figura N° 2.7: Generación de electricidad a partir de biomasa por fuente 1995-2005.

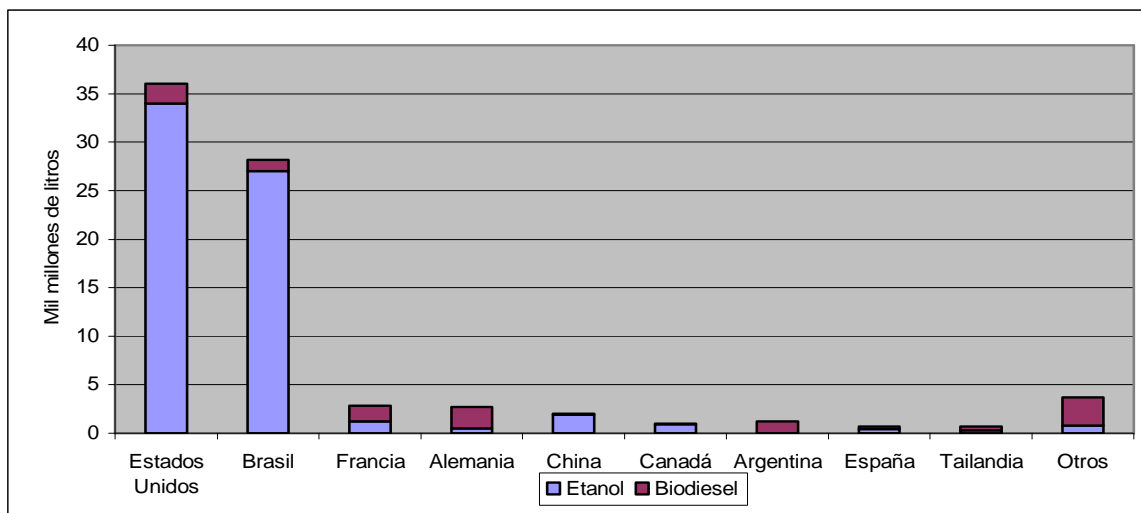


Fuente: elaboración propia en base a Overend (2007).

Por su parte, en 2006 los biocombustibles representaron el 2,5% del consumo total de los combustibles (Overend, 2007). Debido a razones de seguridad energética y sustentabilidad ambiental, se estima que para 2030 esta cifra alcanzaría el 9% (CNE, 2008). La Figura N° 2.8 muestra la producción de etanol y biodiesel por país para 2008.



Figura N° 2.8: Producción de biocombustibles por país en 2008.



Fuente: elaboración propia en base a REN21 (2009).

2.7.2 Hidroelectricidad

En 2005 la hidroelectricidad representó el 16% de la generación eléctrica mundial (IEA, 2007a). Esta fuente seguirá siendo muy importante en el suministro eléctrico y es considerada el más relevante recurso renovable en el corto y mediano plazo para la generación de energía secundaria (CNE, 2008).

En 2006 esta fuente representó el 88% de toda la electricidad generada a partir de fuentes renovables. Si bien se espera que para 2030 la generación de electricidad en base a esta fuente crezca en un 59%, su participación descendería al 14% de la generación eléctrica mundial y al 71% de toda la electricidad generada a partir de fuentes renovables (EIA, 2009) (ver Tabla N° 2.11).

Tabla N° 2.11: Generación de electricidad en base a energía renovable por fuente.

	TWH		PARTICIPACIÓN DEL CONSUMO GLOBAL		CRECIMIENTO
	2006	2030	2006	2030	2006-2030
Hidro	2.997	4.773	88%	71%	59%
Eólica	127	1.214	4%	18%	856%
Geotérmica	55	109	2%	2%	98%
Otras	246	628	7%	9%	155%
Mundo	3.424	6.724	100%	100%	96%

Fuente: elaboración propia en base a EIA (2009).



Si bien la hidroelectricidad se produce en 160 países, cinco países (Brasil, Canadá, China, Rusia y Estados Unidos) concentran más del 50% de la producción (Taylor, 2007). Dado que restan pocos recursos hídricos que explotar en los países desarrollados, se estima que el 75% del crecimiento esperado para 2030 se dará en países en desarrollo (IEA, 2007a).

2.7.3 Otras energías renovables

En 2005 el resto de las fuentes renovables, incluyendo las energías eólica, solar, geotérmica y mareomotriz, representaron el 0,5% del consumo global de energía. Este grupo de fuentes crecería al 2030 más rápidamente que cualquier otra fuente de energía a una tasa del 6,7% anual, especialmente para la generación de electricidad. Sin embargo, su contribución dentro del consumo global de energía para esa fecha seguiría siendo baja, alcanzando el 1,7% (IEA, 2007a).

Lo anterior se debería principalmente a que comienzan con una base de participación muy baja (IEA, 2007a) y a que la mayoría no podría competir económicamente con los combustibles fósiles en la mayoría de las regiones del mundo (EIA, 2009).

De hecho, se estima que su crecimiento sólo sería relevante en los países desarrollados, en los que se espera que los gobiernos fomenten las energías renovables por medio de la introducción de exigentes regulaciones (IEA, 2007a) y la provisión de significativos incentivos económicos (EIA, 2009).

En el año 2004, la potencia eólica instalada alcanzó los 48.000 MW en el mundo, representando el 1% de la capacidad eléctrica instalada total. Por su parte, para el mismo año se generaron 82.000 GWh, equivaliendo al 0,5% de la generación eléctrica global (CNE, 2008).

En la actualidad, más de 80 países poseen instalaciones eólicas comerciales, totalizando 121.000 MW. Con una potencia instalada de 25.000 MW, Estados Unidos es el líder a nivel mundial, seguido por Alemania con 24.000 MW y España con 18.000 MW (REN21, 2009). Para el 2030, se espera que la potencia instalada llegue a 430.000 MW, representando el 5,4% de la capacidad eléctrica mundial (CNE, 2008).

En 2005 la potencia solar fotovoltaica instalada alcanzó los 3.500 MW en el mundo, representando menos del 1% de la capacidad instalada total. A 2008, ésta alcanzó los 13.000 MW. Con una capacidad instalada de 5.400 MW, Alemania es el líder mundial, seguido por España con 3.300 MW y Japón con 1.970 MW.

Por su parte, la capacidad instalada de plantas solares térmicas llegó a 500 MW en 2008, con el 80% de ésta en Estados Unidos y el 20% en España (REN21, 2009). Para 2030 se proyecta que la capacidad instalada global de ambas tecnologías llegue a los 87.000 MW (CNE, 2008).

A su vez, la capacidad solar con fines de calentamiento de agua y calefacción alcanzó los 145 GWth en 2008, con el 70% de ésta en China, el 17% en Europa y el 8% en Turquía (REN21, 2009).



La capacidad instalada geotérmica alcanzó los 10.000 MW en 2008. El líder mundial es Estados Unidos con 5.000 MW (REN21, 2009), seguido por Filipinas con 2.000 MW y México con 1.000 MW (CNE, 2008). Otros países con importantes tasas de crecimiento son Australia, El Salvador, Guatemala, Islandia, Indonesia, Kenia, México y otros (REN21, 2009).

A pesar de que en la actualidad esta energía aporta menos del 1% de la energía mundial, se estima que su potencial para producir electricidad alcanza los 65 GWh anuales (CNE, 2008).

2.8 TENDENCIAS DEL MERCADO GLOBAL DE LA ENERGÍA

2.8.1 Aumento del consumo global

En la actualidad la población mundial consume cerca de 15 terawatts³. Esto se traduce en un mercado global inmenso con un valor anual cercano a los US\$ 6 billones (6¹²), lo que corresponde aproximadamente al 10% del producto económico del mundo (The Economist, 2008).

Para el 2030, se espera un fuerte aumento en el consumo mundial de energía; mientras algunos proyectan un crecimiento del 50% (EIA, 2008), otros estiman que esté será cercano al 66% (Dorian, Franssen, y Simbeck, 2006).

Este aumento será principalmente impulsado por el crecimiento poblacional y la expansión económica de los países en desarrollo. Así, mientras el conjunto de los países de la OCDE aumentarán su consumo energético a una tasa del 0,7% anual, el conjunto del resto de los países lo hará a una tasa del 2,5% anual (EIA, 2008).

Más específicamente, China e India serán los países más relevantes en materia de consumo energético durante las próximas décadas. Mientras en 1980 estos países concentraban el 8% del consumo mundial, se espera que para 2030 esta cifra alcance el 25% (EIA, 2008).

Los combustibles fósiles, incluyendo el petróleo, el carbón y el gas, se mantendrán como las principales fuentes de energía, representando más del 90% del crecimiento esperado en el consumo (Dorian, Franssen, y Simbeck, 2006).

Debido a su relativa abundancia y a sus menores impactos ambientales, el gas natural será el combustible fósil que experimentará un mayor crecimiento. Por su parte, el consumo de petróleo seguirá creciendo, especialmente asociado al aumento global de la demanda del sector transporte.

Si bien las energías renovables también experimentarán un aumento en su consumo, principalmente contribuyendo a la generación de electricidad (Dorian, Franssen, y Simbeck, 2006), su participación dentro del consumo primario mundial seguirá siendo

3 Un terawatt equivale a 1.000 gigawatts, y un gigawatt es la capacidad de las más grandes centrales a carbón (The Economist, 2008).



menor: mientras en 2004 éste correspondía al 7%, se espera que en 2030 llegue al 8% (CNE, 2008).

2.8.2 Concentración y encarecimiento de los combustibles fósiles

Existe un amplio acuerdo entre los especialistas internacionales en que los precios de los combustibles fósiles, especialmente del petróleo y del gas natural, tenderán a aumentar durante las próximas décadas.

A grandes rasgos, esto se explica en función de la combinación de dos situaciones: a) que la demanda global por estos combustibles irá en aumento, principalmente en China e India, y b) que su oferta se irá reduciendo a través del tiempo, principalmente debido a que son recursos no renovables.

A esto se añade el hecho de que se espera que gran parte de la extracción futura de nuevos depósitos sólo será posible mediante el desarrollo de nuevas y más caras tecnologías.

Por ejemplo, la tecnología para extraer el petróleo del enorme yacimiento submarino recientemente descubierto en la costa frente al estado de San Pablo en Brasil, que aparentemente tiene un potencial capaz de convertir a este país en un exportador neto de petróleo, todavía debe ser inventada (Oliver, 2008).

La expectativa de que el precio de estos combustibles irá en aumento se ve reforzada si se considera la creciente tendencia a gravar las emisiones de gases efecto invernadero provenientes de su combustión (Wesley, 2007).

Otro factor relevante del mercado global de combustibles fósiles corresponde a la progresiva concentración de la oferta en pocos países exportadores de relevancia (Jefferson, 2006). Mientras para el caso del petróleo, aproximadamente el 56% de las reservas globales comprobadas están ubicadas en el Medio Oriente, para el gas natural cerca del 75% de las reservas están en el Medio Oriente y Eurasia, con Rusia, Irán y Qatar representando el 57% de las reservas mundiales de gas natural.

Por su parte, si bien las reservas de carbón están geográficamente más distribuidas, el 76% de las reservas globales están ubicadas en cinco países: Estados Unidos, Rusia, China, Australia e India (EIA, 2008).

2.8.3 Inestabilidad política de países proveedores de petróleo

Dado que las reservas de combustibles fósiles, principalmente las de petróleo, tienden a concentrarse en países y regiones políticamente inestables, el consumo de las fuentes proveniente de regiones estables ha sido proporcionalmente más intenso.

Por lo mismo, se espera que en un futuro próximo el abastecimiento mundial de petróleo provenga crecientemente de regiones políticamente inestables (Wesley, 2007). Estas regiones no sólo concentran gran parte de las reservas de petróleo, sino que también están ubicadas lejos de los principales centros de consumo y se encuentran en



zonas de alto riesgo asociado a actividades de piratería en el transporte marítimo (CNE, 2008).

Estos factores afectan la seguridad del abastecimiento del petróleo significativamente. Hace unos años, ello quedó reflejado en el caso de Irán, cuando sus problemas internos causaron una crisis energética que afectó severamente al mercado global del petróleo. Otro ejemplo corresponde a las consecuencias sobre la producción de petróleo de la invasión de Irak en 2003 (Wesley, 2007).

Asumiendo que los principales países exportadores de petróleo no verán un aumento en su estabilidad política y que es poco probable que se descubran nuevas reservas sustanciales en países estables (Wesley, 2007), se espera que aumente la incertidumbre sobre la seguridad de su abastecimiento y que consecuentemente aumente la volatilidad del precio del petróleo (MED, 2004).

2.8.4 Calentamiento global

Al interior de la comunidad científica internacional existe en la actualidad un amplio consenso respecto de los significativos impactos que el calentamiento global está teniendo sobre el planeta. A nivel global, los científicos expertos que integran el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (PICC) concluyó en su Cuarta Evaluación que para fines del siglo XXI la temperatura promedio global podría llegar a aumentar en 3 grados Celsius y que el nivel del mar podría subir hasta 59 centímetros.

Estos cambios en los patrones climáticos afectarán significativamente diversas actividades productivas, tales como la generación de energía, la actividad minera, la agricultura, la actividad forestal, la pesca, la acuicultura y el turismo.

Por su parte, las actividades asociadas al manejo del espacio y los recursos naturales, tales como el desarrollo urbano, la gestión del borde costero, la gestión de desastres naturales y el manejo de los recursos hídricos, también se verán significativamente influidas por estos cambios.

Si bien el clima de la Tierra depende de muchos factores, tales como la concentración atmosférica de aerosoles, la cantidad de energía proveniente del Sol o las propiedades de la superficie terrestre, existe acuerdo de que el aumento notable desde 1750 de las emisiones de gases de efecto invernadero, como el dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄) y el óxido nitroso (N₂O), corresponde a la principal causa del cambio climático. Dentro de estas últimas, las emisiones provenientes de fuentes energéticas constituyen el 65% del total global (Stern, 2007).

De este modo, el sector energético global representa una de las industrias que más esfuerzos deberá hacer para reducir sus emisiones de gases efecto invernadero, incluyendo un aumento importante de la participación de las energías renovables, la expansión de programas asociados a la eficiencia energética, y el uso de tecnologías de carbón con captura y almacenamiento de carbono (CNE, 2008).



En una economía cada vez más globalizada y dependiente del comercio internacional, los países que avancen más rápidamente en estas materias no sólo se beneficiarán de la capacidad para cumplir con los crecientes requerimientos ambientales de los mercados globales, sino que también del valor simbólico de posicionarse como un país “limpio” a nivel mundial.

2.9 REFERENCIAS

- Attanasi, E. D. y Meyer, R. F. 2007. Natural bitumen and extra-heavy oil. En Trinnaman, J y Clarke, A. (eds.) *2007 Survey of Energy Resources*. World Energy Council, London: 119-143.
- Amaroli N. y Balzani, V. 2007. The Future Energy Supply: Challenges and Opportunities. *Agnewandte Chemie*, 46: 52-66.
- Barnes, J., et. al. 2008. The Global Energy Market: Comprehensive Strategies to Meet Geopolitical and Financial Risks—The G8, Energy Security, and Global Climate Issues. En *Baker Institute Policy Report*, 37. Houston.
- BP Statistical, 2008. BP Statistical Review of World Energy June 2008. www.bp.com/statisticalreview.
- Capros, P., Mantzos, L., Papandreou, V. y Tasios, N. 2008. European Energy and Transport: Trends to 2030 — Update 2007. European Commission, Directorate-General for Energy and Transport, Luxemburgo.
- Charbrelie, M.F. 2007. Natural Gas. En *2007 Survey of World Energy Resources*. World Energy Council. London.
- CNE, 2008. Política Energética: Nuevos Lineamientos. Transformando la Crisis Energética en una Oportunidad. Comisión Nacional de Energía, Santiago.
- Copley, C. 2007. Coal. En *2007 Survey of World Energy Resources*. World Energy Council. London.
- Dorian, J. P., Franssen, H. T. y Simbeck, D. R. 2006. Global challenges in energy. *Energy Policy* 34 (15): 1984 – 1991.
- Dyni, J.R. 2007. Oil Shale. En *2007 Survey of World Energy Resources*. World Energy Council. London.
- Egging, R., Holz, F., von Hirschhausen, C., Huppmann, D., Ruester, S. y Gabriel, S. 2008. The World Natural Gas Market in 2030: Calculation of Development Scenarios Using the World Gas Model. Documento presentado en la conferencia “7th Infraday” Berlín, Octubre de 2008.
- EIA, 2008. *International Energy Outlook 2008*. DOE/EIA-0484(2008). Energy Information Administration, Office of Integrated Analysis and Forecasting, U.S. Department of Energy. Washington, DC.
- EIA, 2009. *International Energy Outlook 2009*. DOE/EIA-0484(2009). Energy Information Administration, Office of Integrated Analysis and Forecasting, U.S. Department of Energy. Washington, DC.
- Freese, B., Clemmer, S., y Noguee, A. 2008. *Coal in a Warming World*. The Union of Concerned Scientists. Cambridge.
- Fridleifsson, I.B. y Ragnarsson, Á. 2007. Geothermal. En *2007 Survey of World Energy Resources*. World Energy Council. London.
- Gerling, J.P. 2007. Crude Oil and Natural Gas Liquids. En Trinnaman, J y Clarke, A. (eds.) *2007 Survey of Energy Resources*. World Energy Council, London: 41-53.



- Goswami, D.Y. 2007. Solar. En *2007 Survey of World Energy Resources*. World Energy Council. London.
- Hayward, T. 2009. Global Challenges: Latin American Opportunities. Presentación ofrecida en la conferencia "18th Annual Latin American Energy Conference", Institute of the Americas, La Jolla, California, 12-13 de mayo 2009.
- IEA, 2008a. Worldwide Trends in Energy Use and Efficiency: Key Insights from IEA Indicator Analysis. International Energy Agency. Paris.
- IEA, 2008b. *Key World Energy Statistics 2008*. International Energy Agency. Paris.
- IEA, 2007a. World Energy Outlook 2007. International Energy Agency. Paris.
- IEA, 2007b. *Renewables in Global Energy Supply: An IEA Fact Sheet*. International Energy Agency. Paris.
- Jefferson, M. 2006. Sustainable energy development: performance and prospects. *Renewable Energy* 31 (5): 571 – 582.
- Lior, N. 2008. Energy resources and use: The present situation and possible paths to the future. *Energy* 33: 842–857.
- MED, 2004. Sustainable Energy: Creating a Sustainable Energy System for New Zealand. Ministry of Economic Development. Wellington.
- Milborrow, D. 2007. Wind. En *2007 Survey of World Energy Resources*. World Energy Council. London.
- NEA, 2008. *NEA Annual Report 2008*. The Nuclear Energy Agency of the Organization for Economic Co-operation and Development.
- Oliver, S. 2008. Oil prices and the economic outlook. Oliver's Insights N° 14. AMP Capital Investors. Australia.
- Overend, R.P. 2007. Bioenergy. En *2007 Survey of World Energy Resources*. World Energy Council. London.
- REN21, 2009. Renewables Global Status Report: 2009 Update. Renewable Energy Policy Network for the 21st Century, París.
- Rogner, H. H. 2007. Uranium. En *2007 Survey of World Energy Resources*. World Energy Council. London.
- Rogner, H. H., y McDonald, A. 2007. Nuclear. En *2007 Survey of World Energy Resources*. World Energy Council. London.
- Stern, N. 2007. *The Economics of Climate Change: The Stern Review*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Taylor, R. 2007. Hydropower. En *2007 Survey of World Energy Resources*. World Energy Council. London.
- Teske, S. 2008. Energy [R]evolution: A Sustainable Canada Energy Outlook. Greenpeace International, European Renewable Energy Council (EREC). (<http://www.greenpeace.org/raw/content/canada/en/documents-and-links/publications/energy-revolution-report-2009.pdf>)
- The Economist, 2008. Special report: The Future of Energy. June 19th 2008.
- Wesley, M. 2007. *Power plays: Energy and Australia's security*. Australian Strategic Policy Institute. Barton.
- WNA, 2008. Information Papers. World Nuclear Association. (<http://world-nuclear.org/info/default.aspx>)

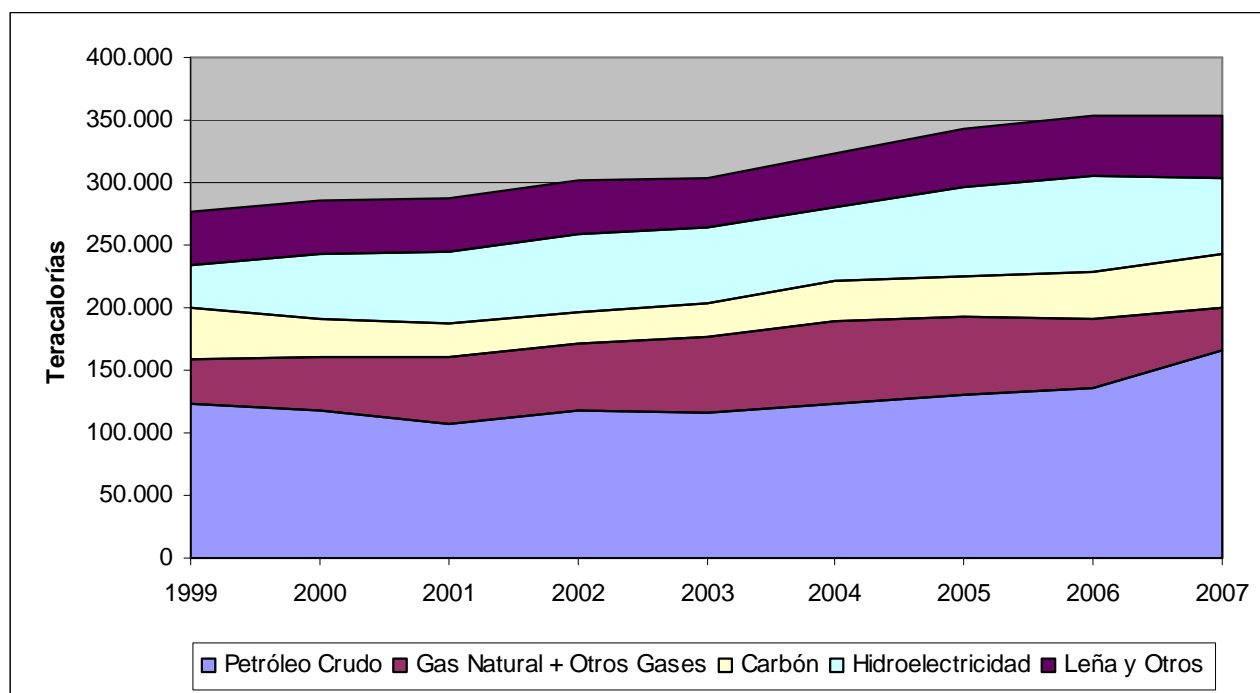


3 PERFIL ENERGÉTICO DE CHILE

3.1 ABASTECIMIENTO Y CONSUMO

Durante las últimas décadas el consumo energético de Chile ha experimentado un importante crecimiento, particularmente en el sector eléctrico. Mientras durante la última década el consumo energético total ha crecido a una tasa del 2,8% anual, el consumo eléctrico lo ha hecho a un ritmo del 6% (CNE, 2008). Chile satisface sus necesidades energéticas de diversas fuentes primarias, como el petróleo, el gas natural, el carbón, la hidroelectricidad, la leña y otros (ver Figura Nº 3.1).

Figura Nº 3.1 Consumo Neto de Energía Primaria.



Fuente: CNE (2007).

En los años 1990, para satisfacer las crecientes necesidades energéticas y en función del agotamiento de los recursos fósiles nacionales, Chile aumentó las importaciones de petróleo, gas natural y carbón.

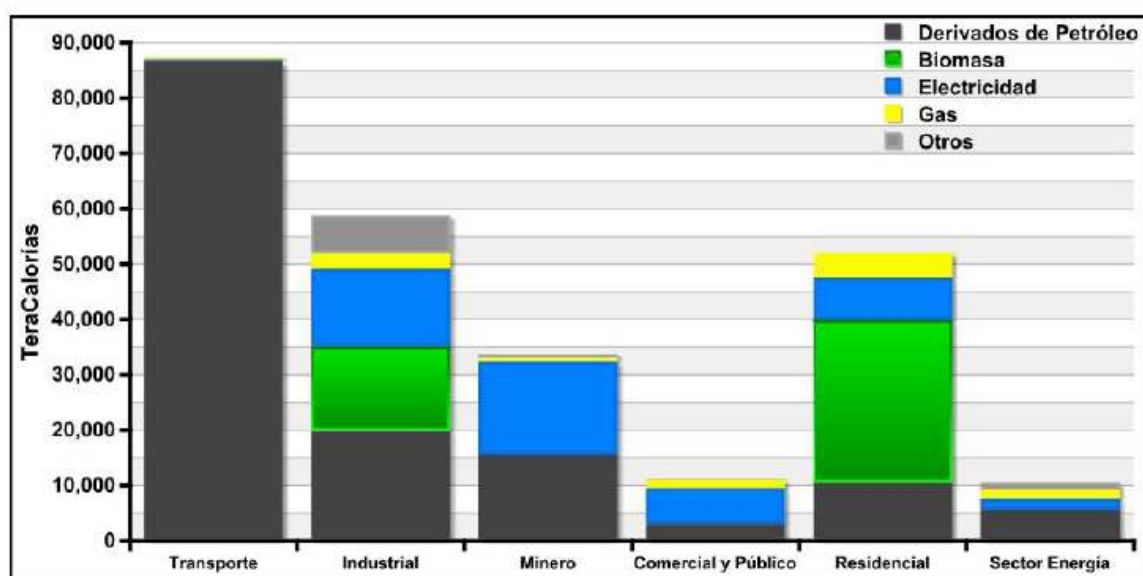
En la actualidad, Chile importa el 72 % de la energía que consume. Mientras aproximadamente el 98,5 % del petróleo consumido es importado, estas cifras alcanzan el 73% para el gas natural y el 88% del carbón (Raineri, 2007). Sólo la hidroelectricidad y la leña son abastecidas domésticamente.

De acuerdo con la CNE (2008), en Chile el consumo final de energía está determinado por cuatro grandes sectores: transporte, industrial, minero y comercial-público-residencial.



El sector transporte es el mayor consumidor de energía, alcanzando el 35% del consumo total, concentrado en un 99% en los derivados del petróleo. Luego sigue el sector comercial-público-residencial, con un 25% del consumo total de energía, en donde la leña corresponde a un 47% del consumo energético total del sector. En tercer lugar está el sector industrial, representando el 23% del consumo total, concentrando el 83% de su consumo en tres fuentes: derivados del petróleo (33%), electricidad (24%) y biomasa (26%). Finalmente, el sector minero constituye el 13% del consumo total, en donde la electricidad corresponde al 50% del consumo total de este sector y los derivados del petróleo al 46% (ver Figura N° 3.2).

Figura N° 3.2: Consumo Final de Energía 2007.



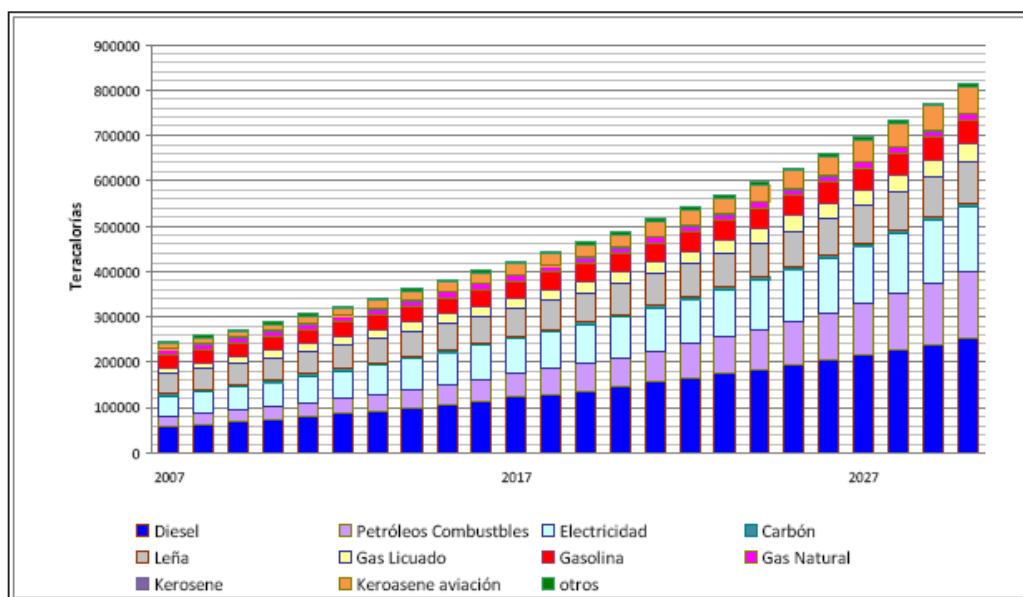
Fuente: CNE (2008).

Proyectando el consumo de energía de Chile al 2030, en base a los patrones de consumo actuales, se estima que éste crecerá a una tasa cercana al 5,4% anual (CNE, 2008). Las fuentes energéticas más relevantes serán el petróleo y sus derivados, la electricidad y la leña. En 2007 estas fuentes representaron el 69% del consumo total y se espera que en 2030 representen el 78% (CNE, 2008), si todo permanece inalterado.

A su vez, se estima que mientras el consumo relativo del petróleo y sus derivados tienda a crecer, el consumo de electricidad y leña disminuya (CNE, 2008) (ver Figura N° 3.3).



Figura N° 3.3: Proyección de Consumo Final de Energía por Tipo de Combustible



Fuente: CNE (2008).

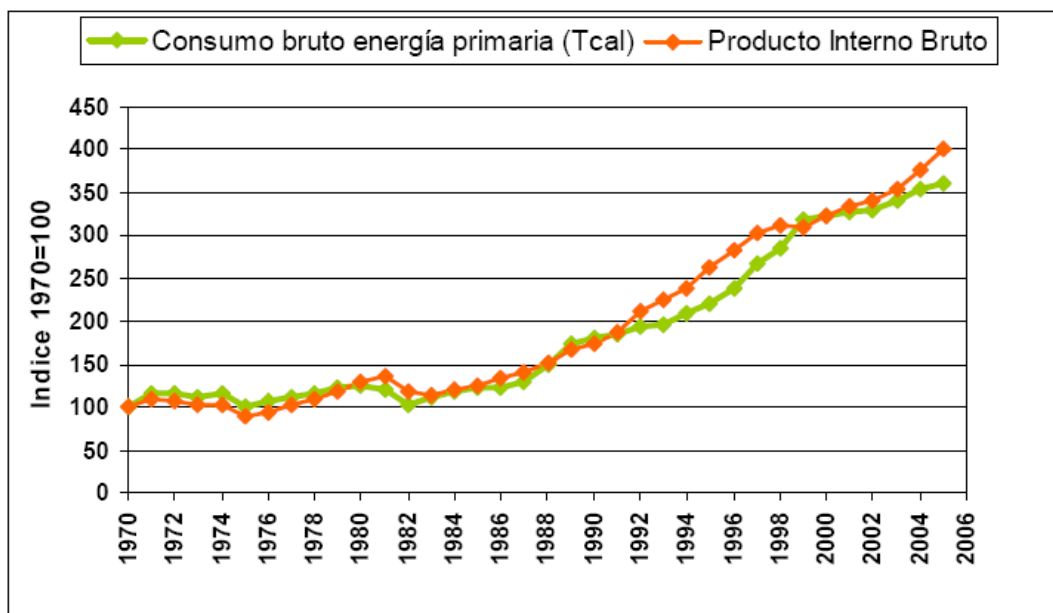
3.2 INTENSIDAD ENERGÉTICA

La intensidad energética es el indicador más común para medir la eficiencia con que los países o áreas de la economía usan la energía. Corresponde a la cantidad total de energía requerida para producir una cantidad determinada de bienes y servicios. Generalmente se calcula a partir del consumo de energía primaria total (medida en Tcal, TJ o TPE) dividida por el valor de PIB (medido usualmente en dólares). Si bien a nivel mundial la intensidad energética ha disminuido en promedio en un 1,5% anual durante las últimas dos décadas, en Chile el crecimiento económico y el del consumo energético no han logrado desacoplarse (Borregaard, 2008).

Al contrario, en Chile la evolución del consumo energético está claramente asociada a la evolución del PIB (Raineri, 2007). La Figura N° 3.4 que sigue refleja esta tendencia de manera gráfica.



Figura Nº 3.4: Consumo de energía y crecimiento económico en Chile.



Fuente: Mellado (2007).

En el año 2007 la intensidad energética de Chile alcanzó una cifra de 0,166 Tep/mil US\$, algo inferior a la intensidad promedio de los países de la OCDE, la que fue de 0,175 Tep/mil US\$ (CNE, 2008).

Si bien esta cifra es alentadora, se debe destacar que desde 1990 el consumo de energía por habitante ha aumentado más rápido en Chile que en cualquier otro lugar de América del Sur. Además, en la actualidad su consumo es el segundo más alto del continente, después de Argentina (CEPAL/OCDE, 2005).

Considerando que el consumo de energía por habitante en Chile es relativamente bajo comparado con regiones de mayor nivel de desarrollo económico, se espera que de mantenerse los actuales patrones de consumo energético en el país, el consumo total de energía tienda a aumentar a medida que la población alcance mayores niveles de ingreso (CNE, 2008).

3.3 EMISIONES DE CO₂

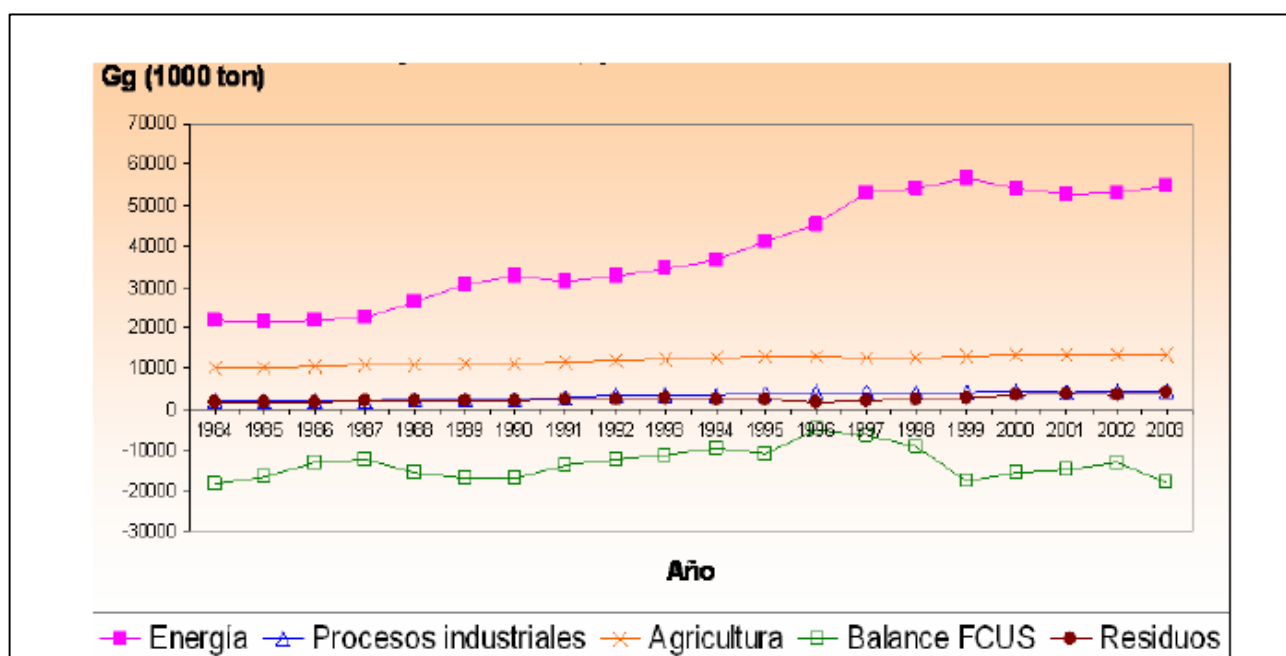
A pesar de que las emisiones de gases de efecto invernadero de Chile representan sólo el 0,23% de las emisiones globales, éstas han venido aumentando sostenidamente durante las últimas décadas. De acuerdo a antecedentes para la elaboración de la segunda Comunicación Nacional, que está en preparación desde el año 2000, entre 1990 y 2006 sus emisiones aumentaron en un 70%.



De hecho, el nivel per cápita de emisiones de CO₂ en Chile ha sido el que más ha aumentado en comparación con el resto de los países latinoamericanos y del Caribe (Vasconi, 2008), y en la actualidad es el más alto de América Latina (O`Ryan, Díaz y Clerc, 2009).

Dentro de este aumento en las emisiones, se destaca el sector energético, ya que es el sector más relevante en materia de emisiones de gases efecto invernadero a nivel nacional (CNE, 2008), emitiendo en 2003 el 71% del total nacional (ver Figura 3.5) y el 79% en 2005. Dentro del sector energético, los mayores emisores son el transporte con el 35% de estas emisiones, la electricidad con el 22% y la industria y la minería con el 21% (O`Ryan, Díaz y Clerc, 2009).

Figura N° 3.5: Emisiones de CO₂ equivalentes en Chile por sector.



Fuente: CNE (2008).

Asumiendo la permanencia de los actuales patrones de consumo energético en Chile, se estima que las emisiones de CO₂ generadas por el sector energético de Chile aumentarán 4,9 veces con respecto a 2005 (O`Ryan, Díaz y Clerc, 2009). Por su parte, debido al incremento esperado en el uso de centrales basadas en carbón para la generación de la electricidad durante los próximos años, se estima que para el año 2020 las emisiones de CO₂ del sector electricidad crezcan en Chile en un 130% (CNE, 2008).



3.4 INDICADORES DE SEGURIDAD ENERGÉTICA

3.4.1 Aspectos generales

El concepto de la seguridad energética se utiliza con frecuencia para justificar diferentes políticas o acciones, aunque éstas sean contradictorias. Las estrategias para aumentar la seguridad energética difieren no sólo en función de la etapa de la cadena energética que privilegian – producción, distribución o consumo –, sino que también con relación a las iniciativas a desarrollar en cada una de ellas.

Por ejemplo, quienes promueven la seguridad energética por medio de iniciativas tendientes a fortalecer la seguridad de la producción, generalmente difieren en sus recomendaciones. Así, mientras unos promueven la construcción de centrales generadoras de electricidad en base a carbón y otros enfatizan construir centrales nucleares, otros recomiendan aumentar la presencia de fuentes renovables (Löschel, Moslener y Rübhelke, 2009).

Por su parte, el concepto de la seguridad energética ha tomado diversos matices a través del tiempo.

En un comienzo el enfoque se concentró en la necesidad de garantizar la estabilidad del abastecimiento de combustibles fósiles entendido como acceso material, incluyendo primeramente el petróleo y luego el gas natural licuado, centrando la atención sobre la diversificación de estas fuentes de suministro.

Debido a que durante las últimas décadas los precios de estos combustibles han sido afectados por intermitentes períodos de volatilidad, se hizo de manifiesto que tener asegurado el acceso material no era suficiente, era necesario también asegurar su asequibilidad. Se puso en evidencia que la seguridad energética también dependía de que este acceso se diera a precios razonables y estables, accesibilidad económica o asequibilidad.

Finalmente, debido al aumento del poder ciudadano en la toma de decisiones durante los últimos años, el que ha bloqueado la materialización de diversos proyectos energéticos en diversos países, muchas caracterizaciones recientes de la seguridad energética indican que la aceptabilidad ambiental corresponde a un factor relevante (Iturre, 2008).

A pesar de la diversidad de significados, usos y matices, en línea con la trayectoria histórica de la noción, en la mayoría de las definiciones actuales de seguridad energética es posible distinguir cuatro elementos comunes:

- Disponibilidad o acceso material
- accesibilidad económica, o asequibilidad
- aceptabilidad ambiental, y
- moderación y eficiencia.



3.4.2 Definiciones e indicadores

3.4.2.1 Disponibilidad

El elemento más mencionado corresponde a la disponibilidad, asociado principalmente a la promoción de la diversificación energética y, secundariamente, al fomento de la independencia energética.

Mientras el énfasis en la independencia proviene de la seguridad asociada a reducir la dependencia de fuentes extranjeras e implica maximizar la satisfacción de la demanda energética en base a fuentes domésticas, el acento en la diversificación es más complejo, tanto en sus raíces como en sus implicancias.

Provieniendo de ideas derivadas de la ecología y las finanzas, la diversificación no sólo implica diversificar la matriz energética y hacer uso de diferentes fuentes de energía, sino que también aumentar el portafolio de proveedores, de modo que ninguna empresa o país exportador tenga controlado el mercado. También implica dispersar la ubicación de las fuentes generadoras, de modo que ningún evento, ataque o falla pueda interrumpir su funcionamiento (Sovacool y Brown, 2009).

3.4.2.2 Accesibilidad económica

El concepto de accesibilidad económica está relacionado con la necesidad de asegurar el acceso a la energía a todos los sectores de la sociedad, especialmente a los de menos recursos, quienes gastan una gran proporción de sus ingresos en la adquisición de servicios energéticos.

Además, la presencia de altos precios energéticos afecta indirectamente el precio de casi todo el resto de los bienes y servicios, ya que la energía puede representar hasta el 15% del costo total en la producción de alimentos, madera, papel, materiales químicos, cemento y otros (Sovacool y Brown, 2009).

3.4.2.3 Aceptabilidad ambiental

Por su parte, el elemento correspondiente a la aceptabilidad ambiental generalmente está asociado a las crecientes demandas por mitigar el calentamiento global, implicando el fomento de fuentes energéticas con bajas emisiones de gases efecto invernadero (Sovacool y Brown, 2009).

Sin embargo, también está relacionado con disminuir la oposición de la ciudadanía, tanto al desarrollo de proyectos energéticos que afectan negativamente la calidad de vida local y/o la biodiversidad, como al uso de combustibles contaminantes (SEF, 2005).

3.4.2.4 Moderación y eficiencia

Finalmente, el énfasis en el elemento correspondiente a moderar la intensidad del uso de energía y a hacerlo más eficiente reside en que apunta a reducir el consumo de energía, aspecto crucial para la seguridad energética.



Además este elemento no sólo mitiga los impactos asociados a cambios bruscos en los precios de la energía o a problemas con su abastecimiento, sino que también reduce los costos y los impactos ambientales del abastecimiento energético. Por ello, es común que sea interpretado como el camino más efectivo para aumentar la seguridad energética (Pachauri, 2007).

3.4.2.5 Indicadores

Si bien un análisis basado en el uso de indicadores necesariamente descansa en una serie de simplificaciones, los indicadores que a continuación se detallan proveen un marco que permite evaluar de manera sistemática la seguridad energética asociada a los probables escenarios energéticos considerados por este estudio. Estos han sido seleccionados en consideración de su relevancia para el caso nacional y facilidad de uso.

Con respecto a la disponibilidad o acceso material, mientras el indicador más representativo de la diversificación energética es la diversidad de fuentes energéticas, el indicador más representativo de la independencia energética es el nivel de importación (Childs et al., 2009).

Con relación a la accesibilidad económica o asequibilidad, se utilizan el precio de la gasolina que enfrentan los consumidores y el precio de la electricidad residencial (Sovacool y Brown, 2009).

Para evaluar la aceptabilidad ambiental se utilizarán dos indicadores: emisiones de CO₂ y emisiones de PM₁₀.

Finalmente, con respecto a la moderación y eficiencia es común usar como indicadores la intensidad energética y el consumo energético per cápita (Sovacool y Brown, 2009). La Tabla N° 3.1 resume esta información.

Tabla N° 3.1: Indicadores de la seguridad energética.

Criterio	Indicadores
Disponibilidad	<ul style="list-style-type: none">○ Diversidad de fuentes energéticas○ Nivel de importación
Accesibilidad económica	<ul style="list-style-type: none">○ Precio de la gasolina○ Precio de la electricidad residencial
Aceptabilidad ambiental	<ul style="list-style-type: none">○ Emisiones de CO₂○ Emisiones de PM₁₀
Moderación y eficiencia	<ul style="list-style-type: none">○ Intensidad energética○ Emisiones de CO₂ per cápita



3.4.3 Análisis de la situación nacional

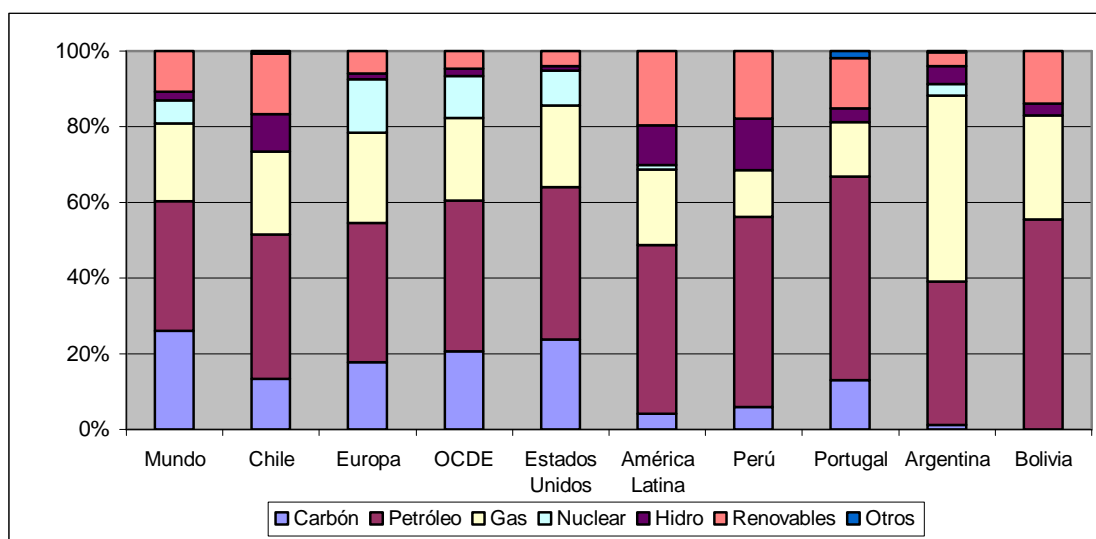
3.4.3.1 Disponibilidad

De acuerdo con la Agencia Internacional de la Energía, en 2006 el consumo primario energético de Chile presentó la siguiente distribución: petróleo 38%, gas 22%, renovables 16%, carbón 13%, hidroelectricidad 10% y otros 1%.

Si se le compara con la situación de otras regiones y países, en términos generales se puede afirmar que Chile posee una matriz energética razonablemente diversa (ver Figura N° 3.6).

De hecho, aplicando el indicador HHI de diversidad energética, de las regiones y países analizados, sólo el mundo en su totalidad presenta un nivel de diversidad de fuentes mayor que Chile.⁴

Figura N° 3.6: Consumo energético primario 2006 por fuente.



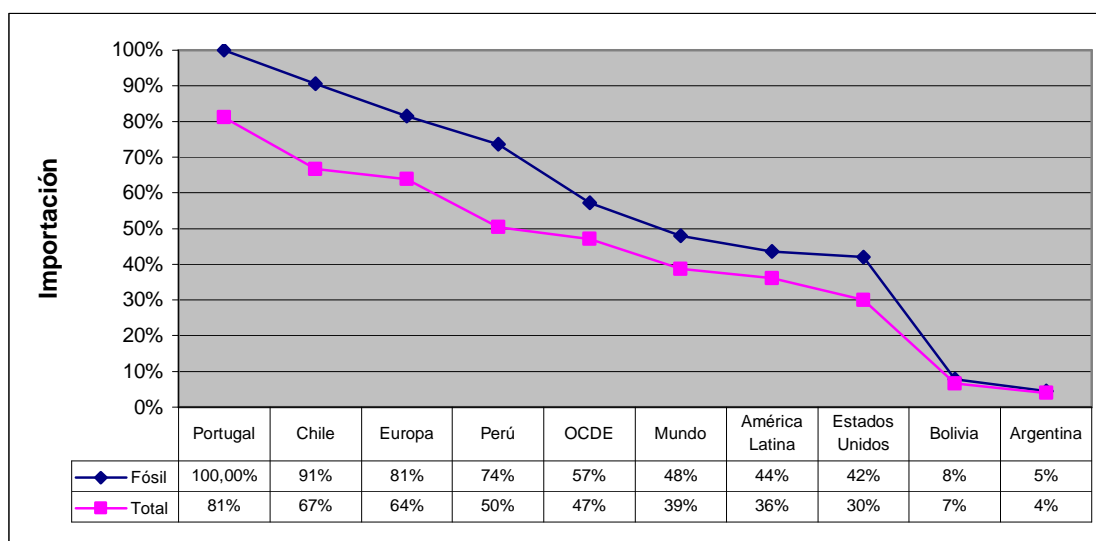
Fuente: Estadísticas de la Agencia Internacional de la Energía
(<http://www.iea.org/Textbase/stats/index.asp>)

Sin embargo, Chile presenta altísimos niveles de importación de energía. De acuerdo con la Agencia Internacional de la Energía, en 2006 Chile importó el 100% del petróleo que consumió, el 91% del carbón y el 74% del gas. Tomados en su conjunto, durante el mismo año Chile importó el 91% de los combustibles fósiles y el 67% de toda la energía que consumió, ubicándose por sobre todas las regiones y países analizados, excepto Portugal. La Figura N° 3.7 refleja esta información.

⁴ El indicador HHI, o el Herfindhal-Hirschman index, se obtiene de la siguiente fórmula: $D = \sum (p_i)^2$, en donde p_i representa la participación de la fuente i en la matriz energética. Así, a menor valor de D , mayor es la diversidad de la matriz energética.



Figura N° 3.7: Importación de energía 2006.



Fuente: Estadísticas de la Agencia Internacional de la Energía (<http://www.iea.org/Textbase/stats/index.asp>)

3.4.3.2 Accesibilidad económica

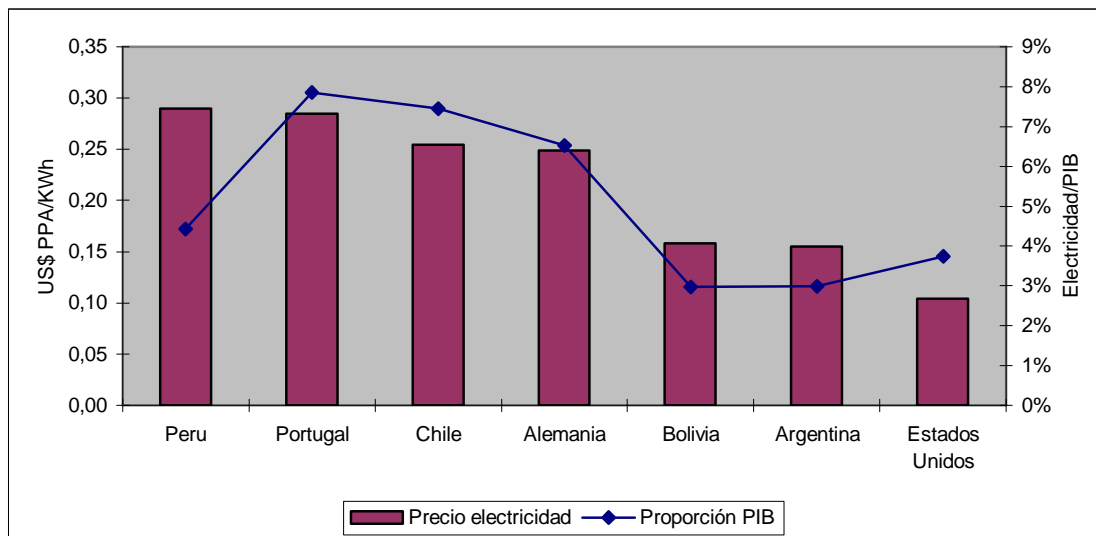
De acuerdo con la Administración de Información de Energía de Estados Unidos, en 2006 la tarifa residencial promedio de la electricidad en Chile fue de 0,14 US\$/kWh usando como base la paridad cambiaria. Convirtiendo este monto de acuerdo al Poder de Poder Adquisitivo utilizado por la Agencia Internacional de Energía, su valor alcanza 0,25 US\$/kWh.⁵

Si se compara este valor con el de otros países, en términos generales se puede afirmar que en Chile la electricidad residencial es cara. De hecho, de los países analizados, sólo Perú y Portugal presentan tarifas superiores. Es más, si se analiza el gasto en electricidad con respecto al PIB, en Chile esta cifra correspondió a 7,45% en 2006, valor sólo superado por Portugal dentro de los países analizados (ver Figura N° 3.8).

⁵ La Paridad de Poder Adquisitivo (PPA) es la tasa de conversión monetaria que equipara el poder adquisitivo de diferentes monedas. De este modo, una cantidad determinada de dinero expresada en otras monedas usando las tasas PPA compra la misma canasta de bienes y servicios en todos los países. En otras palabras, las tasas PPA eliminan las diferencias de precio entre distintos países.



Figura N° 3.8: Tarifa residencial promedio de la electricidad y relación con el PIB 2006.



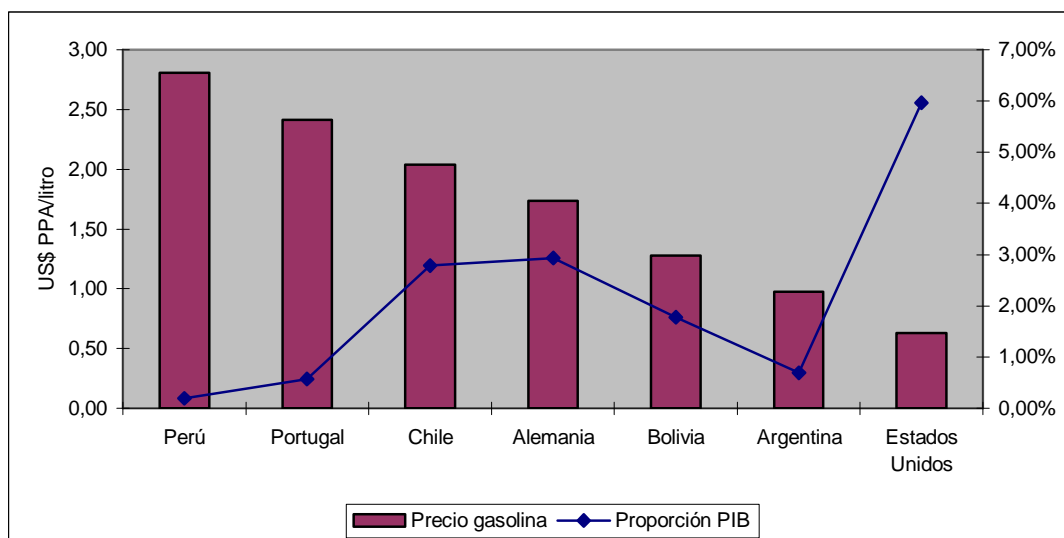
Fuente: elaboración propia a partir de Energy Information Administration (<http://www.eia.doe.gov/emeu/international/elecprh.htm>) y Estadísticas de la Agencia Internacional de la Energía (<http://www.iea.org/Textbase/stats/index.asp>)

Por su parte, de acuerdo Administración de Información de Energía de Estados Unidos, en 2006 el precio promedio de la gasolina sin plomo en Chile fue 1,09 US\$/litro usando como base la paridad cambiaria. Convirtiendo este monto de acuerdo al Poder de Poder Adquisitivo utilizado por la Agencia Internacional de Energía, su valor alcanza 2,04 US\$/litro.

De manera similar al caso de la electricidad residencial, si se compara con el precio de otros países, a grandes rasgos se puede afirmar que en Chile la gasolina es cara. De los países considerados, sólo Perú y Portugal presentan precios superiores. Asumiendo que toda la gasolina consumida en estos países fue sin plomo, el gasto en esta materia correspondió al 2,79% del PIB en Chile, cifra sólo superada por Portugal (ver Figura N° 3.9).



Figura N° 3.9: Precio consumidor gasolina corriente y relación con el PIB 2006.

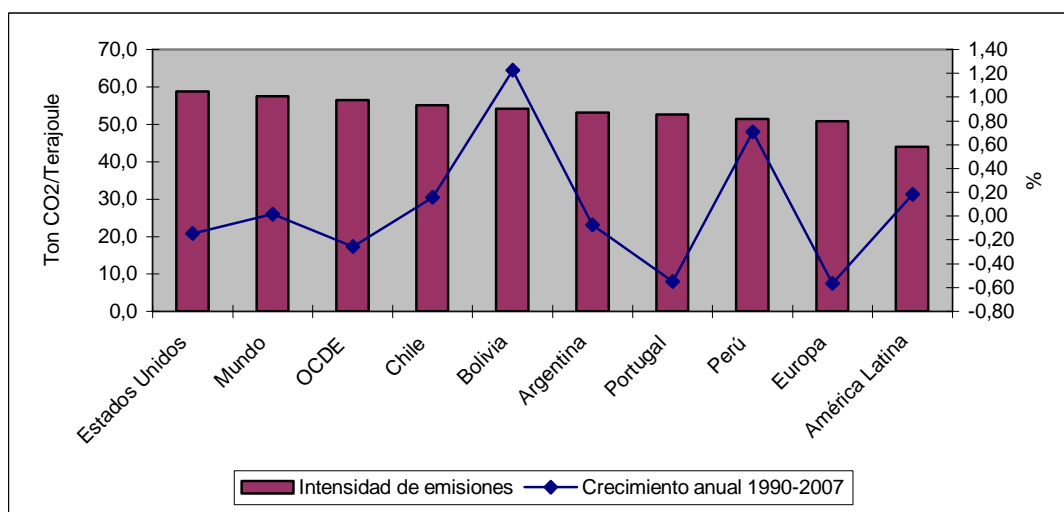


Fuente: elaboración propia a partir de Energy Information Administration (<http://www.eia.doe.gov/emeu/international/elecprh.htm>) y Estadísticas de la Agencia Internacional de la Energía (<http://www.iea.org/Textbase/stats/index.asp>)

3.4.3.3 Aceptabilidad ambiental

De acuerdo con la Agencia Internacional de la Energía, en 2007 Chile emitió 55 ton de CO₂ por Terajoule de energía generado. Si se compara con otras regiones y países, se puede afirmar que la intensidad de emisiones de CO₂ no es alta en Chile, situándose por debajo del promedio mundial, de Estados Unidos y de la OCDE. A su vez, de acuerdo a la misma fuente, entre 1990 y 2007 en Chile este índice creció a una tasa del 0,16% anual, más rápidamente que en los países desarrollados y que en Argentina (ver Figura 3.10).

Figura N° 3.10: Intensidad de emisiones de CO₂ en generación de energía 2007.

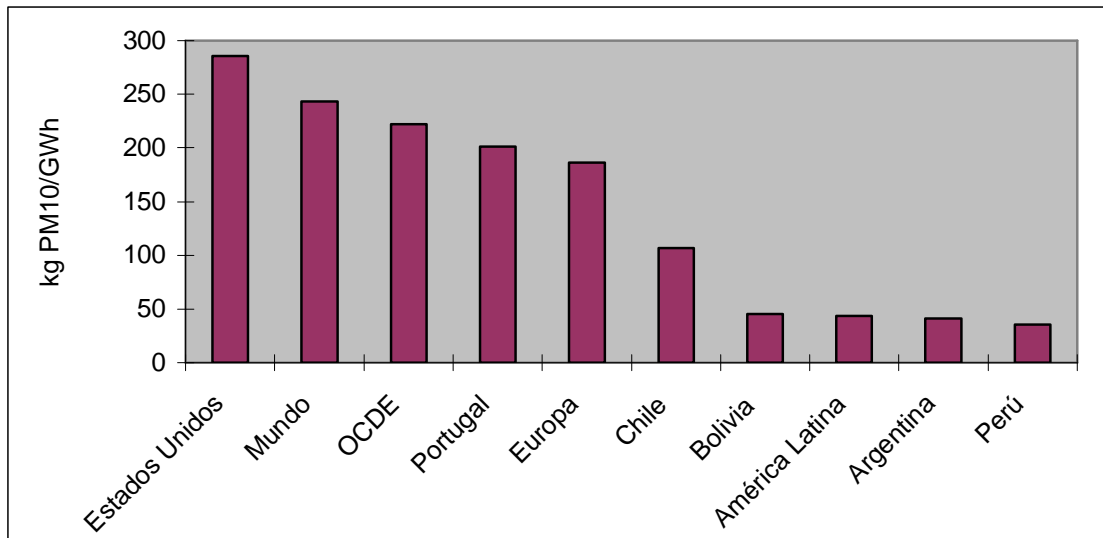


Fuente: Elaboración propia a partir de Estadísticas de la Agencia Internacional de la Energía (<http://www.iea.org/Textbase/stats/index.asp>)



En función de la composición de la matriz de generación eléctrica nacional, y de datos provenientes de Koch (2001) y Haines (2008), se puede apreciar que en 2006 Chile emitió 107 kilos de PM10 por GWh de generación eléctrica. Esta cifra indica que si bien la intensidad de emisión de PM10 para la generación de electricidad en Chile es baja en comparación con los países más desarrollados, es alta con respecto a los países de la región considerados (ver Figura N° 3.11).

Figura N° 3.11: Emisiones de PM10 en la generación de electricidad 2006.



Fuente: elaboración propia en base a (Koch, 2001), Haines (2008) y Estadísticas de la Agencia Internacional de la Energía (<http://www.iea.org/Textbase/stats/index.asp>)

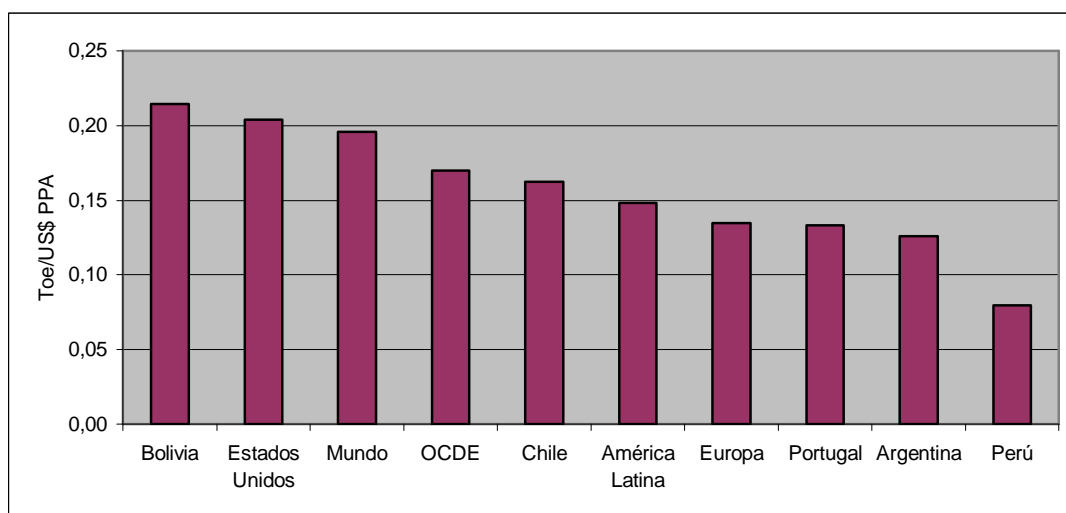
3.4.3.4 Moderación y eficiencia

De acuerdo con la Agencia Internacional de Energía, por cada dólar de Producto Interno Bruto (PIB), ajustado de acuerdo al Poder de Poder Adquisitivo (PPA), 2006 Chile tuvo un consumo primario de energía de 0,16 toneladas de petróleo equivalente.

Dentro de los países y regiones analizados, estas cifras ubican a Chile en lugar intermedio en materia de intensidad energética. Mientras Bolivia, Estados Unidos, el mundo y la OCDE presentan cifras superiores, América Latina, Europa, Portugal, Argentina y Perú presentan cifras inferiores (ver Figura N° 3.12).



Figura N° 3.12: Intensidad energética 2006

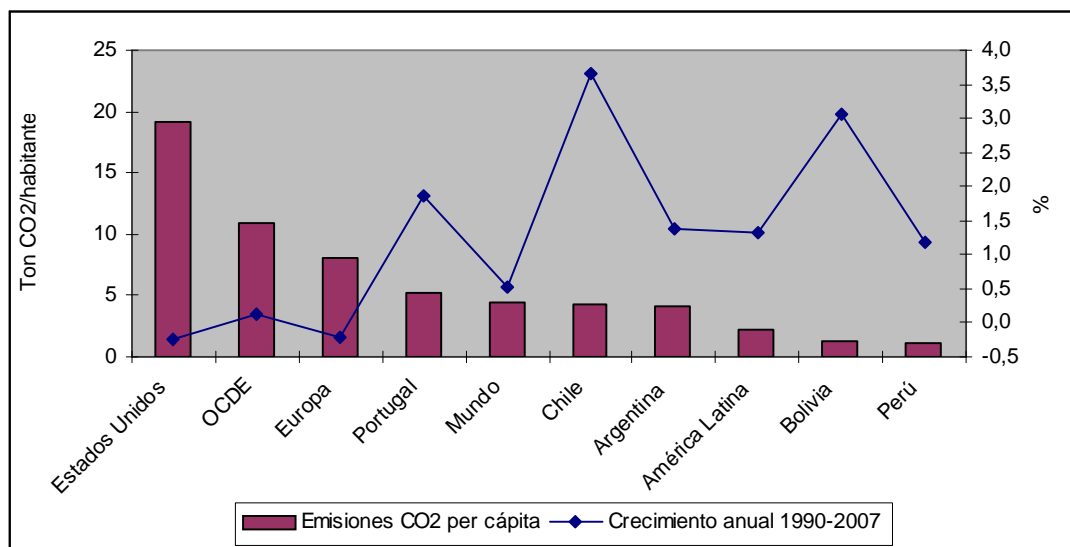


Fuente: Estadísticas de la Agencia Internacional de la Energía (<http://www.iea.org/Textbase/stats/index.asp>)

Por su parte, de acuerdo con la Agencia Internacional de Energía, en 2007 Chile emitió 4,3 toneladas de CO₂ per cápita. En comparación con las regiones y países analizados, esto ubica a Chile en un lugar intermedio, debajo de los más desarrollados y por sobre el resto de los países de América Latina.

Sin embargo, si se considera el crecimiento anual experimentado por este índice entre 1990 y 2007, Chile presenta la cifra más alta de todas, aspecto claramente inquietante (ver Figura N° 3.13).

Figura N° 3.13: Emisiones de CO₂ per cápita



Fuente: Estadísticas de la Agencia Internacional de la Energía (<http://www.iea.org/Textbase/stats/index.asp>)



3.4.4 Resumen

En función de los antecedentes revisados, y de las comparaciones efectuadas, Chile enfrenta importantes desafíos en materia de seguridad energética.

En términos generales, el aspecto peor evaluado corresponde a la accesibilidad económica, ya que tanto los precios de la gasolina y de la electricidad residencial como su proporción del PIB son altos a nivel internacional.

Otro aspecto mal evaluado es la moderación y la eficiencia, principalmente debido al enorme crecimiento de las emisiones de CO2 per cápita experimentado por Chile desde 1990.

Si bien el aspecto asociado con la disponibilidad es inquietante con relación al nivel de importación energética, este se ve moderado en función de una razonable diversidad de la matriz energética nacional.

Finalmente, en términos ambientales, Chile presenta niveles intermedios en materia de emisiones de CO2 y de PM10. La Tabla N° 3.2 resume esta información.

Tabla N° 3.2: Evaluación de la seguridad energética en Chile

CRITERIO	INDICADORES	EVALUACIÓN
Disponibilidad	<ul style="list-style-type: none"> ○ Diversidad de fuentes energéticas ○ Nivel de importación 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Alta ○ Baja
Accesibilidad económica	<ul style="list-style-type: none"> ○ Precio de la gasolina ○ Precio de la electricidad residencial 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Baja ○ Baja
Aceptabilidad ambiental	<ul style="list-style-type: none"> ○ Emisiones de CO2 ○ Emisiones de PM10 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Medio ○ Medio
Moderación y eficiencia	<ul style="list-style-type: none"> ○ Intensidad energética ○ Emisiones de CO2 per cápita 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Medio ○ Baja

Fuente: Elaboración propia.

3.5 REFERENCIAS

- APERC, 2006. APEC Energy Demand and Supply Outlook 2006. Asia Pacific Energy Research Centre, Tokyo. Borregaard, N. 2008. Eficiencia Energética en Chile: Menos es más. Observatorio Económico 27: 1 – 8.
- Childs, B., Ladislav, S., Zyla, K y Goodward, J. 2009. Evaluating the Energy Security Implications of a Carbon-Constrained U.S. Economy. Center for Strategic and International Studies and World Resources Institute, Washington, DC. (http://csis.org/files/media/csis/pubs/090130_evaluating_energy_security_implications.pdf)
- CNE, 2007. Balance de Energía 2007. Comisión Nacional de Energía, Santiago.
- CNE, 2008. Política Energética: Nuevos Lineamientos. Transformando la Crisis Energética en una Oportunidad. Comisión Nacional de Energía, Santiago.
- Haines, A. 2008. Energy, climate change, health and the urban environment. ICSU & IIASA Workshop, Laxenburg, Austria, January 24. (<http://www.iiasa.ac.at/Research/HGC/workshops/presentations/haines.pdf>)



- Iturre, M. J. 2008. El debate sobre la seguridad y los límites de la seguridad energética. *Revista Electrónica de Estudios Internacionales* 15: 1-25.
- Koch, F. H. 2001. Hydropower – Internalised costs and externalised benefits. En *Externalities and Energy Policy: The Life Cycle Analysis Approach*. OECD, Paris: 131-140.
- Löschel, A., Moslener, U. y Rübhelke, D. T. G. 2009. Energy security – concepts and indicators. *Energy Policy*, doi:10.1016/j.enpol.2009.03.019
- 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. Programa de Gestión y Economía Ambiental, Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de Chile. Santiago.
- Pachauri, R. K. 2007. Addressing the challenge of energy security. Asian Development Bank. (<http://www.adb.org/Documents/Reports/Consultant/TAR-IND-4066/Energy/pachauri.pdf>)
- PNUD, 2007. Informe sobre Desarrollo Humano 2007-2008. La lucha contra el cambio climático: Solidaridad frente a un mundo dividido. Programa de la Naciones Unidas para el Desarrollo, Nueva York.
- Raineri, R. 2007. Chronicle of a Crisis Foretold: Energy Sources in Chile. *IAEE Newsletter Fourth Quarter*: 27 – 30.
- SEF, 2005. A Framework for a Sustainable Energy Future for New Zealand. Sustainable Energy Forum, Wellington. (http://www.sef.org.nz/papers/NZ_Energy_Framework_1sept.pdf)
- Sovacool, B. K. y Brown, M. A. 2009. Competing Dimensions of Energy Security: An International Perspective. Working Paper #45. School of Public Policy, Georgia Institute of Technology. Atlanta.
- Vasconi, P. 2008. Chile y el Calentamiento Global: Una mirada desde la política pública. Terram Publicaciones, Santiago.



4 ALTERNATIVAS FUTURAS DE ABASTECIMIENTO ENERGÉTICO

4.1 INTRODUCCIÓN

En Chile, la persistencia de estrategias basadas en la expansión física del sistema energético ha actuado en detrimento de un desarrollo que promueva la calidad y el uso racional de la energía.

Este sesgo hacia la expansión física del sistema energético nacional es uno de los rasgos más destacados del perfil energético chileno. En otras palabras, ha primado hasta ahora una política que privilegia la oferta por sobre políticas conducentes a orientar la demanda y fomentar el uso eficiente de la energía, lo que explica en buena parte las dificultades en el suministro de energía.

Lo anterior se refleja en que a medida que en Chile crece la producción, el consumo de energía aumenta aproximadamente al mismo ritmo. En los países desarrollados, en general, sucede lo contrario, especialmente en los países de la OCDE, organización a la que Chile espera adherir a fines del presente año 2009.

En la mayoría de estos países, mientras crece el producto, aunque a ritmos modestos, disminuye el consumo de energía. Pese a lo anterior, han persistido en el país enfoques que matizan este punto.

Se sostiene que dados los aún bajos consumos y cobertura de servicios energéticos per cápita de Chile, comparados a los de los países desarrollados, y considerando el ritmo de crecimiento del producto y de la escasa intensidad energética de ciertas actividades, el consumo nacional debería aumentar. En resumen, se espera que esta estrecha relación entre energía y producto se mantenga.

Tal argumento es sólo parcialmente verdadero. Lo que se quiere destacar en esta comparación con los países desarrollados es que si bien el consumo energético debe aumentar por las razones esgrimidas, no necesariamente éste debe hacerlo bajo los patrones actuales de consumo. Dicho de otra forma, es posible y necesario que las políticas públicas favorezcan un consumo per cápita más eficiente.

Un estudio elaborado en el año 2004 estimó que de haberse aplicado programas de uso eficiente de la energía eléctrica en Chile desde principios de los años 1990, similares a aquellos implementados por los países desarrollados, y suponiendo una disminución del 1,5 por ciento de la intensidad energética al año, en el período 1990 - 2002 se podría haber logrado una reducción del 17% del consumo de energía, volumen equivalente a todo el consumo de energía del año 2001 (Santiago Consultores, 2004).

A las elevadas potencialidades que se derivan de la aplicación de medidas ligadas al uso eficiente de la energía, se suman aquellas que asociadas a la adopción de mecanismos que estimulen el desarrollo de las energías renovables (ER) y en particular de las energías renovables no convencionales (ERNc).



En el caso de estas últimas, sólo en ciertos casos u opciones tecnológicas se ha logrado estimar potencialidades para la elaboración de antecedentes, estudios e información que permitan precisar el potencial aporte de éstas a la matriz energética nacional⁶.

En función de estos antecedentes, este capítulo despliega un modelo econométrico que permite la construcción de escenarios probables de desarrollo energético nacional al 2030.

Luego de levantar, analizar y sistematizar información relevante a nivel nacional para el período 1977 – 2007, se proyecta la demanda energética nacional al 2030 asumiendo un comportamiento tendencial en las principales variables explicativas del modelo.

Finalmente, se elabora de manera preliminar dos probables escenarios de desarrollo energético al 2030, en donde los avances de la eficiencia energética y de las energías renovables no convencionales (ERNC) han de jugar un papel crucial.

4.2 PROYECCIONES DE LA DEMANDA DE ENERGÍA PARA EL PERÍODO 2008 – 2030

4.2.1 Antecedentes generales

Estimar la demanda futura de energía en Chile resulta un ejercicio sembrado de dudas y dificultades. Si bien es una tarea que le corresponde al Estado, con posterioridad a la liberalización del sector a principio de los años ochenta no se conoce ejercicio alguno de este tipo que supere el mediano plazo (10 años) en Chile.

Una de las razones para esta carencia parece ser el énfasis depositado en el mercado como agente orientador del sector, desestimándose la actividad planificadora en base al desarrollo y la aplicación de herramientas o instrumentos estadísticos que permitan estimaciones y propuestas rigurosas respecto del mediano y largo plazo.

El largo plazo para el sector energético chileno, y en particular para los que han sido sus responsables, sólo recientemente está cobrando seriedad, principalmente debido a la reciente judicialización de los grandes proyectos eléctricos y al progresivo interés por los desafíos y problemas ambientales, entre los cuáles se destaca el calentamiento global⁷.

Estas cuestiones no sólo han puesto de manifiesto las crecientes dificultades que el sector enfrenta para su expansión y la necesidad de que estos problemas o barreras sean considerados con un nivel de prioridad similar al de la seguridad de suministro, sino que también han alimentado cuestionamientos al tipo de desarrollo energético seguido hasta hoy, basado preeminentemente en la expansión física del sistema.

6 Ver CNE (2008), CNE (2004), Universidad de Chile (2003) y Maldonado, Pontt, et. al. (2008).

7 A la lista de problemas ambientales relacionados con el sector energético también se puede añadir la combustión de leña como responsable directo en la declaración de zonas saturadas o latentes y ligadas al PM10 y PM2,5, la creciente participación de las fuentes móviles (automóviles catalíticos incluidos) en la generación de NOx y el ozono troposférico, y la creciente responsabilidad de las centrales generadoras de electricidad a carbón, diesel o gas natural en la contaminación atmosférica de ciertas cuencas.



Pese a ciertos cambios de actitud respecto del mediano y largo plazo energético en estos últimos años, las fuentes de información y de estadísticas provenientes de monitoreos o series de tiempo (físicas, económicas o de otro tipo) son escasas y no presentan un nivel de calidad adecuado.

Esta situación dificulta el desarrollo de un análisis riguroso no sólo del largo plazo sino incluso del estado de arte respecto de cuánta energía se produce, se consume o se pierde. Tampoco respecto de quién o qué procesos son los responsables del peor o mejor uso y consumo de la energía a nivel nacional, regional y sectorial.

El trabajo que a continuación se ofrece no soslaya las consideraciones previamente señaladas ni sus metodologías ni resultados escapan a la carencia de medios consignada. Así, en estricto rigor el ejercicio desarrollado a continuación no constituye un trabajo econométrico puro.

Su propósito, ergo, es dar lineamientos básicos y esenciales respecto de la aplicación de políticas de uso eficiente de la energía (UEE) y de fomento a las fuentes renovables (FRE) para lo cual se requiere el establecimiento de ciertos escenarios de consumo de energía al 2030 con órdenes de magnitud razonables y comprensibles⁸.

Para fines de proyección, se ha privilegiado una modelación simplificada y la utilización de variables conocidas de fácil proyección pese a sus limitaciones. Debido a que lo anterior implicó sacrificar aspectos de rigurosidad estadística, este estudio está conciente de que los resultados de este ejercicio son genéricos y discutibles.

4.2.2 Especificación del modelo econométrico utilizado y metodología utilizada

La demanda de energía, como demanda derivada de los hogares y empresas, está asociada tanto a la cantidad de bienes que requieren energía para operar como a la intensidad de su uso.

La cantidad de bienes existentes son el resultado de decisiones de largo plazo de los agentes. Esto supone que la adaptación del stock de bienes ante cambios en el precio de la energía, ingreso u otra variable relevante no sea un proceso instantáneo y que la demanda por los distintos tipos de energía que de ellos deriva contenga efectos rezagados importantes.

Por otra parte, en el corto plazo, el ajuste del consumo de energía ante cambios en las variables relevantes (precio o ingreso) que afecten la producción y/o el uso de bienes durables que demandan energía se realiza a través del aumento o disminución en la intensidad de uso de estos bienes.

Atendiendo a estos dos factores, cantidad de bienes durables y la intensidad de uso que se da a estos bienes, un modelo satisfactorio de demanda por energía debe reflejar:

⁸ El trabajo de estimación de potencialidades de uso eficiente de la energía es algo similar e incluso más simple metodológicamente que lo propuesto en esta parte del estudio, utilizándose "estimaciones adecuadas del crecimiento económico para el futuro de mediano plazo", y una "estimación de la elasticidad de la energía con respecto al PIB para obtener el crecimiento global de la demanda de energía en el país" (PRIEN, 2007).



- efectos de ajuste lentos reflejados por la aparición de rezagos en la demanda por energía;
- elasticidades de corto y largo plazo que reflejen las respuestas de corto plazo en cuanto a la intensidad de uso del stock dado de bienes durables, y del cambio de ese stock como efecto del largo plazo; y,
- elasticidades-precio cruzadas que reflejen la sustitución de un tipo de energía por otro.

Por estas razones el modelo econométrico apropiado para representar este comportamiento corresponde al modelo de "Ajuste Parcial con Rezagos Distribuidos". Este modelo plantea la existencia de una demanda de largo plazo, determinada principalmente por el Ingreso, el Precio y el Precio del principal recurso sustituto, es decir:

$$Dt^* = f(\text{Ingreso}, \text{Precio}, \text{Precio sustituto})$$

El problema de la especificación de largo plazo es que, como se mencionó, no es observable directamente, puesto que el stock de bienes consumidores de energía, así como los procesos productivos asociados a esto, no son necesariamente iguales a los deseados para un momento dado, debido a los costos que involucra su rápida adaptación.

Sin embargo, para los consumidores, familias y empresas, también posee un costo el hecho de estar fuera de esta adaptación, es decir manteniendo un nivel de consumo no sostenible en el largo plazo ante los valores que posean las variables Ingreso y Precios en el presente.

Así, el cambio en la demanda entre dos períodos se representaría como:

$$Dt - Dt-1 = a (Dt^* - Dt-1)$$

donde:

Dt: Demanda real de energía en el período t.

Dt*: Demanda deseada o de largo plazo para el período t.

Dt-1: Demanda real del período inmediatamente anterior a t.

De esta manera la hipótesis de ajuste parcial conduce a representar el cambio en el consumo de energía en forma proporcional a la brecha que existe entre la demanda deseada de largo plazo y el consumo anterior:

$$Dt = a Dt^* + (1-a) Dt-1$$

Reemplazando la función de demanda de largo plazo en la ecuación anterior se obtiene la ecuación en base a usar en el estudio de estimaciones de demanda por energía:



$$D_t = a f (\text{Ingreso}_t, \text{Precio}_t, \text{Precio sust.}_t) + (1-a) D_{t-1}$$

que se expresa como:

$$D_t = B_0 + B_1 P_t + B_2 P_{\text{sust.}t} + B_3 I_t + B_4 D_{t-1}$$

donde:

P_t : precio en el período t

$P_{\text{sust.}t}$: precio del bien sustituto en el período t

I_t : ingreso en t

D_{t-1} : demanda del período anterior.

D_t : demanda en el período t .

De esta forma, a través del uso de la demanda rezagada como variable explicativa, el modelo permite capturar para la demanda presente el efecto de cambios en el Ingreso o en los precios ocurridos en períodos anteriores, asignándoles una ponderación decreciente en el tiempo.

Las series, al estar expresadas en logaritmo natural, permiten obtener elasticidades constantes para el período de muestra.

Además, aparte de las elasticidades de corto y largo plazo de este modelo, es posible conocer otros parámetros como el Coeficiente de Ajuste ("a") que indica el porcentaje del ajuste de la demanda que se logra en el primer año, y el Rezago Medio que señala el tiempo transcurrido para completar el 50 por ciento del ajuste de la demanda ante los cambios en las variables explicativas del período presente.

4.2.3 Consideraciones metodológicas y resultados que se espera obtener

Para representar la demanda, estos modelos econométricos requieren de series históricas con una cantidad mínima de datos para que sus resultados sean estadísticamente confiables, lo que implica una restricción en la elección de las variables explicativas.

Por eso, es importante tener claro que el objetivo de los modelos es el de realizar proyecciones de demanda, lo que implica privilegiar su simplificación en base a la utilización de variables explicativas de fuentes homogéneas, confiables y con una alta capacidad de pronóstico, reflejada en la posibilidad de proyectar adecuadamente sus valores a futuro⁹.

9 En efecto, se trabajó con datos anuales, lo que evidentemente trajo consigo algunas restricciones. No obstante, se asume que tales restricciones no invalidan la inferencia que el ejercicio permite realizar; simplemente reducen la "validez estadística" de los parámetros. No debe olvidarse tampoco que el deseo de ampliar las series históricas fabricando nuevas series, o agregando datos pasados de fuentes "no homogéneas", atenta sobre la calidad de los resultados. En el trabajo econométrico adoptado se asume la restricción planteada y es preferida por series que provienen de fuentes homogéneas y confiables.



En esta selección de variables, se presta especial cuidado al análisis de los coeficientes, los test estadísticos que validan la significancia de sus valores y sus signos. Todo ello con el objeto de constatar que estén de acuerdo con la teoría económica, y descartando a aquellas variables explicativas con insuficiente información histórica.

Los resultados obtenidos serán:

- Estimaciones de consumo de energía 2008 – 2030 (Escenarios inercial y alto).
- Estimaciones de consumo de energía sectoriales 2008 – 2030 (ambos escenarios) Transporte; Industrial y Minero; Comercial, Público y Residencial.
- Estimaciones de consumo de electricidad por principales Sistemas Eléctricos (ambos escenarios).
- Estimaciones de participación por fuente de energía (oferta) en las estimaciones de demanda (ambos escenarios) y participación de las FRE en dichas estimaciones.

Los resultados obtenidos serán confrontados y analizados en función de otros estudios que con propósitos casi similares han elaborado estimaciones de demanda de electricidad¹⁰.

4.2.4 Variables utilizadas en las regresiones¹¹

4.2.4.1 Variables dependientes

Las variables dependientes son:

Consumo Nacional Secundario de Energía Total y por sectores económicos, según la CNE: Transporte; Industria y Minero; y Comercial, Público y Residencial (teracalorías - tcal).

4.2.4.2 Variables explicativas

Las variables explicativas son:

- Producto Interno Bruto como variable representativa del ingreso.
- Producto Interno Bruto per cápita, variable representativa del ingreso de los hogares.
- Producto Interno Bruto Sector Industria Manufacturera y Sector Minero (si bien se hicieron estimaciones usando esta variable para modelar la demanda, se optó por usar una función que incorporara el PIB Nacional dada la alta

10 Maldonado, Pontt et. Al. (2008), Hall et al., (2009) y previsiones de la CNE a partir de las cuales se infieren tasas de crecimiento de la demanda eléctrica.

11 Las principales fuentes de información fueron el Banco Central, el Instituto Nacional de Estadísticas y la Comisión Nacional de Energía.



correlación que presentó con el PIB sectorial en el período de muestra y su mayor facilidad de estimación).

- Población (a partir de los censos de 1982 – 1992 – 2002, sus valores se interpolaron en base a la tasa de crecimiento promedio anual entre dichos años. Esta variable se usó para estimar el PIB per cápita).
- Precios de venta anual promedios (Precios Nudo SIC-SING, Precio WTI (West Texas Intermediate, Precio Carbón).
- Otras: Pluviosidad y Temperatura meses invierno; variables Dummy para representar eventos extraordinarios en las series.

4.2.5 Función de demanda por energía secundaria y proyecciones

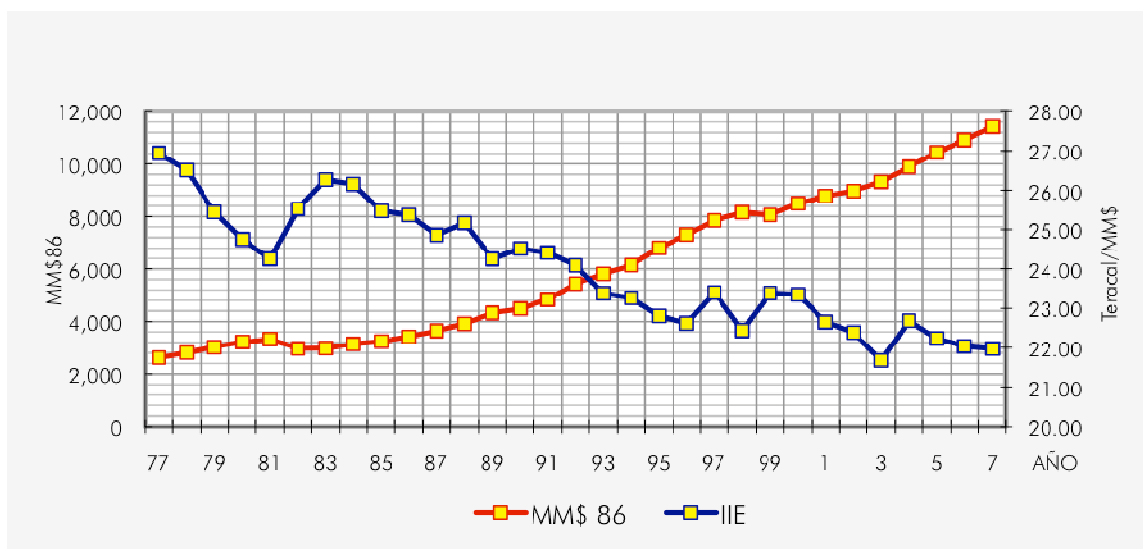
4.2.5.1 Antecedentes

Entre 1977 y 2007 el consumo anual por energía secundaria en Chile ha crecido a una tasa promedio de un 4,6%, tendencia en línea con el PIB nacional, reflejando el conocido problema de acople que exhibe el crecimiento económico nacional y el consumo de energía.

Al separar en décadas los 30 años de muestra, se observa que para el período 87-97 se constata el más fuerte crecimiento con una tasa promedio de 7,3%, muy superior al 2,5% registrado entre 1977 y 1987, y al 3,2% anotado entre 1997 y 2007 (ver Figura N° 3.3).

Sin embargo, la Figura N° 4.1 muestra también que en los últimos 30 años el consumo de energía ha incrementado su eficiencia (intensidad energética) al pasar de 27 a 22 teracalorías/MM\$ PIB entre 1977 y 2007.

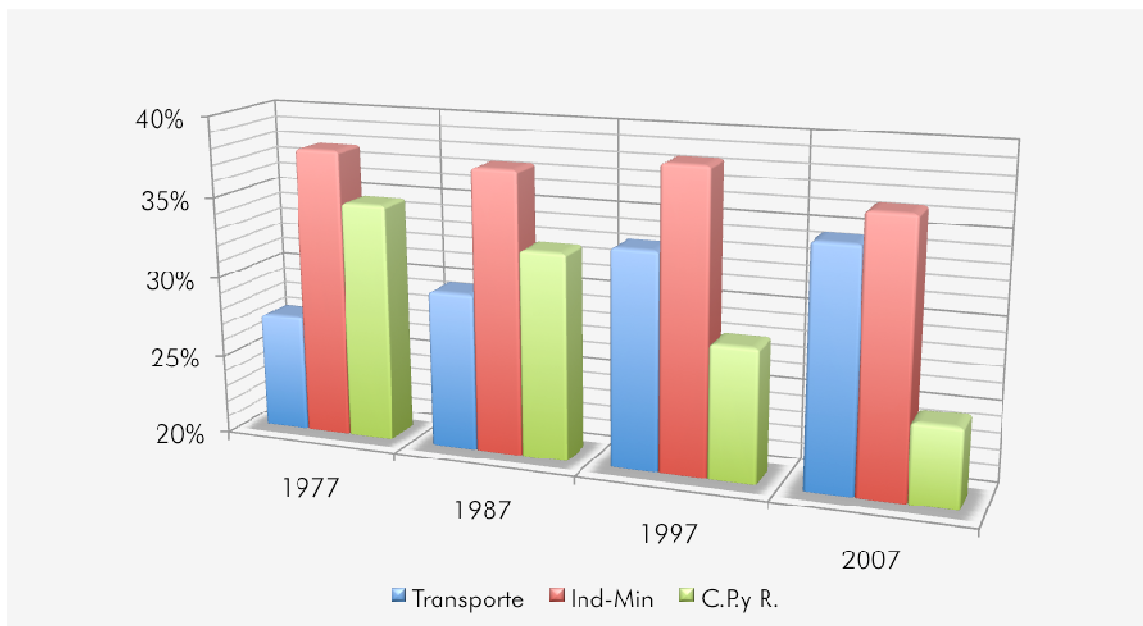
Figura N° 4.1: Intensidad energética y Producto Interno Bruto



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del BC y CNE.

Sectorialmente, el sector industrial y minero es históricamente el principal consumidor de energía secundaria, con el 36,5% del total (ver Figura N° 4.2). El sector transporte, es el segundo sector más importante en el consumo de energía, con un 34% desplazando al sector comercial, público y residencial, que actualmente cuenta por 25% del total.

Figura N° 4.2: Participación en el total del consumo de energía por sector



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del BC y CNE.

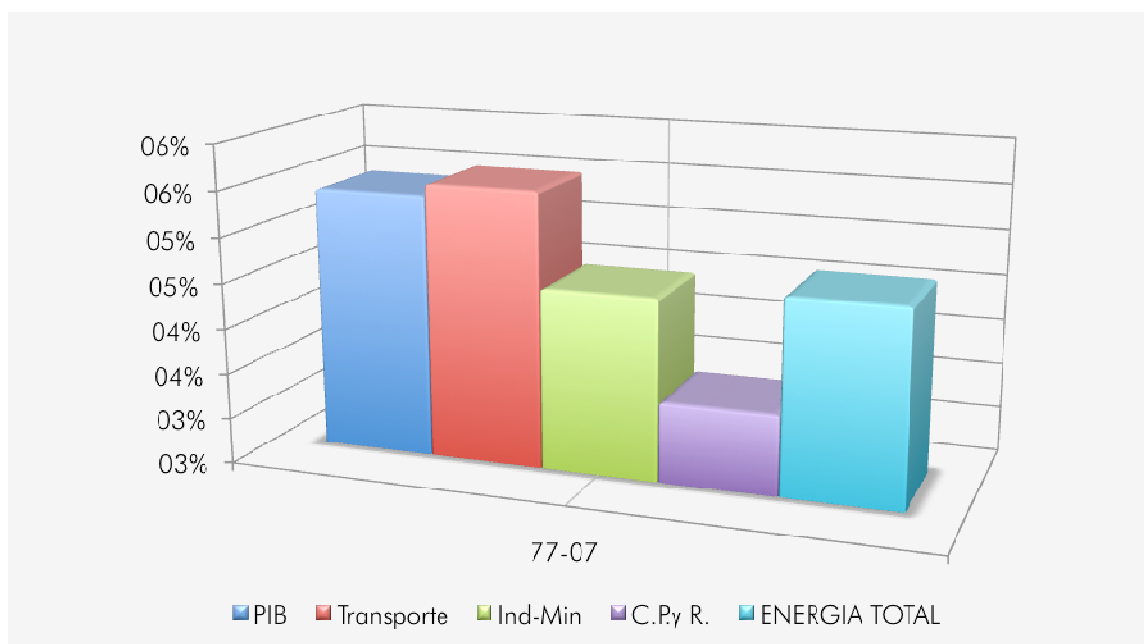
No obstante lo anterior, ha sido el sector transporte el que, impulsado por el fuerte crecimiento del parque automotriz y del transporte público, ha mostrado las más altas



tasas de crecimiento en el período 1977-2007, con una tasa promedio superior incluso a la del PIB (ver Figura N° 4.3).

Si a esta tendencia histórica advertida en Chile respecto del crecimiento constante del sector "transporte" se adiciona el crecimiento sostenido del sector "centros de transformación" (generación de electricidad, en particular), se constata un fenómeno similar a lo que acontece con los países de la OCDE, según datos de la Agencia Internacional de Energía (IEA).

Figura N° 4.3: Tasas promedio de crecimiento anual por sector



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del BC y CNE.

4.2.5.2 Funciones de demanda por energía secundaria¹²

Las funciones para representar el consumo de energía nacional y sectorial para el período 1977 - 2007 se especifican a continuación.

4.2.5.2.1 *Consumo nacional*

Ecuación N° 1:

$$LCENE = 3,53 + 0,73 LPIB - 0,004 LWTIA + 0,17 LCENE(-1) - 0,03 DSECOS + 0,02 D04$$

$$(8,3) (7,7) (0,6) (1,6) (-3,0) (1,5)$$

12 De acuerdo con CNE (2007), se consideran 2 tipos de transformaciones: a) aquella que implica una transformación física o química de un energético primario a otro secundario (crudo a gasolina o diesel a electricidad) y b) la que sufre transformación mecánica, por ejemplo el gas natural o la leña.



F = 3241

R² = 0.99

N = 24

DW = 1,7

LCENE= Logaritmo del Consumo Secundario Total de Energía

LPIB= Logaritmo del Producto Interno Bruto

LWTIA= Logaritmo del Precio del crudo WTI

LCENE(-1)= Logaritmo del Consumo Secundario Total de Energía Nacional rezagado en 1 período

DSECOS= Dummy para años 96-98-03 de baja pluviosidad en zona central

D04=Dummy en el 2004¹³

El consumo de energía se observa altamente sensible al nivel de PIB y casi inelástica al precio, para cuya representación se utilizó el precio real del crudo WTI por la gran incidencia que este referente tiene sobre la determinación del precio de los energéticos. Tal como se observó en el análisis previo, este modelo captura la alta relación existente entre el PIB y el consumo de energía.

La elasticidad Ingreso del consumo de corto plazo, medida en un año, alcanza a 0,73 en tanto que la elasticidad precio es de sólo -0,004. Las elasticidades de largo plazo, que consideran el efecto completo del cambio en la variable independiente sobre el consumo, son 0,88 y -0,006 respectivamente. El coeficiente de ajuste es de 0,83 lo que indica que gran parte del ajuste de la demanda se refleja en un año.

Respecto del Precio del WTI, éste corresponde a US\$ 60 /bl. Este precio está expresado en dólares de 2008 y corresponde al promedio observado entre el 2000 y 2007¹⁴.

Este nivel establecido para el WTI es además el indicado actualmente como referencia de largo plazo y, dada la alta volatilidad de este *commodity*, no es posible proyectar tendencia alguna sino establecer un precio promedio razonablemente esperable.

Es menester señalar que para fines de evaluaciones de proyectos de largo plazo siempre se usa un nivel constante. Por último, es necesario puntualizar que la baja elasticidad/precio que tiene en Chile (en los períodos de muestra) se refleja en su bajo peso en la proyección de energía realizada.

13 Por incorporación del Total Consumo propio Sector Energético en las Estadísticas de la CNE.

14 En realidad el promedio es US\$ 58 pero se "acercó" a los US\$ 60, más fácil de recordar y referenciar para fines de proyección.



4.2.5.2.2 Consumo sector transporte

Ecuación N° 2:

$$\text{LCTPTE} = 1,39 + 0,66 \text{ LPIB} - 0,04 \text{ LWTIA} + 0,35 \text{ LCTPTE}(-1)$$

$$(6,4) (5,9) (-3,6) (3,3)$$

$$F = 2587$$

$$R^2 = 0,99$$

$$N = 24$$

$$DW = 1,93$$

LCTPTE= Logaritmo del Consumo Sector Transporte

LPIB= Logaritmo del Producto Interno Bruto

LWTIA= Logaritmo del Precio del crudo WTI

LCTPTE(-1)= Logaritmo del Consumo Sector Transporte rezagado en 1 período

El modelo muestra que en este sector las variables ingreso y precio son estadísticamente significativas en la determinación del consumo.

La elasticidad Ingreso del consumo de corto plazo, medida en un año, alcanza a 0,66 en tanto que la elasticidad precio es de sólo -0,04, reflejando que el consumo no muestra cambios significativos ante variaciones en el precio.

Esto se explica por la absoluta dependencia del sector transporte a los derivados del petróleo (99% de participación), no existiendo sustitutos reales que permitan amortiguar las alzas en sus precios.

Las elasticidades de largo plazo, son de 1,02 y de -0,07 respectivamente. El coeficiente de ajuste es de 0,65 lo que indica que el 65% del ajuste de la demanda se refleja en un año.

4.2.5.2.3 Consumo sector industrial y minero

Ecuación N° 3:

$$\text{LCI\&M} = 3,77 + 0,86 \text{ LPIB} - 0,10 \text{ LPELE}$$

$$(8,7) (22,3) (-1,95)$$

$$F = 287$$

$$R^2 = 0,97$$

$$N = 18$$

$$DW = 1,6$$

LCI&M= Logaritmo del Consumo Sector Industrial & Minero



LPIB= Logaritmo del Producto Interno Bruto

LPELE= Logaritmo del Precio Nudo Promedio Ponderado (SIC-SING)

En este sector, la elasticidad Ingreso del consumo de corto plazo, medida en un año, alcanza a 0,86, en tanto que la elasticidad precio es de -0,10, la que a pesar de ser relativamente baja, es superior a la observada en el sector transporte, debido a la mayor posibilidad de sustitución tecnológica por otros energéticos (gas, derivados de petróleo, etc.).

El modelo seleccionado no incorpora la variable consumo rezagada, por lo que no se obtienen elasticidades de largo plazo.

4.2.5.2.4 Consumo sector comercial, público y residencial

Ecuación N° 4:

$$LCPR = 3,91 + 0,48 LPIBPC - 0,04 LPELE + 0,37 LCPR(-1) + D98$$

$$(4,9) (3,9) (-1,9) (2,7) (-4,2)$$

$$F = 715$$

$$R^2 = 0.99$$

$$N = 18$$

$$DW = 2,4$$

LCPR= Logaritmo del Consumo Sector Comercial, Público y Residencial

LPIBPC= Logaritmo del Producto Interno Bruto per cápita

LPELE= Logaritmo del Precio Nudo Promedio (SIC-SING)

LCPR(-1)= Logaritmo del Consumo Sector Comercial, Público y Residencial rezagado en 1 período

D98=Dummy año 1998

En este sector, como variable ingreso se utilizó el PIB per cápita, por ser más representativo del ingreso de los hogares.

El precio de la energía fue representado por el precio de la electricidad, segundo energético en importancia del sector (23%), detrás de la leña y otros, cuya serie de precios sería muy difícil de construir dado lo disperso de su consumo.

Los resultados señalan que la elasticidad Ingreso del consumo de corto plazo, medida en un año, es estadísticamente significativa y alcanza a 0,48 en tanto que la elasticidad precio es de -0,04, reflejando una baja sensibilidad del consumo ante cambios en esta variable en el período.

Este último demuestra además que los usos de la electricidad en el sector poseen una baja posibilidad de sustitución. No obstante, en el largo plazo las elasticidades



suben, a 0,76 y de -0,06 respectivamente. El coeficiente de ajuste es de 0,63, lo que indica que el 63% del ajuste de la demanda se refleja en un año.

4.2.5.3 Proyecciones de demanda total de energía

Las siguientes proyecciones comprenden al período 2008 – 2030 y se realizaron en base a las ecuaciones o funciones previamente descritas, por sectores, asumiendo un comportamiento tendencial en sus principales variables explicativas:

- tasa anual para el crecimiento del PIB constante de un 4%, correspondiente a un nivel esperado, superior al observado en los últimos 10 años (3,2%), pero inferior a aquella obtenida en los últimos 20 años (4,6);¹⁵
- tasa de crecimiento anual de la población de un 1,3%, similar al observado en el periodo 1997 – 2007;¹⁶
- precios reales de venta de electricidad que corresponden al promedio observado en el período 2000–2007 expresado en pesos de 2008; y
- precio del WTI US\$ 60 bbl.¹⁷

Las estimaciones consideraron en los ejercicios previos un crecimiento del PIB en torno a un 5% (Optimista) y un 3% (Conservador), como se observa en la Figura N° 4.4. No obstante, tanto la propia CNE como estimaciones independientes han desechado tasas de crecimiento superiores al 4%.

El análisis que sigue a continuación se refiere exclusivamente al escenario de un PIB al 4%. Es este mismo escenario, calificado de Base de aquí en adelante, es el que será utilizado en la evaluación y participación de las opciones tecnológicas sustentables en la oferta energética.

La adopción de tal parámetro es relevante en modelos como éste en que la variable explicativa mayor es el crecimiento del producto interno y su tendencia.

Es lo que refleja la Figura N° 4.4, en la que dos puntos porcentuales de diferencia en el crecimiento del PIB, *ceteris paribus*, resulta en demandas energéticas completamente distintas al 2030: 457.908 tcal en el caso del escenario Conservador, es decir a un PIB del 3%, 673.772 tcal en el escenario Optimista a un PIB de 5% y 555.976 tcal en el escenario Base (ver Tabla N° 4.1).

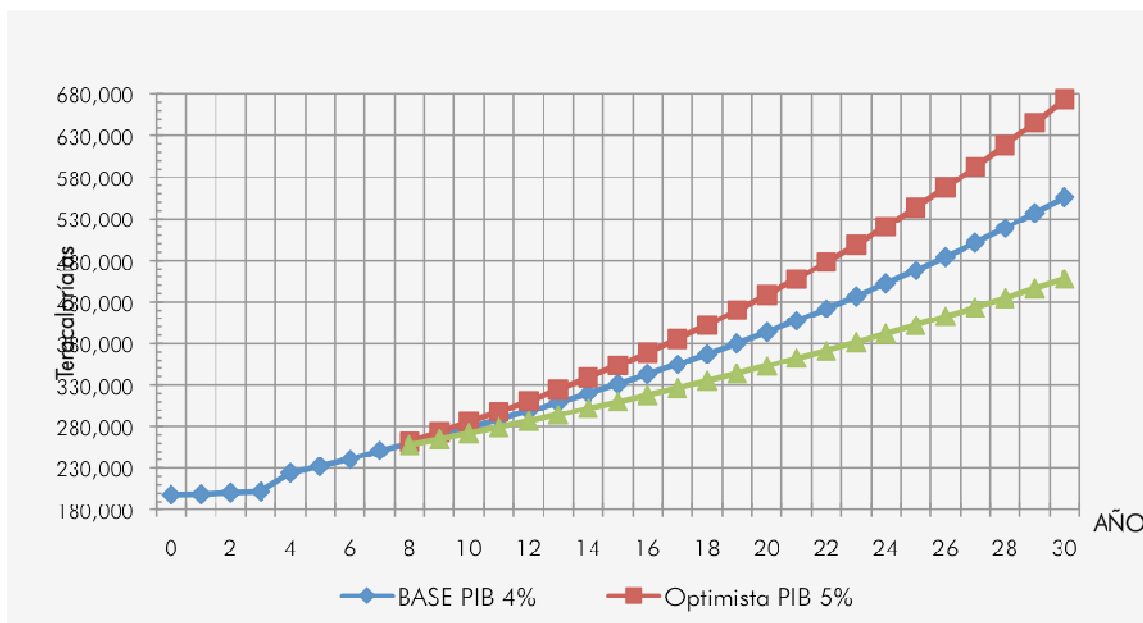
15 La adopción de una tasa de crecimiento del 4% del PIB al año se debe a múltiples factores y razones explicitadas más adelante.

16 Con la variable Población se ha seguido el mismo criterio que el utilizado con las restantes variables explicativas (precios y tasas de crecimiento). Esto es, considerar su proyección en base a su valor observado desde el año 2000 en adelante, de manera de poder replicar el escenario económico/estructural más cercano.

17 WTI: West Texas Intermediate crudo marcador o de referencia para ENAP y para diversos cálculos relacionados con precios de derivados del petróleo como es el FEPC.



Figura N° 4.4: Proyección del consumo de energía para escenarios PIB Base, Optimista y Conservador.



Fuente: Elaboración propia en base a datos del BC y CNE.

Tabla N° 4.1: Proyección del consumo de energía para escenarios PIB Base, Optimista y Conservador (Teracalorías).

AÑO	PIB 3%	PIB 4%	PIB 5%
2010	272.045	278.611	285.270
2015	309.869	331.140	353.646
2020	352.948	393.572	438.413
2025	402.017	467.774	543.498
2030	457.908	555.967	673.772

Fuente: Elaboración Propia.

Los resultados detallados de las proyecciones en el escenario Base son los expuestos en la Tabla N° 4.2 que sigue:¹⁸

18 Todos los Cuadros y Gráficos usado en este Capítulo corresponden a elaboración propia, en base a datos de la CNE, INE y Banco Central; salvo que se señale expresamente otra fuente.



Tabla N° 4.2: Proyección consumo de energía total PIB 4%.

Año	PIB MM\$ 86	CONSUMO SECUNDARIO ENERGÍA (TERACALORÍAS)					ENERGIA TOTAL	IE Teracal/ MM\$
		Transpor te	Ind-Min	C.P.y R.	Otros			
1977	2.619	19.243	26.768	24.543	4,0	70.558	26,9	
1987	3.645	26.951	33.976	29.679	-3	90.603	24,9	
1997	7.845	61.244	70.620	51.730	0	183.594	23,4	
2007	11.426	86.924	91.748	62.267	10.140	251.079	22,0	
2010	12.853	97.150	98.581	66.248	12.614	274.594	21,4	
2015	15.638	115.891	113.800	71.522	17.346	318.559	20,4	
2020	19.025	138.212	131.370	77.144	22.836	369.563	19,4	
2025	23.147	164.832	151.652	83.208	29.040	428.732	18,5	
2030	28.162	196.580	175.065	89.749	35.982	497.376	17,7	

Fuente: Elaboración Propia.

Las tasas de crecimiento global y por sector se exponen en la Tabla N° 4.3 que sigue:



Tabla N° 4.3: Tasas de crecimiento por sector 2007 - 2030 a una tasa del PIB del 4%.

PERÍODO	Crecimiento PIB (%)	TASAS DE CRECIMIENTO EN CONSUMO DE ENERGÍA				
		Transporte	Ind-Min	C.P.y R.	Otros	ENERGIA TOTAL
77-87	3,4%	3,4%	2,4%	1,9%		2,5%
87-97	8,0%	8,6%	7,6%	5,7%		7,3%
97-07	3,8%	3,6%	2,7%	1,9%		3,2%
77-07	5,4%	5,5%	4,5%	3,4%		4,6%
2007-2015	4,0%	4,2%	3,2%	2,2%		3,5%
2015-2030	4,0%	4,1%	3,4%	2,0%		3,5%
2007-2030	4,0%	4,1%	3,3%	2,1%		3,5%

Fuente: Elaboración Propia.



A su vez, las participaciones de cada uno de los sectores en el consumo de energía son las expuestas en la Tabla N° 4.4 siguiente:

Tabla N° 4.4: Participaciones sectoriales en consumo de energía al 2030

AÑO	PARTICIPACIÓN POR SECTOR DEL CONSUMO DE ENERGÍA				
	Transporte	Ind-Min	C.P.y R.	Otros	TOTAL
1977	27%	38%	35%	0%	100%
1987	30%	37%	33%	0%	100%
1997	33%	38%	28%	0%	100%
2007	35%	37%	25%	4%	100%
2015	36%	36%	22%	5%	100%
2020	37%	36%	21%	6%	100%
2030	39%	35%	18%	7%	100%

Fuente: Elaboración Propia.

De los antecedentes anteriores se desprenden los siguientes comentarios:

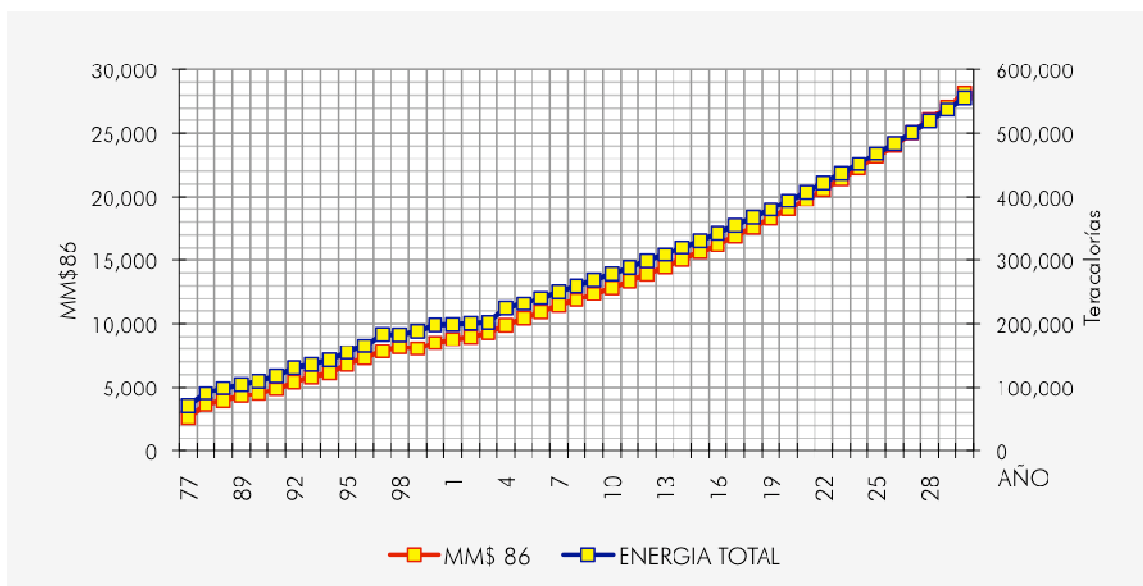
- En el escenario Base, la estrecha relación entre PIB y consumo de energía se mantiene (Figura N° 4.4). No obstante, se advierte un mejoramiento significativo de la intensidad energética (Figura N° 4.5), pasando de 26,9 a 19,7; presumiblemente por la mayor participación de la electricidad en los consumos sectoriales.
- Los consumos sectoriales dan cuenta de una creciente participación de la electricidad (Tablas N° 4.5 y N° 4.6), tanto en el sector Industrial y Minero como Comercial, Público y Residencial, pasando en el primero de 34% en la actualidad a 46% en el 2030; y de 22% a 30% en el segundo. La participación del petróleo y derivados pasaría de 37% a 28% en el sector Industrial y Minero y de 20% a 13% en el caso del sector CPR.
- Presumiblemente, el mayor consumo de petróleo y derivados total aludido en comentarios previos, se debe a la mayor participación relativa del transporte en el periodo observado (Tabla N° 4.4).
- Las participaciones sectoriales reflejan cambios sustantivos en el caso del Transporte



pasa de 27% a 39%. En el caso del sector Industrial y Minero baja del 38% al 35% y en caso del sector CPR desciende significativamente del 35% al 18%; y

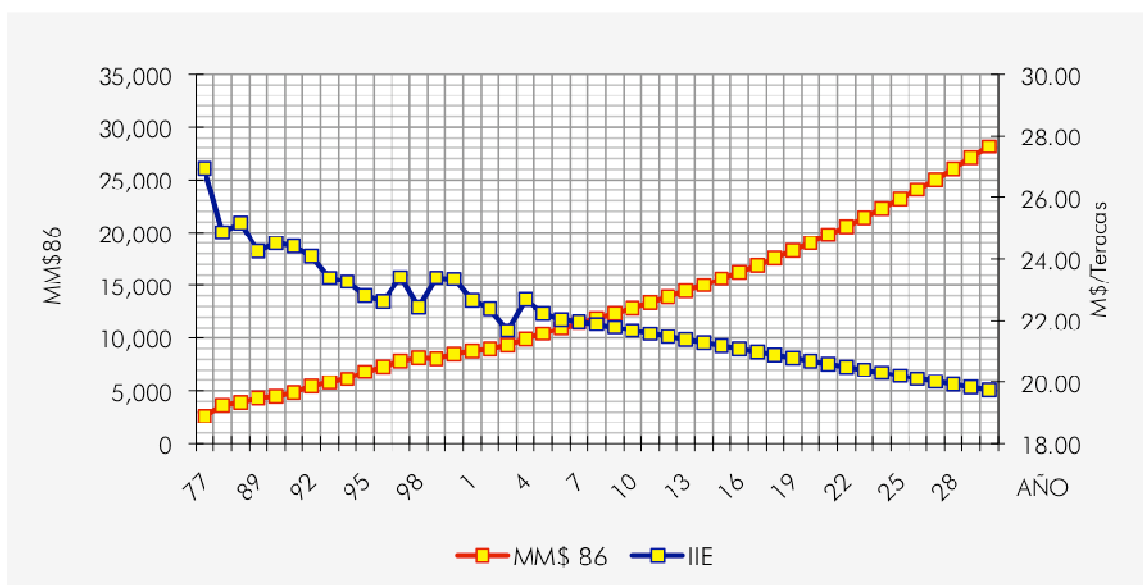
- La tasa de crecimiento anual promedio del consumo de energía se sitúa en 3,5%, inferior a aquella adoptada para el PIB.

Figura Nº 4.5: Consumo de energía y PIB al 4%



Fuente: Elaboración Propia.

Figura Nº 4.6: Intensidad energética y PIB al 4%



Fuente: Elaboración Propia.



Tabla N° 4.5 Proyección del consumo de energía por fuente sector Industrial y Minero

AÑO	Petróleo	Electricidad	Leña y Otros	Varios	TOTAL
2008	37,0%	34,0%	17,0%	12,0%	100%
2015	35,0%	38,0%	17,0%	10,0%	100%
2020	30,0%	42,0%	18,0%	10,0%	100%
2025	28,0%	44,0%	20,0%	8,0%	100%
2030	25,0%	46,0%	22,0%	7,0%	100%

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N° 4.6 Proyección del consumo de energía por fuente sector Comercial, Público y Residencial

Año	Petróleo	Electricidad	Leña y Otros	Varios	Total
2008	20,0%	22,0%	48,0%	10,0%	100%
2015	20,0%	24,0%	50,0%	6,0%	100%
2020	18,0%	26,0%	52,0%	4,0%	100%
2025	15,0%	28,0%	54,0%	3,0%	100%
2030	13,0%	30,0%	55,0%	2,0%	100%

Fuente: Elaboración Propia.

4.2.5.4 Función de demanda por energía eléctrica por sistema y proyecciones 2007-2030

4.2.5.4.1 Consumo SING

Ecuación N° 5:

$$LCSING = 0,32 LPIB - 0,10 LPSING + 0,73 LSING(-1)$$

(2,8) (-0,98) (9,6)



F = 467
N = 13

R² = 0.98
DW = 2,7

LCSING= Logaritmo del Consumo SING (GWh)

LPIB= Logaritmo del Producto Interno Bruto Nacional (Mill \$ 86)

LPSING= Logaritmo del Precio Nudo SING Antofagasta (\$ 2008/kwh)

LCSING(-1)= Logaritmo del Consumo SING rezagado en 1 período

La elasticidad ingreso del consumo de corto plazo alcanza a 0,32, en tanto que la elasticidad precio es de sólo -0,1. No obstante, no es posible descartar la hipótesis de que este valor sea cero.

Las elasticidades de largo plazo son de 1,18 y -0,4 respectivamente. El coeficiente de ajuste es de 0,27 lo que indica que el 27% del ajuste de la demanda se refleja en un año. Este factor refleja el lento ajuste de la demanda ante cambios en las variables explicativas, que se explica por la mayor participación de los bienes de capital industriales en el consumo de electricidad, cuyos cambios son decisiones de largo plazo.

Mientras los resultados de las proyecciones de consumo eléctrico para el SING en el escenario Base son los expuestos en la Tabla N° 4.7, las tasas de crecimiento correspondientes para diferentes períodos se detallan en la Tabla N° 4.8.

Tabla N° 4.7: Proyección consumo de electricidad en el SING al PIB 4%

AÑO	PRECIO ELECTRICIDAD (US\$ 2008)	CONSUMO DE ELECTRICIDAD (GWH)
2010	30	15.075
2015	30	19.326
2020	30	24.431
2025	30	30.794
2030	30	38.790

Fuente: Elaboración Propia.



Tabla N° 4.8: Tasa de crecimiento del consumo de electricidad en el SING al PIB 4%

PERÍODO	PRECIO ELECTRICIDAD (US\$ 2008)	CRECIMIENTO ANUAL PROMEDIO DEL CONSUMO
2007 - 2015	30	5,4%
2015 - 2030	30	4,8%
2007 - 2030	30	5,0%

Fuente: Elaboración Propia.

4.2.5.4.2 Consumo SIC

Ecuación N° 6:

$$\text{LCSIC} = 0,26 + 0,26 \text{ LPIB} - 0,04 \text{ LPSIC} + 0,75 \text{ LCSIC}(-1) + 0,03 \text{ LWTIA}$$

(1,9) (2,8) (-1,6) (8,4) (1,5)

F = 4520

R² = 0,99

N = 22

DW = 2,08

LCSIC= Logaritmo del Consumo SIC (GWh)

LPIB= Logaritmo del Producto Interno Bruto Nacional (Mill \$86)

LPSIC= Logaritmo del Precio Nudo SIC Alto Jahuel (\$ 2008/kwh)

LCSIC(-1)= Logaritmo del Consumo SIC rezagado en 1 período

LWTIA= Logaritmo del Precio del crudo WTI

La elasticidad ingreso del consumo de corto plazo del SIC, medida en un año, alcanza a 0,26, en tanto que la elasticidad precio es de sólo -0,04, reflejando una baja sensibilidad del consumo ante cambios en esta variable.

De igual forma, el coeficiente del consumo respecto al precio del WTI es 0,03, lo que demuestra la existencia de sustitución precio entre el consumo de la electricidad y los derivados de petróleo.

Las elasticidades de largo plazo, son 1,04 y -0,15 respectivamente. El coeficiente de ajuste es de 0,25 lo que indica que sólo el 25% del ajuste de la demanda se refleja en un año, con lo cual el modelo muestra la importancia de los valores pasados en las variables explicativas sobre la demanda anual del SIC.

Mientras los resultados de las proyecciones de consumo eléctrico para el SIC en el escenario Base son los expuestos en la Tabla N° 4.9, las tasas de crecimiento correspondientes para diferentes períodos se detallan en la Tabla N° 4.10.



Tabla N° 4.9: Proyección consumo de electricidad en el SIC al PIB 4%

AÑO	PRECIO ELECTRICIDAD (US\$ 2008)	PRECIO WTI (US\$ 2008)	CONSUMO DE ELECTRICIDAD (GWH)
2010	30	60	46.062
2015	30	60	57.127
2020	30	60	70.280
2025	30	60	86.302
2030	30	60	105.929

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N° 4.10: Tasa de crecimiento del consumo de electricidad en el SIC al PIB 4%

PERÍODO	PRECIO ELECTRICIDAD (US\$ 2008)	PRECIO WTI (US\$ 2008)	CRECIMIENTO anual promedio del consumo
2007 - 2015	30	60	4,6%
2015 - 2030	30	60	4,2%
2007 - 2030	30	60	4,3%

Fuente: Elaboración Propia.

4.2.5.4.3 Consumo AYSÉN

Ecuación N° 7:

$$LCAYS = 0,92 LPIBIX - 0,18 LPAYS + 0,35 LPOB$$

(13,9) (-1,6) (2,5)

F = 245

N = 16

R² = 0.97

DW = 1,5

LCAYS= Logaritmo del Consumo AYSÉN (GWh)

LPIB= Logaritmo del Producto Interno Bruto (Mill \$/86)

LPAYS= Logaritmo del Precio AYSÉN (\$ 2008 /kwh)

LPOB= Logaritmo Población XI Región (Mil pers.)



En este subsistema, la elasticidad Ingreso del consumo de corto plazo, medida en un año, alcanza a 0,92, en tanto que la elasticidad precio es de -0,18, reflejando una mayor sensibilidad del consumo de este sector ante cambios en ambas variables.

El modelo señala además, que el consumo en este subsistema eléctrico es sensible al crecimiento de la población.

Dado que el modelo utilizado no incorpora la variable consumo rezagada, no se obtienen elasticidades de largo plazo.

Mientras los resultados de las proyecciones de consumo eléctrico para AYSÉN en el escenario Base son los expuestos en la Tabla N° 4.11, las tasas de crecimiento correspondientes para diferentes períodos se detallan en la Tabla N° 4.12.

Tabla N° 4.11: Proyección consumo de electricidad en AYSÉN al PIB 4%

AÑO	PRECIO ELECTRICIDAD (US\$ 2008)	CRECIMIENTO anual promedio de la población	CONSUMO DE ELECTRICIDAD (GWH)
2010	65	1,3%	105
2015	65	1,3%	129
2020	65	1,3%	158
2025	65	1,3%	193
2030	65	1,3%	237

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N° 4.12: Tasa de crecimiento del consumo de electricidad en AYSÉN al PIB 4%

PERÍODO	PRECIO ELECTRICIDAD (US\$ 2008)	CRECIMIENTO anual promedio de la población	CRECIMIENTO anual promedio del consumo
2007 - 2015	65	1,3%	2,5%
2015 - 2030	65	1,3%	4,1%
2007 - 2030	65	1,3%	3,6%

Fuente: Elaboración Propia.



4.2.5.4.4 Consumo MAGALLANES

Ecuación N° 8:

$$\text{LCPAR} = 0,06 \text{ LPIBXII} + 0,003 \text{ LPPAR} + 0,92 \text{ LCPAR}(-1)$$

(1,8) (1,1) (50.1)

F = 894

R² = 0.99

N = 15

DW = 2,3

LCPAR= Logaritmo del Consumo Sistema MAGALLANES

LPIBXII= Logaritmo del Producto Interno Bruto XII REGIÓN

LPPAR= Logaritmo del Precio Nudo MAGALLANES (\$/kwh)

LCPAR(-1)= Logaritmo del Consumo Sistema MAGALLANES rezagado en 1 período

La demanda eléctrica en este subsistema arroja una elasticidad Ingreso de sólo 0,06, en tanto que en el largo plazo ésta sube a 0,79. Con respecto al precio, la demanda es inelástica (coef. 0,003).

En este sistema llama la atención el alto peso del elemento tendencial en el consumo (coef 0,92), confirmado por la baja significancia estadística de las variables precio e ingreso para cada año.

El coeficiente de ajuste de 0,08 indica precisamente que sólo el 8% del ajuste de la demanda se refleja en un año. Mientras los resultados de las proyecciones de consumo eléctrico para MAGALLANES en el escenario Base son los expuestos en la Tabla N° 4.13, las tasas de crecimiento correspondientes para diferentes períodos se detallan en la Tabla N° 4.14.



Tabla N° 4.13: Proyección consumo de electricidad en MAGALLANES al PIB 4%

AÑO	PRECIO ELECTRICIDAD (US\$ 2008)	CONSUMO DE ELECTRICIDAD (GWH)
2010	50	242
2015	50	286
2020	50	337
2025	50	396
2030	50	464

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N° 4.14: Tasa de crecimiento del consumo de electricidad en MAGALLANES al PIB 4%

PERÍODO	PRECIO ELECTRICIDAD (US\$ 2008)	CRECIMIENTO ANUAL PROMEDIO DEL CONSUMO
2007 - 2015	50	3,4%
2015 - 2030	50	3,3%
2007 - 2030	50	3,3%

Fuente: Elaboración Propia.

4.2.5.4.5 Consumo total

De acuerdo a los resultados y proyecciones obtenidos para cada sector, el consumo nacional proyectado se muestra en la Tabla N° 4.15 Las tasas de crecimiento correspondientes para diferentes períodos se detallan en la Tabla N° 4.16 y la participación en el consumo total por subsistema en la Tabla N° 4.17.



Tabla N° 4.15: Proyección consumo de electricidad total al PIB 4%

AÑO	PIB (MM\$ 86)	CONSUMO ENERGÍA ELÉCTRICA (GWH)					IE (GWh/M M\$)
		SING	SIC	AYSEN	MAGALLA.	TOTAL	
1997	7.845	5.809	22.710	59	136	28.715	3,7
2007	11.426	12.674	39.964	106	218	52.962	4,6
2010	12.853	15.075	46.062	105	242	61.484	4,8
2015	15.638	19.326	57.127	129	286	76.868	4,9
2020	19.025	24.431	70.280	158	337	95.206	5,0
2025	23.147	30.794	86.302	193	396	117.684	5,1
2030	28.162	38.790	105.929	237	464	145.420	5,2

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N° 4.16: Tasas de crecimiento del consumo de electricidad total al PIB 4%

PERÍODO	CRECIMIENT O anual PIB (%)	TASAS DE CRECIMIENTO EN CONSUMO DE ENERGÍA				
		SING	SIC	AYSEN	MAGALLA N	TOTAL
1990-1997	8,3%	sd.	8,4%	9,7%	5,7%	11,8%
1997-2007	3,8%	8,1%	5,8%	6,0%	4,9%	6,3%
1990-2007	5,7%	10,6%	6,9%	7,5%	5,2%	8,5%
2007-2015	4,0%	5,4%	4,6%	2,5%	3,4%	4,8%
2015-2030	4,0%	4,8%	4,2%	4,1%	3,3%	4,3%
2007-2030	4,0%	5,0%	4,3%	3,6%	3,3%	4,5%

Fuente: Elaboración Propia.



Tabla N° 4.17: Participación por subsistema en el consumo total al PIB 4%

AÑO	SING	SIC	AYSEN	MAGALLANES	TOTAL
1990	sd.	100%	0%	0%	100%
1997	20%	79%	0%	0%	100%
2007	24%	75%	0%	0%	100%
2015	25%	74%	0%	0%	100%
2020	26%	74%	0%	0%	100%
2030	27%	73%	0,2%	0,3%	100%

Fuente: Elaboración Propia.

De los antecedentes anteriores se desprenden los siguientes comentarios:

- Las participaciones por subsistemas sectoriales mantienen la preponderancia del SIC en el consumo nacional, con el 73% del total al 2030;
- De acuerdo a las proyecciones, el SING eleva de 24% a 27% su participación entre 2007 y 2030, en tanto que los subsistemas AYSÉN y MAGALLANES juntos no superan el 1% del total nacional al 2030.
- La tasa de crecimiento anual promedio del período de 4,5% es superior a la del PIB, con lo cual la intensidad energética se elevaría, pasando de 4,6 a 5,2 GWh/MM\$ PIB, entre 2007 y 2030 reflejando la electrificación de la matriz.

4.3 ESCENARIOS DE CRECIMIENTO AL 2030 CON APOORTE DE EFICIENCIA ENERGÉTICA Y ERNC

En los últimos años el Gobierno de Chile ha entregado al mercado eléctrico, y en menor medida a los del petróleo y la leña, ciertas señales de política para incorporar de manera explícita acciones destinadas a mejorar la sustentabilidad del desarrollo energético.

Una de estas señales tiene que ver con la creación y el impulso a las actividades desarrolladas por el Programa País Eficiencia Energética (PPEE) y la eliminación de algunas de las barreras de carácter regulatorio y de mercado que se erigen para una penetración más profunda y masiva de las fuentes renovables.



También el gobierno ha desarrollado diversos estudios relacionados con el potencial de varias fuentes de energía, los cambios en la normativa eléctrica y el fomento a las fuentes renovables en la generación de electricidad, entre otros.

En tal contexto, los objetivos de este análisis son elaborar un diagnóstico de la situación actual del sector energético y examinar el posible aporte a la sustentabilidad que entregan las políticas destinadas a promover, particularmente, las fuentes renovables de energía (FRE) y el uso eficiente de la energía (UEE).

4.3.1 El aporte de la eficiencia energética en los escenarios de demanda energética

Se plantean tres escenarios para proyectar el consumo energético con UEE:

- Escenario Base o Inercial: corresponde a la proyección del modelo Base, con el crecimiento del PIB establecido en 4%.
- Escenario Esperado: implica la perfección de instrumentos de mercado, especialmente económicos y financieros, la creación de la Agencia de Uso Eficiente de Energía y otras medidas de fomento del UEE, con un efecto de 0,5% de reducción en la tasa de consumo de energía por año a partir del 2008; y,
- Escenario de Alta Intervención: supone la aplicación intensiva de políticas de uso eficiente de energía, además de las medidas del Escenario Esperado, con un efecto de 1,0% de reducción en el consumo de energía por año a partir del 2008.

Los supuestos de los escenarios Esperado y de Alta Intervención están basadas en PRIEN (2007). Si bien la tasa de reducción en el consumo de energía de 0,5% anual en el escenario Esperado coincide plenamente con aquella asumida por PRIEN (2007), la adoptada en el caso del Escenario de Alta Intervención es diferente. Mientras el PRIEN (2007) asume una equivalente al 1,9% anual, aquí se utiliza una del 1%.

Esta diferencia proviene principalmente de que la concreción de las potencialidades de ahorro estimadas por el PRIEN (2007) descansa en la posible aplicación de medidas u opciones tecnológicas aplicables en su gran mayoría en países desarrollados.

A diferencia del caso chileno, en donde los precios del mercado energético excluyen las externalidades ambientales y/o incluyen subvenciones, en estos países los precios de los mercados energéticos reflejan relativamente bien todos los costos involucrados, factor que facilita el cambio de procesos y tecnologías.

Además, desde el punto de vista institucional, es probable que el uso eficiente de la energía exija niveles de coordinación y de acciones conjuntas que si bien están presentes en estos países, en Chile todavía no abundan.

No obstante, y como se verá más adelante, un 1% de ahorro anual significa alrededor de un 20% de ahorro en el consumo de energía para un período de un poco más de 20 años.



4.3.1.1 Proyección del consumo total de energía

De acuerdo a las proyecciones realizadas, el consumo esperado al año 2030 en el Escenario Esperado, con un 0,5% de ahorro de energía anual, alcanzaría a 497.376 Tcal, exhibiendo una tasa de crecimiento anual promedio de 3,0%.

En el Escenario de Alta Intervención por su parte, el consumo proyectado se establecería en 444.719 Tcal, con una tasa promedio de 2,5 % de crecimiento en el consumo (ver Tablas N° 4.18 y N° 4.19).

Tabla N° 4.18: Proyección del consumo total de energía bajo diferentes escenarios de UEE (Teracalorías)

AÑO	ESCENARIO		
	Base	Esperado	Alta Intervención
2010	278.611	274.594	270.615
2015	331.140	318.559	306.398
2020	393.572	369.563	346.912
2025	467.774	428.732	392.783
2030	555.967	497.376	444.719

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N° 4.19: Tasas de crecimiento del consumo total de energía bajo diferentes escenarios de UEE

PERÍODO	ESCENARIO		
	Base	Esperado	Alta Intervención
2007 - 2015	3,5%	3,0%	2,5%
2015 - 2030	3,5%	3,0%	2,5%
2007 - 2030	3,5%	3,0%	2,5%

Fuente: Elaboración Propia.



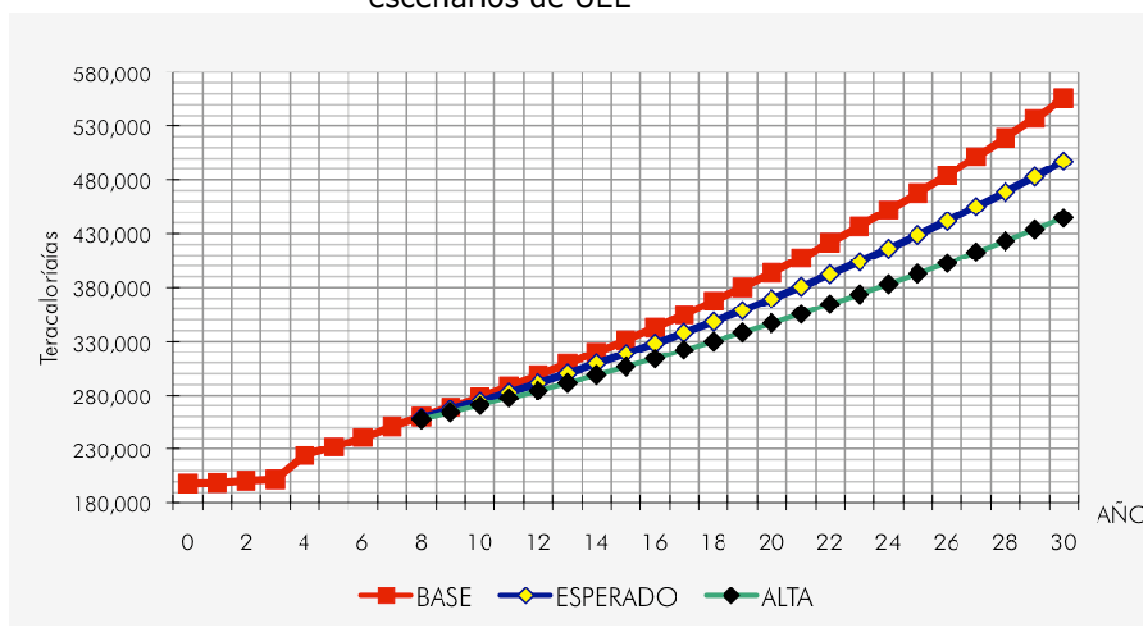
La aplicación de medidas de uso eficiente de energía tendría efectos sobre el nivel de consumo Base, reduciéndolo en un rango del 11%, equivalente a 58.591 Teracalorías, en el caso del Escenario Esperado, y de un 20%, equivalente a 111,248 Teracalorías, en el caso de la Alta Intervención.

Es importante notar que el 1% de ahorro anual estimado para el escenario de Alta Intervención significa casi la totalidad del consumo energético del año 1991.

Mientras la elasticidad ingreso promedio del período es de 0,88 para el escenario Base, ésta se reduce a 0,75 y 0,63 en los escenarios Esperado y Alta aplicación correspondientemente.

Ello porque el principal efecto de la aplicación de las medidas de UEE es que a medida que la eficiencia va aumentando, se requiere cada vez de menos energía para generar la misma unidad de PIB. En la Figura Nº 4.7 se exponen las curvas proyectadas de consumo bajo los tres escenarios descritos.

Figura Nº 4.7: Proyección consumo total de energía bajo diferentes escenarios de UEE



Fuente: Elaboración Propia.

4.3.1.2 Proyección del consumo de energía sector transporte

De acuerdo a las proyecciones, el consumo de energía en el sector transporte al año 2030 alcanzaría las 196.580 Teracalorías en el Escenario Esperado, con una tasa de crecimiento anual promedio de 3,6%, y a las 175.881 Teracalorías en el Escenario de Alta Intervención, con una tasa de crecimiento anual promedio de 3,1%.

Respecto al Escenario Base, el efecto de políticas de UEE reducirían el nivel de consumo en un rango de 10% para el Escenario Esperado y en un 20% en el de Alta



intervención, las que equivalen a 23.017 y 43.716 Teracalorías, respectivamente (ver Tablas N° 4.20 y N° 4.21).

La elasticidad ingreso promedio del período es de 1,03 en el Escenario Base, la que se reduciría a 0,90 y 0,78 en los escenarios Esperado y Alta Intervención.

Tabla N° 4.20: Proyección del consumo de energía en el sector transporte bajo diferentes escenarios de UEE (Teracalorías)

AÑO	ESCENARIO		
	Base	Esperado	Alta Intervención
2010	98.561	97.150	95.753
2015	120.439	115.891	111.494
2020	147.136	138.212	129.790
2025	179.752	164.832	151.088
2030	219.597	196.580	175.881

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N° 4.21: Tasas de crecimiento del consumo de energía en el sector transporte bajo diferentes escenarios de UEE

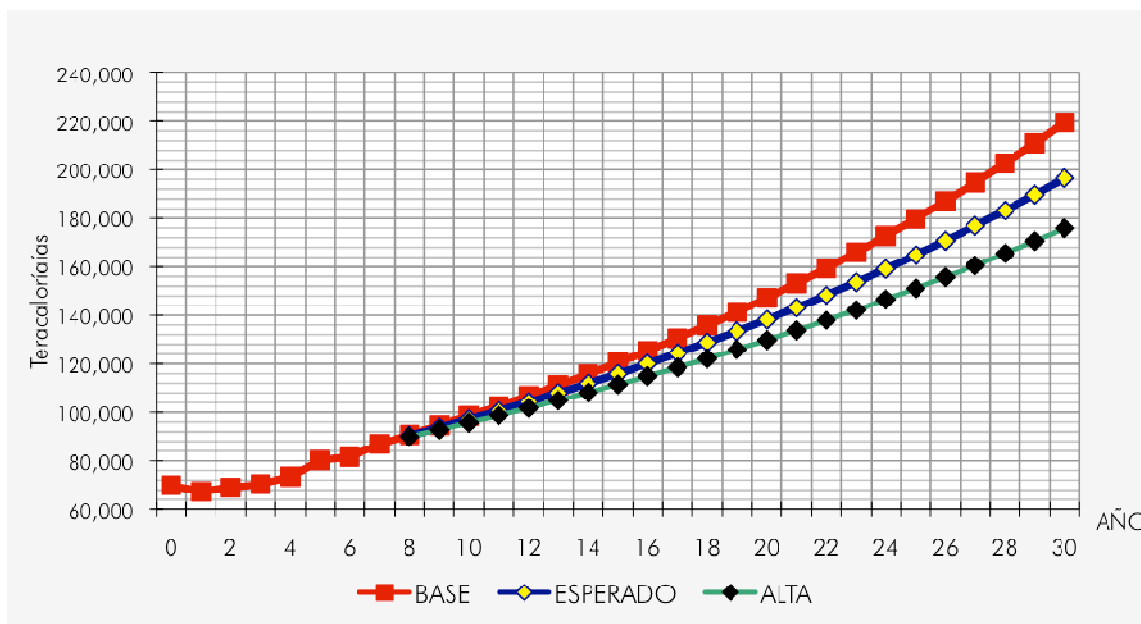
PERÍODO	ESCENARIO		
	Base	Esperado	Alta Intervención
2007 - 2015	4,2%	3,7%	3,2%
2015 - 2030	4,1%	3,6%	3,1%
2007 - 2030	4,1%	3,6%	3,1%

Fuente: Elaboración Propia.

En la Figura N° 4.8 se exponen las curvas proyectadas de consumo bajo los tres escenarios descritos.



Figura N° 4.8: Proyección consumo de energía para el sector transporte bajo diferentes escenarios de UEE



Fuente: Elaboración Propia.

4.3.1.3 Proyección del consumo de energía sector industrial y minero

El consumo de energía en el sector industrial y minero al año 2030 en el Escenario Esperado alcanzaría a 175.065 Teracalorías, con una tasa de crecimiento anual promedio de 2,8%, y a 156.503 Teracalorías en el Escenario de Alta Intervención, con una tasa de crecimiento anual promedio de 2,3%.

Respecto al Escenario Base, el Escenario Esperado reduciría el consumo en 11% al 2030 y el Escenario de Alta intervención en 20%, equivalentes a 20.658 y 39.221 Teracalorías, respectivamente (ver Tablas N° 4.22 y N° 4.23).

La elasticidad ingreso promedio del período es de 0,84 en el Escenario Base, la que se reduciría a 0,71 y 0,59 en los escenarios Esperado y Alta Intervención.



Tabla N° 4.22: Proyección del consumo de energía en el sector industrial y minero bajo diferentes escenarios de UEE (Teracalorías)

AÑO	ESCENARIO		
	Base	Esperado	Alta Intervención
2010	100.031	98.581	97.144
2015	118.308	113.800	109.444
2020	139.923	131.370	123.302
2025	165.488	151.652	138.914
2030	195.724	175.065	156.503

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N° 4.23: Tasas de crecimiento del consumo de energía en el sector industrial y minero bajo diferentes escenarios de UEE

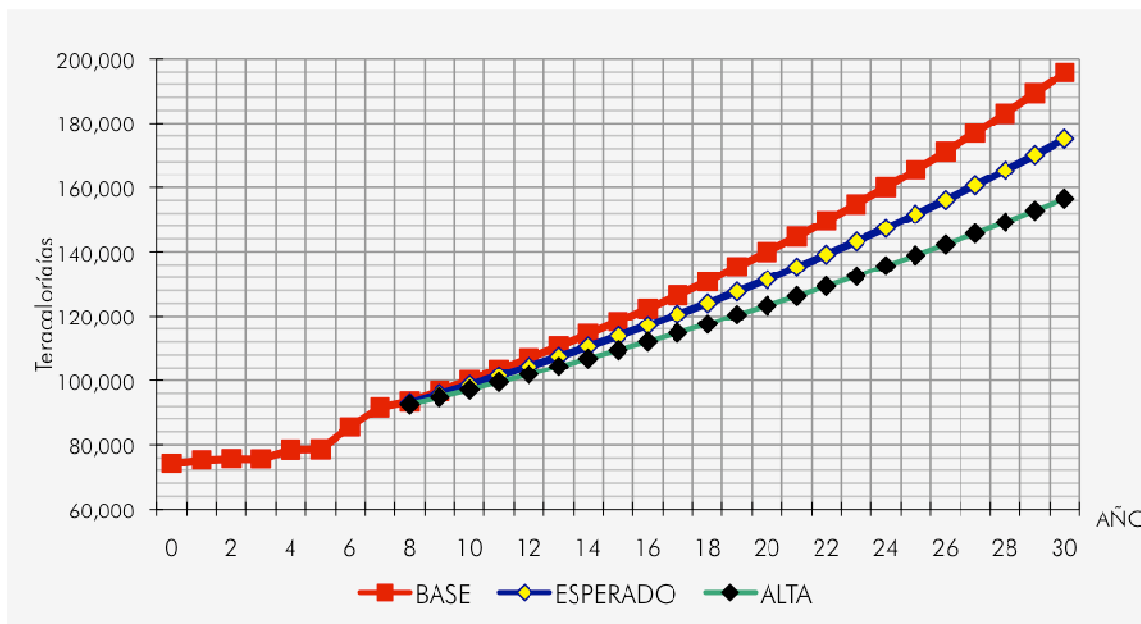
PERÍODO	ESCENARIO		
	Base	Esperado	Alta Intervención
2007 - 2015	3,2%	2,7%	2,2%
2015 - 2030	3,4%	2,9%	2,4%
2007 - 2030	3,3%	2,8%	2,3%

Fuente: Elaboración Propia.

En la Figura N° 4.9 se exponen las curvas proyectadas de consumo bajo los tres escenarios descritos.



Figura N° 4.9: Proyección consumo de energía para el sector industrial y minero bajo diferentes escenarios de UEE



Fuente: Elaboración Propia.

4.3.1.4 Proyección del consumo de energía sector comercial, público y residencial

El consumo de energía en el sector comercial, público y residencial al año 2030 en el Escenario Esperado alcanzaría a 89.749 Teracalorías, con una tasa de crecimiento anual promedio de 1,6%, y a 80.122 Teracalorías en el Escenario de Alta Intervención, con una tasa anual promedio de crecimiento de 1,1%.

De acuerdo a las proyecciones, respecto al Escenario Base el Escenario Esperado reduciría el consumo en 10.728 Teracalorías (11%) al 2030, y en 20.355 Teracalorías (20%) bajo el Escenario de Alta Intervención (ver Tablas N° 4.24 y N° 4.25).

La elasticidad ingreso promedio del período es de 0,78 en el Escenario Base, la que se reduciría a 0,59 y 0,41 en los escenarios Esperado y Alta Intervención respectivamente.



Tabla Nº 4.24: Proyección del consumo de energía en el sector comercial, público y residencial bajo diferentes escenarios de UEE (Teracalorías)

AÑO	ESCENARIO		
	Base	Esperado	Alta Intervención
2010	67.226	66.248	65.280
2015	74.382	71.522	68.758
2020	82.225	77.144	72.355
2025	90.894	83.208	76.139
2030	100.477	89.749	80.122

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 4.25: Tasas de crecimiento del consumo de energía en el sector comercial, público y residencial bajo diferentes escenarios de UEE

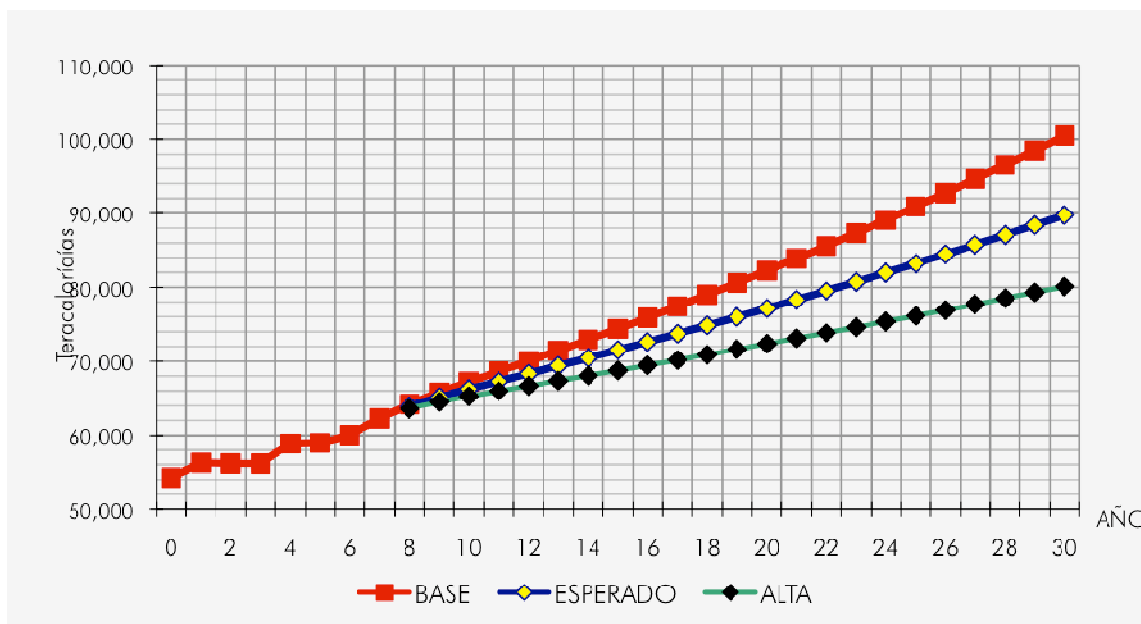
PERÍODO	ESCENARIO		
	Base	Esperado	Alta Intervención
2007 – 2015	2,2%	1,7%	1,2%
2015 – 2030	2,0%	1,5%	0,8%
2007 – 2030	2,1%	1,6%	1,1%

Fuente: Elaboración Propia.

En la Figura Nº 4.10 se exponen las curvas proyectadas de consumo bajo los tres escenarios descritos.



Figura N° 4.10: Proyección consumo de energía para el sector comercial, público y residencial bajo diferentes escenarios de UEE



Fuente: Elaboración Propia.

4.3.1.5 Estimación del uso eficiente de energía en los sistemas eléctricos

A través de los modelos econométricos presentados anteriormente se proyectaron los consumos en cada sistema eléctrico para el período 2008-2030, a los cuales se aplicaron los mismos escenarios de penetración de medidas asociadas al UEE ya descritos.

4.3.1.5.1 SING

El consumo de electricidad en el SING al 2030 en el Escenario Esperado alcanzaría a los 34.756 GWh, con una tasa de crecimiento anual promedio de 4,5%, y a 31.126 GWh en el Escenario de Alta Intervención, con una tasa anual promedio de crecimiento de 4,0%.

De acuerdo a las proyecciones, respecto al Escenario Base el Escenario Esperado se reduciría el consumo en 4.034 GWh al 2030, equivalentes a un 10% de ahorro, y en 7.664 GWh bajo el Escenario de Alta intervención, equivalentes a un 20% de ahorro (ver Tablas N° 4.26 y N° 4.27).

La elasticidad ingreso promedio del período se reduce de 1,25 en el escenario Base a 1,12 y 1,00 en los escenarios Esperado y Alta Intervención.



Tabla N° 4.26: Proyección del consumo de electricidad en el SING bajo diferentes escenarios de UEE (GWh)

AÑO	ESCENARIO		
	Base	Esperado	Alta Intervención
2010	15.075	14.862	14.652
2015	19.326	18.605	17.907
2020	24.431	22.963	21.578
2025	30.794	28.260	25.924
2030	38.790	34.756	31.126

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N° 4.27: Tasas de crecimiento de consumo de electricidad en el SING bajo diferentes escenarios de UEE

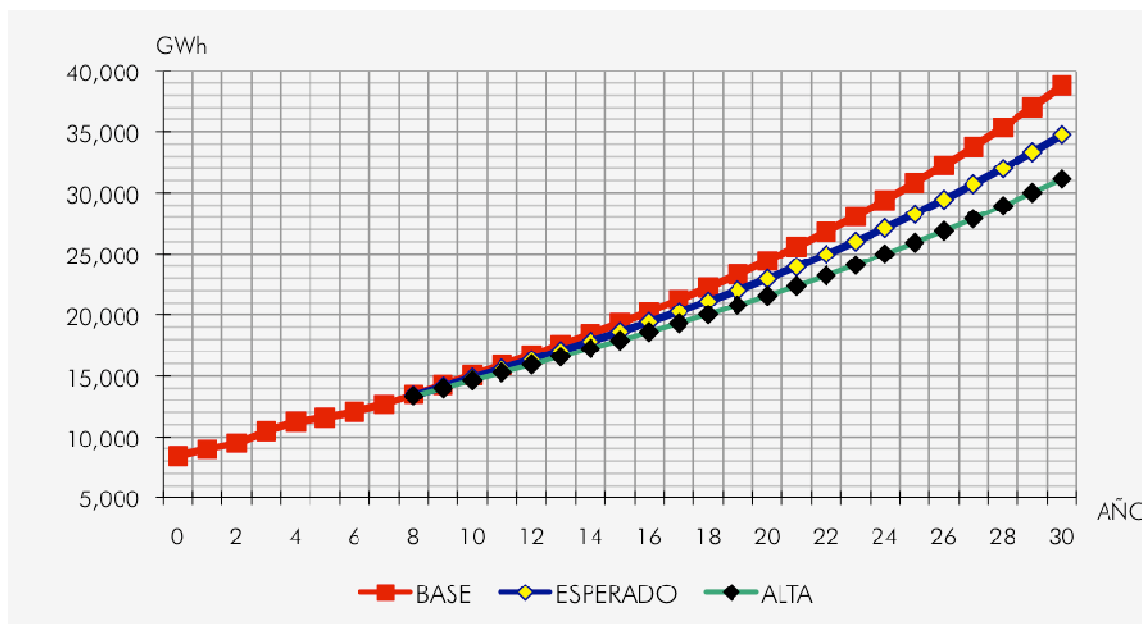
PERÍODO	ESCENARIO		
	Base	Esperado	Alta Intervención
2007 – 2015	5,4%	4,9%	4,4%
2015 – 2030	4,8%	4,5%	3,8%
2007 – 2030	5,0%	4,5%	4,0%

Fuente: Elaboración Propia.

En la Figura N° 4.11 se exponen las curvas proyectadas de consumo bajo los tres escenarios descritos.



Figura N° 4.11: Proyección de consumo de electricidad para el SING bajo diferentes escenarios de UEE



Fuente: Elaboración Propia.

4.3.1.5.2 SIC

El consumo de electricidad en el SIC al 2030 en el Escenario Esperado alcanzaría a los 94.848 GWh, con una tasa de crecimiento anual promedio de 3,8%, y a 84.881 GWh en el Escenario de Alta Intervención, con una tasa anual promedio de crecimiento de 3,3%.

De acuerdo a las proyecciones, respecto al Escenario Base el Escenario Esperado reduciría el consumo en 11.081 GWh al 2030, equivalentes a un 10% de ahorro, y en 21.048 GWh bajo el Escenario de Alta intervención, equivalentes a un 20% de ahorro (ver Tablas N° 4.28 y N° 4.29).

La elasticidad ingreso promedio del período es de 1,08 en el Escenario Base, la que se reduciría a 0,96 y 0,83 en los escenarios Esperado y Alta Intervención, respectivamente.



Tabla N° 4.28: Proyección del consumo de electricidad en el SIC bajo diferentes escenarios de UEE (GWh)

AÑO	ESCENARIO		
	Base	Esperado	Alta Intervención
2010	46.062	45.406	44.756
2015	57.127	54.977	52.900
2020	70.280	66.030	62.018
2025	86.302	79.155	72.570
2030	105.929	94.848	84.881

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N° 4.29: Tasas de crecimiento del consumo de electricidad en el SIC bajo diferentes escenarios de UEE

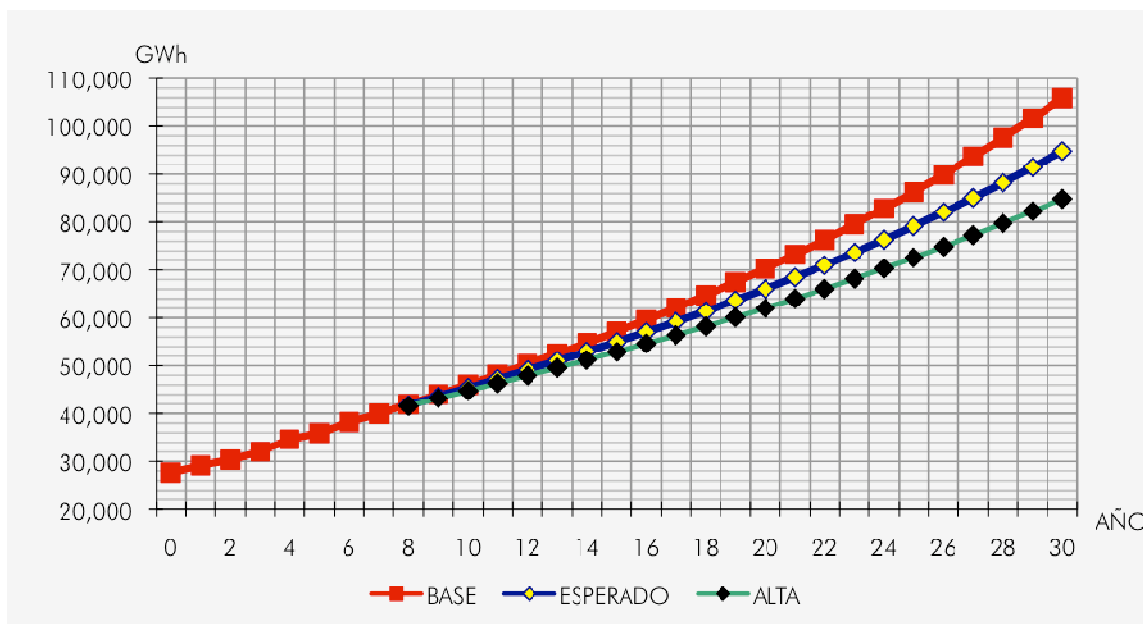
PERÍODO	ESCENARIO		
	Base	Esperado	Alta Intervención
2007 – 2015	4,6%	4,1%	3,6%
2015 – 2030	4,2%	3,7%	3,2%
2007 – 2030	4,3%	3,8%	3,3%

Fuente: Elaboración Propia.

En la Figura N° 4.12 se exponen las curvas proyectadas de consumo bajo los tres escenarios descritos.



Figura N° 4.12: Proyección de consumo de electricidad para el SIC bajo diferentes escenarios de UEE



Fuente: Elaboración Propia.

4.3.1.5.3 AYSEN

El consumo de electricidad en AYSEN al 2030 en el Escenario Esperado alcanzaría a los 212 GWh, con una tasa de crecimiento anual promedio de 3,1%, y a 189 GWh en el Escenario de Alta Intervención, con una tasa anual promedio de crecimiento de 2,6%.

De acuerdo a las proyecciones, respecto al Escenario Base el Escenario Esperado reduciría el consumo en 25 GWh al 2030, equivalentes a un 11% de ahorro, y en 47 GWh bajo el Escenario de Alta intervención, equivalentes a un 20% de ahorro (ver Tablas N° 4.30 y N° 4.31).

La elasticidad ingreso promedio del período es de 0,89 en el Escenario Base, la que se reduciría a 0,77 y 0,64 en los escenarios Esperado y Alta Intervención, respectivamente.



Tabla N° 4.30: Proyección del consumo de electricidad en AYSÉN bajo diferentes escenarios de UEE (GWh)

AÑO	ESCENARIO		
	Base	Esperado	Alta Intervención
2010	105	104	102
2015	129	124	119
2020	158	148	139
2025	193	177	162
2030	237	212	189

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N° 4.31: Tasas de crecimiento del consumo de electricidad en AYSÉN bajo diferentes escenarios de UEE

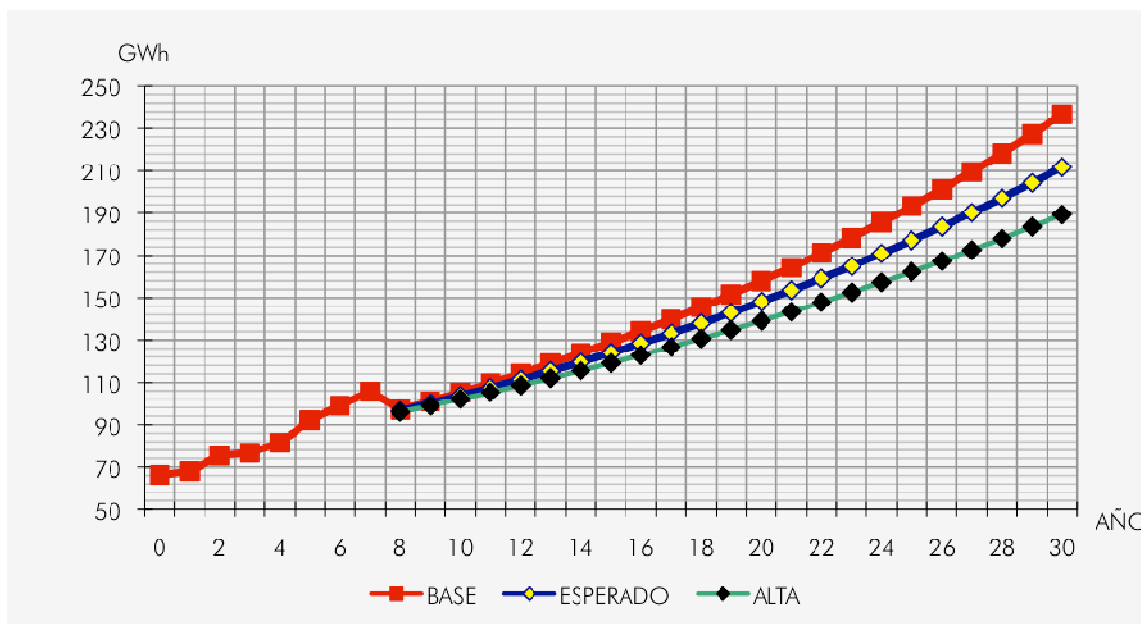
PERÍODO	ESCENARIO		
	Base	Esperado	Alta Intervención
2007 – 2015	2,5%	2,0%	1,5%
2015 – 2030	4,1%	3,6%	3,1%
2007 – 2030	3,6%	3,1%	2,6%

Fuente: Elaboración Propia.

En la Figura N° 4.13 se exponen las curvas proyectadas de consumo bajo los tres escenarios descritos.



Figura N° 4.13: Proyección de consumo de electricidad para AYSÉN bajo diferentes escenarios de UEE



Fuente: Elaboración Propia.

4.3.1.5.4 MAGALLANES

El consumo de electricidad en MAGALLANES al 2030 en el Escenario Esperado alcanzaría a los 415 GWh, con una tasa de crecimiento anual promedio de 2,8%, y a 371 GWh en el Escenario de Alta Intervención, con una tasa anual promedio de crecimiento de 2,3%.

De acuerdo a las proyecciones, respecto al Escenario Base el Escenario Esperado reduciría el consumo en 49 GWh al 2030, equivalentes a un 11% de ahorro, y en 93 GWh bajo el Escenario de Alta intervención, equivalentes a un 20% de ahorro (ver Tablas N° 4.32 y N° 4.33).

La elasticidad ingreso promedio del período es de 0,83 en el Escenario Base, la que se reduciría a 0,71 y 0,58 en los escenarios Esperado y Alta Intervención, respectivamente.



Tabla N° 4.32: Proyección del consumo de electricidad en MAGALLANES bajo diferentes escenarios de UEE (GWh)

AÑO	ESCENARIO		
	Base	Esperado	Alta Intervención
2010	242	238	235
2015	286	275	265
2020	337	316	297
2025	396	363	332
2030	464	415	371

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N° 4.33: Tasas de crecimiento del consumo de electricidad en MAGALLANES bajo diferentes escenarios de UEE

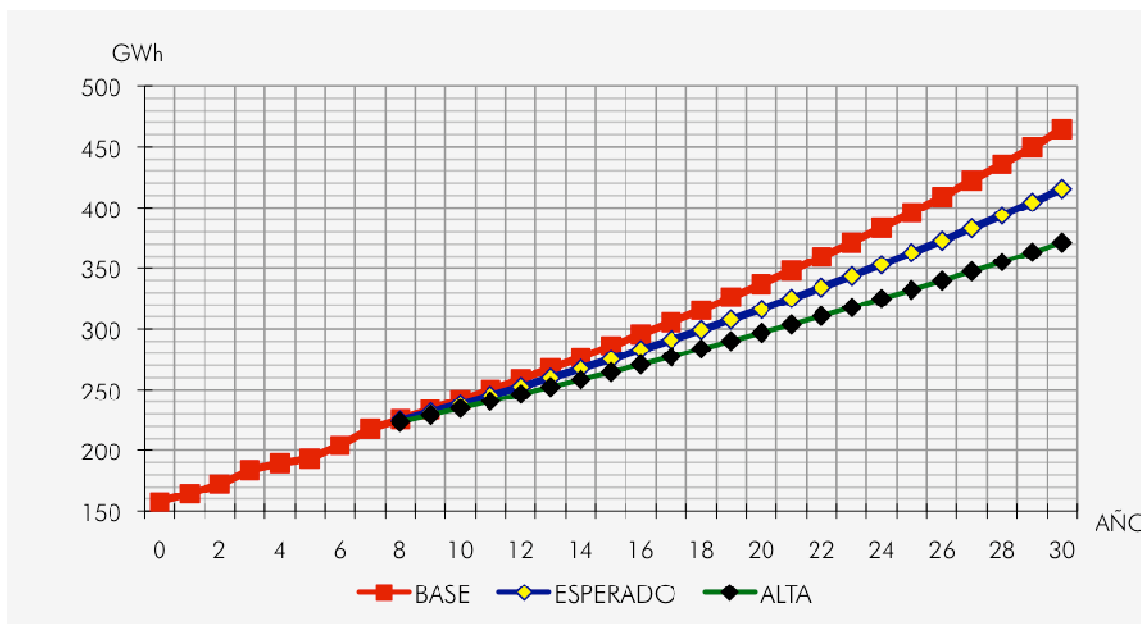
PERÍODO	ESCENARIO		
	Base	Esperado	Alta Intervención
2007 – 2015	3,4%	2,9%	2,4%
2015 – 2030	3,3%	2,8%	2,3%
2007 – 2030	3,3%	2,8%	2,3%

Fuente: Elaboración Propia.

En la Figura N° 4.14 se exponen las curvas proyectadas de consumo bajo los tres escenarios descritos.



Figura N° 4.14: Proyección del consumo de electricidad para MAGALLANES bajo diferentes escenarios de UEE



Fuente: Elaboración Propia.

4.3.1.5.5 Total sistemas eléctricos consolidados

El consumo de electricidad total al 2030 en el Escenario Esperado alcanzaría a los 130.231 GWh, con una tasa de crecimiento anual promedio de 4,0%, y a 116.567 GWh en el Escenario de Alta Intervención, con una tasa anual promedio de crecimiento de 3,5%.

De acuerdo a las proyecciones, respecto al Escenario Base el Escenario Esperado reduciría el consumo en 15.189 GWh al 2030, equivalentes a un 10% de ahorro, y en 28.853 GWh bajo el Escenario de Alta intervención, equivalentes a un 20% de ahorro (ver Tablas N° 4.34 y N° 4.35).

La elasticidad ingreso promedio del período es de 1,12 en el Escenario Base, la que se reduciría a 1,00 y 0,87 en los escenarios Esperado y Alta Intervención, respectivamente.



Tabla N° 4.34: Proyección del consumo de electricidad TOTAL bajo diferentes escenarios de UEE (GWh)

AÑO	ESCENARIO		
	Base	Esperado	Alta Intervención
2010	61.484	60.610	59.745
2015	76.868	73.981	71.191
2020	95.206	89.458	84.031
2025	117.684	107.955	98.988
2030	145.420	130.231	116.567

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N° 4.35: Tasas de crecimiento del consumo de electricidad TOTAL bajo diferentes escenarios de UEE

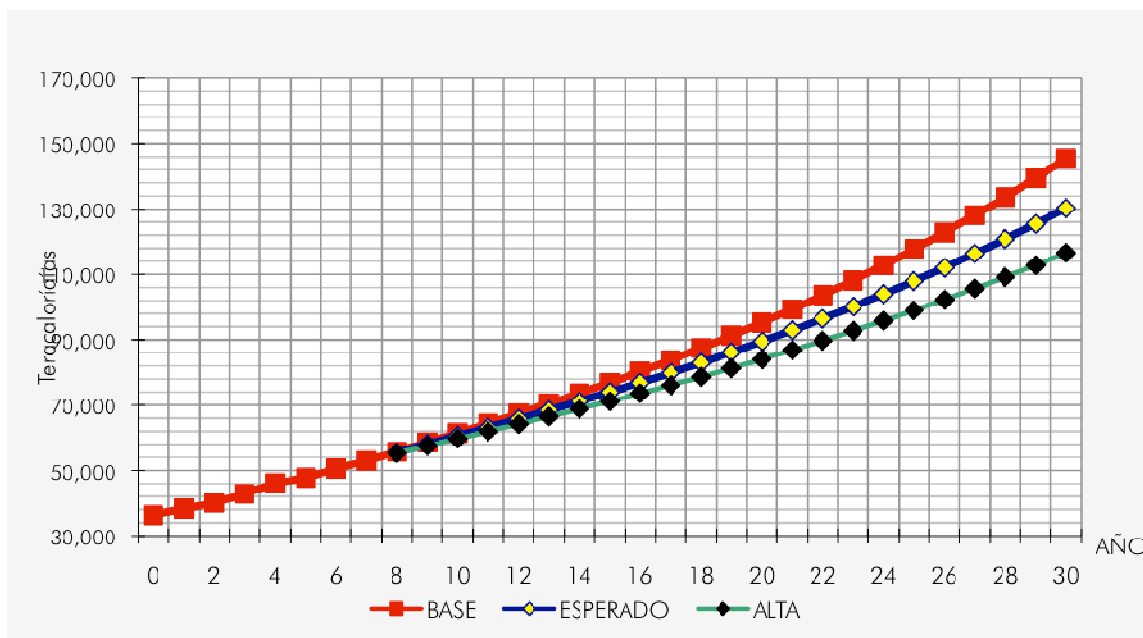
PERÍODO	ESCENARIO		
	Base	Esperado	Alta Intervención
2007 – 2015	4,8%	4,3%	3,8%
2015 – 2030	4,3%	3,8%	3,3%
2007 – 2030	4,5%	4,0%	3,5%

Fuente: Elaboración Propia.

En la Figura N° 4.15 se exponen las curvas proyectadas de consumo bajo los tres escenarios descritos.



Figura N° 4.15: Proyección de consumo de electricidad TOTAL bajo diferentes escenarios de UEE



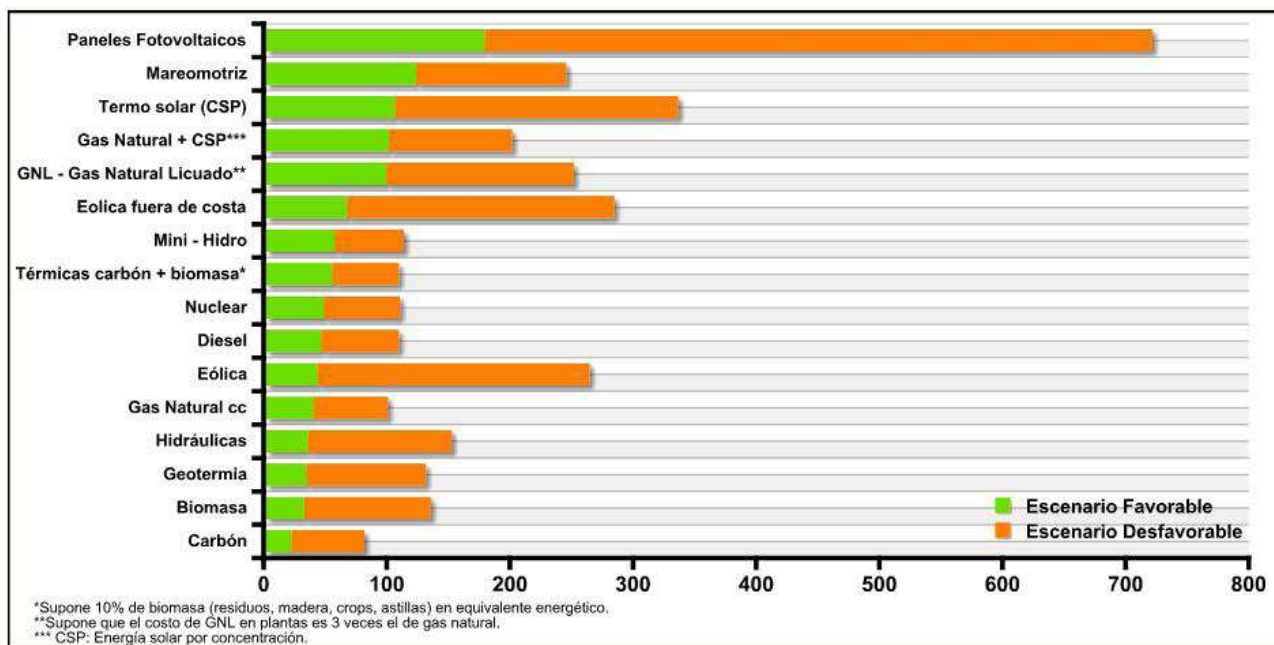
Fuente: Elaboración Propia.

4.3.2 El aporte de las energías renovables no convencionales (ERNC)

Pese a escenarios cada vez más favorables para las ERNC tanto en lo que respecta a costos comparados respecto de fuentes convencionales como a los flujos de inversión asignados en el mundo a este tipo de opciones (ver Figura N° 4.16), en Chile el aporte de las ERNC en la generación final de electricidad es mínimo. De hecho, en el año 2008 sólo el 2,7% de la capacidad instalada correspondía a ERNC (Bravo, 2009).



Figura N° 4.16: Rangos de costos de Nuevas Tecnologías (US\$/MWh)¹⁹



Fuente: CNE (2008).

Por su parte, las posibilidades de penetración de las fuentes renovables en el sector transporte son aún remotas, al menos en el corto plazo. La incorporación de componentes de origen vegetal (Biodiesel o Etanol) en nuestros combustibles está actualmente sólo a nivel de proyecto. Es más, de prosperar estas iniciativas, su participación volumétrica dentro de la mezcla sería muy baja y sólo con el fin de aportar mejoras a la calidad del producto final.

De este modo, el mayor potencial de penetración de las ERNC se encuentra en la generación de energía eléctrica, por cuanto sustituyen directamente el actual consumo de fuentes no renovables, tales como carbón y derivados de petróleo.

Tal posibilidad es más interesante aún dada las crecientes estimaciones de demanda eléctrica que se prevén para el 2020 y 2030. Así, el análisis expuesto a continuación aborda precisamente esta posibilidad, dejando de lado el potencial de los biocombustibles en el transporte.

19 Los costos de tecnologías de esta figura corresponden a los de generación estimados al año 2006. Sin embargo, si se incluyesen los costos de operación, es probable que estos costos se vieran significativamente alterados, especialmente en detrimento de las opciones nuclear y convencional al incorporarse el desmantelamiento y el transporte y almacenaje de combustible en el caso de la primera de las mencionadas. Además, tal como señala CNE (2008), "en el caso en que se valorizaran las emisiones relativas de carbono de cada una de estas tecnologías (a través de la implementación generalizada de mecanismos de compensaciones, por ejemplo), se vería una alteración significativa en estos costos relativos".



El aporte de las ERNC en la generación eléctrica se determinó estableciendo una relación entre el potencial de generación proyectada para este tipo de fuentes y la generación total del sistema estimada hasta el 2030, a partir de los escenarios de demanda ya desarrollados: Base, Esperado y de Alta Intervención de políticas sobre Uso Eficiente de Energía.

La proyección de la Generación Total del Sistema entre 2008-2030, se estimó a través de una regresión lineal entre el consumo eléctrico (en tercalorías) y la generación (conocida) para los años 1990-2007.

Ecuación N° 9:

$$GEN = 2.776 + 1,2 \text{ ELE}$$

(10,4) (104.8)

$$F = 19.837$$

$$R^2 = 0.99$$

$$N = 18$$

$$DW = 1,6$$

El potencial de generación de ERNC se obtuvo utilizando la capacidad instalada proyectada para los años 2015-2020-2030 (ver Tabla N° 4.36), a la cual se aplicaron los respectivos factores de plantas típicos estimados para cada tecnología (ver Tabla N° 4.37).

Tabla N° 4.36: Potencial de capacidad instalada por ERNC (MW)

FUENTE	AÑO		
	2015	2020	2030
Geotermia	300	1.200	2.400
Eólica	150	1.000	2.000
Minihidráulica	250	500	1000
Biomasa	150	500	1000
Total ERNC	850	3.200	6.400

Fuentes: para 2015 (Castillo y Maldonado, 2004); para 2020 se adoptaron los límites inferiores de los rangos de potencialidades estimados por CNE y contenidas en PNUD (2005); y para 2030 se asumió que se duplica capacidad alcanzada en 2020.



Tabla N° 4.37: Estimación de generación de electricidad por ERNC

FUENTE		AÑO		
		2015	2020	2025
Geotermia	Capacidad instalada potencial (MW)	300	1.200	2.100
	Generación máxima (GWh)	2.628	10.512	18.396
	Factor de planta típico	90%	90%	90%
	Generación potencial (GWh)	2.365,2	9.460,8	18.921,6
Eólica	Capacidad instalada potencial (MW)	150	1.000	2000
	Generación máxima (GWh)	1.314	8.760	16.206
	Factor de planta típico	35%	35%	35%
	Generación potencial (GWh)	459,9	3.066,0	6.132,0
Minihidráulica	Capacidad instalada potencial (MW)	250	500	1000
	Generación máxima (GWh)	2.190	4.380	6.570
	Factor de planta típico	60%	60%	60%
	Generación potencial (GWh)	1.314,0	2.628,0	5.256,0



Biomasa	Capacidad instalada potencial (MW)	150	500	1000
	Generación máxima (GWh)	1.314	4.380	7.446
	Factor de planta típico	75%	75%	75%
	Generación potencial (GWh)	985,5	3.285,0	6.570,0

Fuente: Elaboración Propia. Nota: en general se trata de factores de planta adoptados por la CNE. Se excluyó la energía fotovoltaica por carecerse de información. Los factores de planta típicos difieren escasamente de otros estudios.

Por su parte, para estimar la participación de las ERNC en la generación total de electricidad, debido a sus bajos costos variables se asumió que desplazarán al actual parque generador termoeléctrico (diesel y carbón).

Así, se mantuvo constante la participación de la generación hidroeléctrica, la que se asumió similar a la del período de muestra 1990-2007, equivalente al 53% de la generación total.

De acuerdo a la metodología descrita para el Escenario Base, al 2015 las ERNC representarían el 5,8% de la generación eléctrica nacional, el 16,4% al 2020 y el 20,7% para el 2030 (ver Tabla N° 4.38).

Tabla N° 4.38: Proyección de generación de electricidad con ERNC Escenario Base (GWh)

FUENTE	2015	2020	2030
ERNC	5.125 (5,8%)	18.440 (16,4%)	36.880 (20,7%)
Termoeléctrica	36.759 (41,2%)	34.278 (30,6%)	46.709 (26,3%)
Hidroeléctrica	47.230 (53%)	59.448 (53%)	94.259 (53%)
TOTAL	89.113 (100%)	112.166 (100%)	177.847 (100%)

Fuente: Elaboración Propia

Por su parte, para el Escenario Esperado, al 2015 las ERNC representarían el 6% de la generación eléctrica nacional, el 17,5% al 2020 y el 23,1% para el 2030 (ver Tabla N° 4.39).



Tabla N° 4.39: Proyección de generación de electricidad con ERNC Escenario Esperado (GWh)

FUENTE	2015	2020	2030
ERNC	5.125 (6%)	18.440 (17,5%)	36.880 (23,1%)
Termoeléctrica	35.242 (41%)	31.188 (29,5%)	38.151 (23,9%)
Hidroeléctrica	45.520 (53%)	55.963 (53%)	84.609 (53%)
TOTAL	85.887 (100%)	105.591 (100%)	159.640 (100%)

Fuente: Elaboración Propia.

Finalmente, para el Escenario de Alta Intervención, al 2015 las ERNC representarían el 6,2% de la generación eléctrica nacional, el 18,6% al 2020 y el 25,7% para el 2030 (ver Tabla N° 4.40).

Tabla N° 4.40: Proyección de generación de electricidad con ERNC Escenario de Alta Intervención (GWh)

FUENTE	2015	2020	2030
ERNC	5.125 (6,2%)	18.440 (18,6%)	36.880 (25,7%)
Termoeléctrica	33.775 (40,8%)	28.270 (28,4%)	30.449 (21,3%)
Hidroeléctrica	43.866 (53%)	52.672 (53%)	75.924 (53%)
TOTAL	82.766 (100%)	99.382 (100%)	143.253 (100%)

Fuente: Elaboración Propia.

4.4 REFERENCIAS

- Bravo, J. 2009. Energías renovables no convencionales en Chile. Presentación ofrecida en el Seminario "Energías Renovables no Convencionales". 4 de junio de 2009, Colegio de Ingenieros de Chile, Santiago.
- Castillo, G. y Maldonado, P. 2004. *Situación de la Energía en Chile: Desafíos para la Sustentabilidad*. Programa Chile Sustentable, Santiago.
- CNE, 2004. *ERNC: barreras y progresos*. Documento interno. Comisión Nacional de Energía, Santiago.
- CNE, 2007. *Balance de Energía 2007*. Comisión Nacional de Energía, Santiago.
- CNE, 2008. *Política Energética: Nuevos Lineamientos. Transformando la Crisis Energética en una Oportunidad*. Comisión Nacional de Energía, Santiago.



- Hall, S., Román, R., Cuevas, F. y Sánchez, P. 2009. *¿Se necesitan represas en la Patagonia?, Un análisis del futuro energético chileno*. Editorial Ocho libros, Santiago.
- Maldonado, P., Pontt, J. et. al., 2008. *Aporte Potencial de Energías Renovables No Convencionales y Eficiencia Energética a la Matriz Eléctrica, 2008 - 2025*. 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. (http://www.eula.cl/doc/chile_new_renewables.pdf).
- PNUD, 2005. *Apoyo al proceso de Implementación de una Política Energética Sustentable para Chile: Diagnóstico y Recomendaciones*. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Santiago.
- PRIEN, 2007. Estimación del potencial de ahorro de energía mediante el mejoramiento de la eficiencia energética de los distintos sectores de consumo de Chile. Subsecretaría de Economía, Fomento y Reconstrucción, Santiago
- Santiago Consultores, 2004. Estimación del potencial de ahorro de energía, mediante el mejoramiento de la eficiencia energética de distintos sectores de los consumos de en Chile. Comisión Nacional de Energía, Santiago.
- Universidad de Chile, 2003. *Análisis operacional y comercial de proyectos de cogeneración y energías renovables conectados a redes de subtransmisión y distribución eléctrica*. Comisión Nacional de Energía, Santiago.



PARTE II

FORTALEZAS Y DEBILIDADES DEL SECTOR ENERGÉTICO EN CHILE



5 IMPACTOS DE LA ENERGÍA SOBRE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

5.1 INTRODUCCIÓN

Una buena parte de las fuentes energéticas depende en algún momento de los servicios entregados por los ecosistemas, principalmente los flujos de agua para la hidroelectricidad o la biomasa para la calefacción y la generación eléctrica.

Por su parte, la apropiación y el uso que le damos a estas fuentes energéticas impactan a los correspondientes ecosistemas, influyendo en su capacidad de generar servicios tanto energéticos como de otra naturaleza.

Así, para que a futuro los ecosistemas nos sigan proviendo de estos servicios, es necesario velar para que estas actividades no perjudiquen su calidad e integridad (Williamson y McCormick, 2008).

Debido a que la actual búsqueda por diversificar las fuentes energéticas, aumentará la demanda por los servicios energéticos de los ecosistemas, su protección se hace aún más inminente.

Así, el desafío, que enfrenta tanto el mundo en general como Chile en particular, corresponde a satisfacer esta creciente demanda en una manera que no perjudique la provisión de servicios ecosistémicos.

En este sentido, desarrollar las correspondientes regulaciones de protección ambiental y avanzar tanto en la conservación de la energía como en la eficiencia energética son elementos indispensables para minimizar los impactos sobre los ecosistemas (Williamson y McCormick, 2008).

5.2 LA RELEVANCIA DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

Los servicios ecosistémicos corresponden a los bienes y servicios proporcionados por los ecosistemas naturales y modificados que benefician, sostienen y apoyan el bienestar de la gente.

Estos consideran servicios de suministro, como los alimentos y el agua; servicios de regulación, como la regulación de las inundaciones, las sequías, la degradación del suelo y las enfermedades; servicios de base, como la formación del suelo y los ciclos de los nutrientes; y servicios culturales, como los beneficios recreacionales, espirituales, religiosos y otros beneficios intangibles (Millenium Ecosystem Assesment, 2005).

Dada la relevancia de estos servicios, algunos autores consideran que toda actividad económica y social últimamente depende de ellos (Tschirhart, 2007). La Tabla N° 5.1 que sigue resume de manera gráfica estos servicios.



Tabla Nº 5.1: Servicios ecosistémicos

<p>Servicios de base</p> <p><i>Servicios necesarios para la producción de los demás servicios de los ecosistemas</i></p> <ul style="list-style-type: none">– Formación del Suelo– Ciclos de los nutrientes– Producción de materias primas	<p>Servicios de suministro</p> <p><i>Productos que se obtienen de los ecosistemas</i></p> <ul style="list-style-type: none">– Alimentos– Agua pura– Leña– Fibras– Bioquímicos– Recursos genéticos
	<p>Servicios de regulación</p> <p><i>Beneficios que se obtienen de la regulación de los procesos de los ecosistemas</i></p> <ul style="list-style-type: none">– Regulación del clima– Regulación de las enfermedades– Regulación del agua– Purificación del agua
	<p>Servicios culturales</p> <p><i>Beneficios intangibles que se obtienen de los ecosistemas</i></p> <ul style="list-style-type: none">– Espirituales y religiosos– Recreación y ecoturismo– Estéticos– De inspiración– Educativos– Sentido de identidad y pertenencia a un lugar– Herencia cultural

Fuente: Millenium Ecosystem Assesment (2005).



Estos servicios provienen de la combinación de suelo, animales, plantas, agua y aire presentes en los ecosistemas, elementos que pueden ser vistos como 'el capital natural' o el activo subyacente que permite el flujo de los servicios ecosistémicos.

Si este activo es agotado, la capacidad de los ecosistemas para proporcionar estos servicios es disminuida (Straton y Pearson, 2008). Lamentablemente, la actividad económica a menudo ha degradado este activo y disminuido los correspondientes servicios ecosistémicos, en algunos casos de manera irreversible (Tschirhart, 2007).

En función de que la destrucción de los ecosistemas y el deterioro de los correspondientes servicios conllevan un detrimento de la calidad de vida de las personas, éstos últimos deben ser reemplazados por medio de sustituciones tecnológicas.

Esta situación por lo general implica la sustitución de energía solar, que alimenta los servicios ecosistémicos, por energías fósiles, que abastecen las sustituciones tecnológicas. De este modo, se crea una retroalimentación negativa en donde la degradación de los ecosistemas genera un mayor uso de combustibles fósiles, lo que a su vez implica una mayor degradación de los ecosistemas (Bormann, 1976).

En función de estos antecedentes, desde 2003 la iniciativa conocida como "Evaluación de Ecosistemas del Milenio" de las Naciones Unidas ha tenido por objetivo evaluar las consecuencias de los cambios de los ecosistemas sobre el bienestar humano.

Luego de analizar una diversidad de ecosistemas y sus servicios a nivel global, el informe de 2005 expresa que el actual nivel de presión ejercido por la actividad humana pone en riesgo la capacidad de los ecosistemas del planeta para sostener a las futuras generaciones.

De hecho, este informe indica que el 60% de los servicios de los ecosistemas del mundo están degradados hasta el punto en que ya no ofrecen suficientes beneficios para las personas (Millenium Ecosystem Assesment, 2005).

En respuesta a esta situación, el concepto de los servicios ecosistémicos está ganando adherentes en académicos, organizaciones no gubernamentales, agencias reguladoras y el sector privado en países de todo el mundo.

A nivel gubernamental, este concepto está siendo incorporado en nuevas legislaciones, especialmente por medio del desarrollo de mercados ambientales y el pago por servicios ecosistémicos, incluyendo la reducción de emisiones de gases efecto invernadero, la mantención de la calidad del agua, la fertilidad de la tierra y la conservación de la biodiversidad.

Por ejemplo, Brasil y Costa Rica son líderes mundiales en la introducción de sistemas de Pagos por Servicios Ecosistémicos asociados a la captura de carbono y la protección de la biodiversidad (Waage y Stewart, 2008).

A diferencia de los enfoques convencionales para la gestión de los ecosistemas, en donde prevalece una distinción conceptual y metodológica entre sociedad y naturaleza, el basado en los servicios ecosistémicos coloca a la gente y el uso de los recursos



naturales como el punto de partida de la toma de decisiones.

Al entregar una visión integral orientada a la provisión continua de bienes y servicios ambientales por medio de la mantención de los procesos ecológicos esenciales, este enfoque puede ser utilizado para buscar un balance apropiado entre la conservación y el uso de la biodiversidad, especialmente en áreas en donde hay múltiples usos de los correspondientes recursos (Andrade, 2008).

Considerando estos antecedentes, a continuación este capítulo revisa los principales impactos de las distintas fuentes energéticas sobre diversos servicios ecosistémicos. Luego examina la capacidad de la institucionalidad ambiental vigente en Chile para abordar estos impactos, terminando con una serie de reflexiones y comentarios acerca de las principales debilidades y desafíos en materia institucional.

5.3 IMPACTOS AMBIENTALES DE LA PRODUCCIÓN Y DEL CONSUMO DE ENERGÍA

El conjunto de las etapas de apropiación, generación, transmisión y consumo de energía es una de las causas más importantes de deterioro ambiental, destacándose sus efectos sobre el calentamiento global, la contaminación atmosférica, la lluvia ácida, la contaminación radiactiva, la destrucción de ecosistemas y los vertidos de hidrocarburos.

Si bien no hay ninguna fuente de energía que no tenga impactos ambientales, las energías convencionales son comparativamente mucho más contaminantes que las renovables tanto convencionales como no convencionales.

Los impactos ambientales relacionados con la generación con la energía pueden ser clasificados de acuerdo a distintas perspectivas. Desde un enfoque espacial, los impactos pueden ser locales, regionales o globales. Desde un punto de vista temporal, los impactos pueden estar asociados a la construcción de las instalaciones necesarias para producirla, a la operación de dichas instalaciones o al consumo de la energía. Desde un punto de vista de los servicios ecosistémicos, los impactos pueden afectar el ciclo del agua, la capacidad de absorción de carbono, la producción de alimentos y medicinas, la provisión de suelos productivos, etc.

Esta clasificación debe aplicarse a las distintas fuentes de energías que, a su vez, pueden ser clasificadas en fósiles (carbón, petróleo y gas natural), renovables convencionales (principalmente leña, residuos madereros y grandes hidroeléctricas) y renovables no convencionales (solar, eólica, geotermia, mareomotriz, biocombustibles de segunda generación, etc.).

A esta clasificación, habría que agregar la energía nuclear, que si bien se ha señalado que es una fuente de energía no contaminante, cuestión en debate, no es renovable ni tampoco convencional.

Existe abundante literatura que compara con profundidad los impactos ambientales asociados a distintas fuentes energéticas. Dado que un análisis de esa naturaleza escapa los propósitos de este estudio, la Tabla N° 5.2 que sigue resume los principales



impactos de que las distintas fuentes de energía tienen sobre los servicios ecosistémicos y la biodiversidad.

Tabla N° 5.2: Fuentes de energía y sus impactos

FUENTE	IMPACTO SOBRE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS Y LA BIODIVERSIDAD	IMPACTO SOBRE EL BIENESTAR DE LAS PERSONAS
Combustibles fósiles: petróleo, gas natural y carbón	<ul style="list-style-type: none"> – Disminución de la biodiversidad debido al <u>calentamiento global</u> y los eventos de perturbación asociados, especialmente si están acompañados por un aumento en las tasas de extracción de recursos naturales. – Deterioro de los bosques, la agricultura y los ecosistemas acuáticos debido a la <u>contaminación atmosférica</u>. – Deterioro de los ecosistemas marinos debido a los <u>derrames de petróleo</u>. 	<ul style="list-style-type: none"> – Cambios en la distribución y pérdida de recursos naturales. – Aumento de enfermedades respiratorias debido a la mala calidad del aire. – Aumento de enfermedades gastrointestinales debido a la mala calidad del agua.
Nuclear	<ul style="list-style-type: none"> – Aumento del riesgo de daño a ecosistemas y especies debido a <u>posibles accidentes</u>. – Deterioro de fauna y flora acuática debido a la <u>descarga de agua a alta temperatura</u> luego de ser usada en el enfriamiento de reactores. 	<ul style="list-style-type: none"> – Aumento del riesgo de enfermedades asociadas a la radiación. – Disminución de la productividad de ecosistemas impactados por aguas a alta temperatura. – Posible desplazamiento de asentamientos humanos.
Hidroelectricidad a gran escala	<ul style="list-style-type: none"> – Pérdida de hábitat, bosques, especies, paisajes y sitios arqueológicos, interrupción del ciclo natural de ríos y degradación de la cuenca debido a la <u>inundación asociada a la construcción de grandes represas</u>. – Disminución aguas abajo del flujo hídrico debido al <u>aumento de la evaporación</u>. – Disminución de alimento para la flora y fauna del borde costero debido a la <u>retención de sedimentos ricos en nutrientes</u> en los embalses. 	<ul style="list-style-type: none"> – Alteraciones en la disponibilidad de recursos hídricos, impactando a comunidades y actividades económicas. – Desplazamiento de asentamientos humanos. – Alteración del paisaje.
Hidroelectricidad a pequeña escala	<ul style="list-style-type: none"> – Alteración aguas abajo del flujo hídrico debido a la <u>intervención de los ríos</u>. – Alteración de los patrones de fauna y flora debido a <u>intervención del sistema fluvial</u>. 	<ul style="list-style-type: none"> – Alteración del paisaje.



<p>Biocombustibles basados en recursos terrestres</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Disminución en la disponibilidad de suelos con potencial agrícola debido a la enorme <u>necesidad territorial</u> de los cultivos energéticos. – Deterioro de los bosques, la agricultura y los ecosistemas acuáticos debido a la liberación de <u>contaminantes químicos</u> a la atmósfera. – Disminución de la materia orgánica y de la capacidad de retener agua de la tierra debido a la <u>quema de residuos de cosechas</u> con fines energéticos. – Contaminación de la tierra y el agua debido al <u>uso extensivo de fertilizantes y pesticidas</u>. 	<ul style="list-style-type: none"> – Disminución de la seguridad alimenticia.
<p>Solar</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Posible degradación de áreas protegidas y deterioro del paisaje debido al <u>extensivo uso del suelo</u>. – Aumento del riesgo de ecosistemas y especies debido a la <u>descarga de compuestos químicos durante accidentes</u>. 	<ul style="list-style-type: none"> – Alteración del paisaje. – Aumento del riesgo de enfermedades asociadas a la contaminación.
<p>Eólica</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Aumento de la contaminación acústica debido al <u>ruido de las aspas</u>. – Deterioro ecológico debido a la <u>disrupción de los patrones migratorios de las aves</u>. – Deterioro del paisaje debido al <u>extensivo uso del suelo</u>. 	<ul style="list-style-type: none"> – Alteración del paisaje. – Aumento de la contaminación acústica.
<p>Mareomotriz</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Posible deterioro ecológico debido a la <u>disrupción de los patrones migratorios de peces, la reducción de áreas de alimentación de aves marinas e interrupción de los flujos de sedimentos</u>. 	<ul style="list-style-type: none"> – Competencia con otras actividades económicas como la pesca. – Riesgos a embarcaciones y actividades turísticas.
<p>Geotérmica</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Aumento de la contaminación de los cursos de agua superficiales y subterráneos debido a la <u>descarga de efluentes líquidos</u>. – Deterioro del terreno debido a la <u>erosión del suelo y posibles hundimientos</u>. – Aumento de la contaminación acústica debido a <u>ruidos operacionales</u>. 	<ul style="list-style-type: none"> – Degradación de atractivos turísticos y del suelo. – Aumento de la contaminación acústica. – Alteraciones en la calidad de recursos hídricos, impactando a comunidades y actividades económicas
<p>Leña</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Contaminación de la tierra y el agua debido al <u>uso extensivo de fertilizantes y pesticidas</u>. – Aumento de la contaminación atmosférica debido a una <u>combustión ineficiente</u>. – Potencial disminución del bosque nativo debido a su <u>sustitución por plantaciones con fines energéticos</u>. 	<ul style="list-style-type: none"> – Aumento del riesgo de enfermedades asociadas a la contaminación hídrica. – Aumento de enfermedades respiratorias debido a la mala calidad del aire tanto externo como intradomiciliario. – Alteración del paisaje.

Fuente: Elaboración propia a partir de Budnitz y Holdren (1976), CONAMA (2009), IEA (2002), Kammen y Pacca (2004), PCE (2003), Pirazzoli, Polanco y Gleason (2009) y Williamson y McCormick (2008).



Debido al carácter cualitativo de la información contenida en la tabla anterior, no es posible desarrollar comparaciones precisas acerca de los impactos sobre la biodiversidad y los servicios ecosistémicos de las distintas fuentes energéticas.

Sin embargo, la literatura especializada permite desarrollar algunas comparaciones generales en esta materia. En primer lugar, como refleja la tabla anterior, no hay ninguna fuente de energía que no tenga impactos ambientales. Incluso en el caso de la energía eólica, que intuitivamente puede aparecer como inocua, se han detectado impactos derivados de sus aspas que afectan el paisaje y las aves de la zona, modificando sus rutas migratorias y sus hábitat (Mosquera y Merino, 2006).

De todos modos, el impacto de las energías fósiles y nuclear es claramente superior al de las energías renovables, tal como lo destaca Bustos (2002), quien en función de un análisis de once impactos ambientales para siete fuentes generadoras de electricidad, indica que las fuentes convencionales son 31 veces más contaminantes que las renovables. A su vez, este autor expresa que dentro de las fuentes más contaminantes, las principales son el carbón y el petróleo, seguidas por la nuclear y terminando con el gas natural.

El bajo impacto de las energías renovables se explica por diversas razones. En primer lugar, los recursos energéticos renovables son inagotables y dispersos, disminuyendo los requerimientos de transformación y transporte.

Además, con excepción de la leña y los residuos madereros, las energías renovables no requieren de ningún proceso de combustión para la generación de energía, aspecto fuertemente relacionado con el calentamiento global y la contaminación atmosférica (Bustos, 2002).

De hecho, en Chile, uno de los principales problemas ambientales es la contaminación atmosférica local producto de la combustión de combustibles fósiles y leña. Si bien los combustibles difieren en la cantidad de gases y partículas que generan, se estima que el carbón es el más contaminante, especialmente debido a su alta emisión de partículas, óxidos de azufre y óxidos de nitrógeno.

En la actualidad la leña también es un importante agente contaminador del aire, particularmente debido a sus emisiones de partículas y óxido de azufre. Por su parte, el gas natural es claramente el combustible más limpio a nivel local (CONAMA, 2009).

Con relación a los riesgos sobre la salud, producto de accidentes de las distintas fuentes de energía, éstos también son variables, siendo nuevamente las renovables no convencionales las de menor impacto y las fósiles las de mayor impacto.

Por su parte, los riesgos de la energía nuclear son tan altos, que es de las pocas actividades no asegurables, quedando fuera del mercado de las empresas aseguradoras. Así, es el Estado quien debe absorber cualquier costo producto de los accidentes.



5.4 REGULACIÓN AMBIENTAL EN RELACIÓN CON LA ENERGÍA

Tanto la energía como el medio ambiente son cuestiones que por su naturaleza transversal cruzan gran parte del espectro institucional y regulatorio de un país. Por su parte, ambos sectores están estrechamente vinculados, ya que todo proyecto energético debe someterse a los requerimientos ambientales nacionales.

Lo anterior se debe a que las fuentes energéticas son intensivas en el uso de recursos naturales (geotermia, hidráulica, etc.) o a que el impacto ambiental asociado a la actividad energética (termoeléctricas, "granjas eólicas", etc.) tiene que someterse a evaluación de manera de conjugar los intereses puestos en balanza por la legislación ambiental chilena²⁰.

En términos generales, el marco legal ambiental de Chile se rige por la Ley 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente (LBGMA) de 1994 que fue introducida para regular de forma integral la protección del medioambiente.

A través de esta ley se crea también la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA), agencia encargada tanto de velar por la adecuada aplicación y cumplimiento de la mencionada legislación como de diseñar e implementar la política nacional de protección del medioambiente.

La LBGMA introduce en el sistema jurídico chileno diversos instrumentos de gestión ambiental: el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), las Normas de Calidad, las Normas de Emisión, los Planes de Prevención y Descontaminación, y la Participación Ciudadana. La LBGMA también incorpora elementos sobre la protección de áreas silvestres, el manejo de los recursos naturales y la aplicación de instrumentos económicos.

Si bien todos estos instrumentos son relevantes para el sector energético, el de mayor relevancia es el SEIA. Esto se debe a que este procedimiento no sólo condiciona la aprobación de los proyectos energéticos nuevos, sino también define su fecha de inicio y establece diversos requerimientos en materia ambiental.

De este modo, lo que interesa analizar en esta sección es el SEIA comprendido en la LBGMA y el Reglamento que regula detalladamente al sistema (Decreto Supremo N° 95 de 2001, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia), pues es el marco regulador ambiental básico para el desarrollo de proyectos en Chile, incluyendo los energéticos.

De acuerdo con el artículo 2 letra j) de la LBGMA, la Evaluación de Impacto Ambiental se define como: el procedimiento a cargo de la CONAMA o de la Comisión Regional respectiva, en su caso, que, en base a un Estudio o Declaración de Impacto Ambiental, determina si el impacto ambiental de una actividad o proyecto se ajusta a las normas vigentes.

20 En algunos países, como Suecia y Alemania, ambos sectores –o parte de ambos sectores- forman un solo ministerio, lo que devela la estrecha relación entre medio ambiente y energía. En Suecia, el actual Ministerio de Desarrollo Sostenible nació con el nombre de Ministerio del Medio Ambiente y Energía. En Alemania, el actual ministerio se denomina Ministerio del Medio Ambiente, Conservación de la Naturaleza y Seguridad Nuclear.



Así, durante el proceso de evaluación ambiental, los proyectos energéticos deben demostrar el cumplimiento de diversas normativas ambientales exigidas por distintas autoridades sectoriales, incluyendo normas de emisión atmosférica, normas destinadas a la protección de la biodiversidad, normas sobre caudales ecológicos y otras (CNE, 2008).

Además, los proyectos energéticos deben cumplir con los compromisos internacionales asumidos por Chile que dicen relación con el medio ambiente. También deben respetar lo que señalan algunos tratados de libre comercio en materia ambiental, como los con Canadá y Estados Unidos²¹.

Dentro del listado de proyectos que deben someterse al SEIA y que dicen relación con el sector energético, están incluidos los siguientes (artículo 10 LBGMA):

- Líneas de transmisión eléctrica de alto voltaje y sus subestaciones (letra b) Art. 10).
- Centrales generadoras de energía mayores a 3 MW (letra c) Art. 10).
- Terminales marítimos de combustibles (letra f) Art. 10).
- Proyectos de desarrollo minero, incluidos los de carbón, petróleo y gas a nivel de prospecciones y explotaciones (letra i) Art. 10).
- Oleoductos, gasoductos, ductos mineros u otros análogos (letra j) Art. 10).
- Producción, almacenamiento, transporte, disposición o reutilización habituales de sustancias tóxicas, explosivas, radioactivas, inflamables, corrosivas o reactivas (letra ñ) Art. 10).
- Ejecución de obras, programas o actividades en parques nacionales, reservas nacionales, monumentos nacionales, reservas de zonas vírgenes, santuarios de la naturaleza, parques marinos, reservas marinas o en cualesquier otra área colocada bajo protección oficial, en los casos en que la legislación respectiva lo permita (letra p) Art. 10).

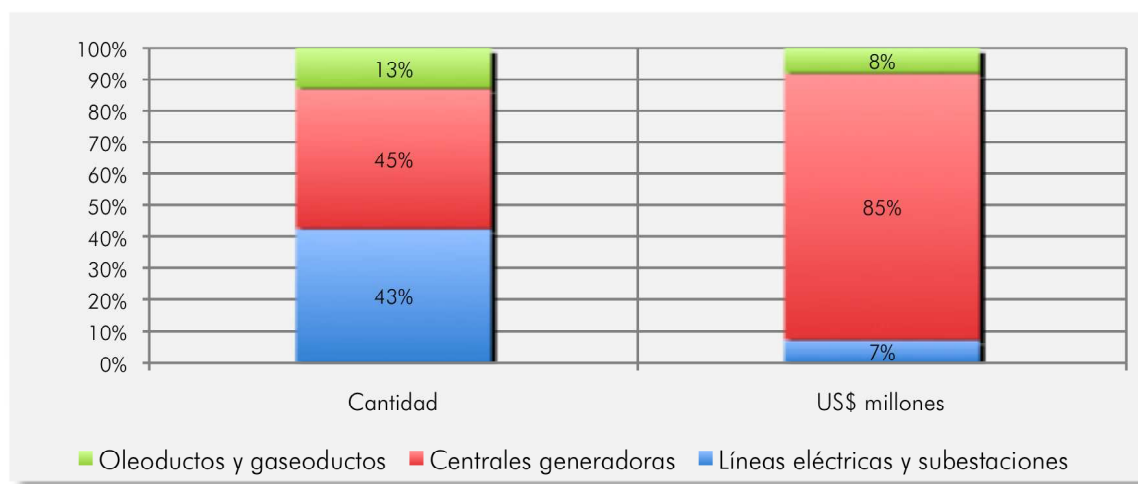
A mediados del 2008 (Daud, 2008) habían ingresado al SEIA 629 proyectos energéticos, de los cuales el 43% eran líneas eléctricas y subestaciones, 45% centrales generadoras, y 13% oleoductos y gaseoductos.

Por su parte, en su conjunto estos proyectos representaban una inversión de US\$ 31.613 millones, representando el 23,5% de la inversión sometida al SEIA. Las centrales generadoras representaban el 85% de la inversión, las líneas eléctricas y subestaciones el 7% y los oleoductos y gaseoductos el 8% (ver Figura N° 5.1).

21 En efecto, el tratado de libre comercio Chile-Canadá ha sido el instrumento en virtud del cual se ha tratado de impedir mega proyectos como el de HidroAysén por incumplimiento de la normativa ambiental. En este caso particular, la omisión en la evaluación ambiental de la consideración de normas que si bien son internacionales forman parte del ordenamiento jurídico chileno, a saber, el acuerdo internacional de recursos compartidos con la república de Argentina y que afecta precisamente a los ríos donde se pretenden emplazar las centrales de paso.



Figura N° 5.1: Proyectos energéticos sometidos al SEIA a junio de 2008



Fuente: Elaboración propia en base a Daud (2008).

Por su parte, mientras el Artículo 2 letra k) de la LBGMA señala que un impacto ambiental corresponde a "la alteración del medio ambiente, provocada directa o indirectamente por un proyecto o actividad en un área determinada", la CONAMA señala que corresponde a "el cambio neto (positivo o negativo) sobre el bienestar y salud humanos y de los ecosistemas de los cuales estos dependen, que resulta de los efectos ambientales producidos por las acciones humanas"²².

En consecuencia, el impacto ambiental ha sido entendido como un concepto neutro en el sentido que la alteración en el medio físico por causa humana puede ser negativa o positiva.

No hay que confundir los impactos negativos en el medio ambiente con la noción de externalidad ambiental negativa, propia de la economía ambiental más que del lenguaje jurídico. Si bien están estrechamente vinculadas, son diferentes. Mientras una externalidad ambiental negativa corresponde a una *interdependencia no compensada*, a un costo ambiental, cuyo valor monetario no está reflejado rigurosamente en el mercado, la noción de impacto ambiental negativo es más amplia, no reduciéndose a su dimensión económica.

Por otro lado, una cuestión distinta a la de impacto ambiental negativo, pero también relacionada, es la de responsabilidad ambiental. La responsabilidad ambiental es la consecuencia jurídica del daño ambiental.

Daño ambiental, de conformidad con el Artículo 2, letra e) de la LBGMA, es "toda pérdida, disminución, detrimento o menoscabo significativo inferido al medio ambiente o a uno o más de sus componentes". Cuando el daño es significativo es una cuestión que tiene elementos objetivos y subjetivos. Los subjetivos dicen relación principalmente con la labor interpretativa del aparato judicial. Dentro de los elementos objetivos, en cambio, deberían considerarse los impactos de la actividad, su evaluación y el

²² Véase en línea: http://www.conama.cl/educacionambiental/1142/articles-29099_recurso_1.pdf



cumplimiento en la prevención de otros añadidos, así como en la mitigación de los daños reconocidos.

En consideración de este marco normativo, a continuación se desarrolla un análisis crítico de la capacidad institucional vigente para abordar los principales impactos de los proyectos energéticos sobre la biodiversidad y los servicios ecosistémicos identificados con anterioridad.

5.5 DEBILIDADES DEL MARCO NORMATIVO AMBIENTAL EN LA EVALUACIÓN DE PROYECTOS ENERGÉTICOS

Si bien el SEIA es una herramienta de gestión ambiental necesaria, a través del tiempo ha demostrado poseer diversas debilidades. En primer lugar, debido a que tanto la definición legal como la ofrecida por la CONAMA entienden el impacto ambiental de manera estática y aislada, su cobertura es limitada.

Si bien el Artículo 12, letra g) del Reglamento del SEIA señala que en su análisis de los impactos ambientales los Estudios de Impacto Ambiental deben considerar “los impactos directos, indirectos, acumulativos y sinérgicos”, en función del enfoque caso a caso utilizado para evaluar los proyectos, en la práctica el SEIA no toma en consideración los efectos acumulativos del proyecto en cuestión.

Esta situación difiere significativamente de lo que ocurre en algunos países desarrollados. Por ejemplo, la legislación alemana exige que los impactos ambientales de los proyectos sean identificados, descritos y evaluados comprensivamente y a través del tiempo²³.

Por su parte, el SEIA, al no exigir la evaluación y presentación de diversos escenarios de tecnología y localización para los proyectos, no permite considerar el desarrollo de proyectos alternativos cuyos impactos ambientales son menores.²⁴

Además, al no considerar adicionalmente la noción de servicio ecosistémico, el SEIA tampoco exige evaluar los efectos de los impactos ambientales de los proyectos sobre otras actividades productivas que se benefician de los ecosistemas perjudicados.

En respuesta a las anteriores debilidades, diversos expertos han propuesto cambios al SEIA. Aparte de exigir una perspectiva acumulativa en la evaluación de los impactos ambientales, es común la sugerencia asociada a demandar de proyectos de gran

23 Environmental Impact Assessment Act. Publicada el 5 de Septiembre de 2001. Disponible en línea: <http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/uvpg.pdf>.

24 Este es un punto clave de cualquier Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, y de hecho ha sido uno de los puntos más controvertidos al momento de establecer este instrumento en cualquier país: la exigencia que se le puede imponer al titular de demostrar que ha evaluado ambientalmente otras alternativas (incluso la alternativa de no realizar el proyecto). Por ejemplo, la Directiva Europea en materia de Evaluación de Impacto Ambiental dispone que se podrá exigir al titular del proyecto, eventualmente (por lo tanto es una facultad discrecional), “un resumen de las principales alternativas examinadas por el maestro de obras y una indicación de las principales razones de una elección, teniendo en cuenta el impacto ambiental” (Anexo III, N°2, Directiva 85/337/CEE del Consejo, de 27 de junio de 1985, relativa a la evaluación de las repercusiones de determinados proyectos públicos y privados sobre el medio ambiente).



envergadura la evaluación y presentación de diversos escenarios de implementación, especialmente con relación al uso de distintas tecnologías y diversas localizaciones.

Por ejemplo, algunos proponen (Kausel, 2006) un procedimiento basado en dos etapas para proyectos con impactos ambientales o sociales potencialmente importantes. En la primera los titulares presentan los aspectos generales del proyecto, incluyendo diferentes opciones para su localización y para las tecnologías a utilizar, y las autoridades involucradas verifican cual de las alternativas cumple de mejor forma los requerimientos de ordenamiento territorial y de desarrollo regional. En tanto, en la segunda, una vez acordados los parámetros más importantes de localización y tecnología, el titular del proyecto presenta el Estudio de Impacto Ambiental de acuerdo a los procedimientos actualmente vigentes.

Por su parte, con el fin de abordar los conflictos entre distintos sectores productivos generados por los impactos ambientales de algunos proyectos, se sugiere que el SEIA exija la evaluación de los efectos de los proyectos sobre los servicios ecosistémicos afectados por sus actividades.

En otras palabras, los proyectos deben evaluar su impacto no sólo sobre los recursos naturales y componentes ambientales que afectan directamente, sino que también sobre los ecosistemas que los proveen.

Al posibilitar que la autoridad evalúe los potenciales impactos del proyecto sobre otras actividades económicas, este elemento permitiría no sólo prever potenciales conflictos sectoriales, sino que también desarrollar decisiones más complejas, pasando de un esquema tipo "checklist" a uno basado en "trade-offs" entre distintos usos de los ecosistemas (Cifuentes, 2006).

También se destaca la débil participación ciudadana en el SEIA, lo que motiva conflictos socioambientales importantes. Sin embargo, se espera que conforme a la próxima modificación de la institucionalidad ambiental nacional, la participación ciudadana obtenga un mayor peso en las diversas etapas de evaluación de todos los proyectos, incluidos los energéticos.

Otro aspecto relevante está relacionado con el sometimiento de las políticas públicas a lo que se conoce como evaluación ambiental estratégica (EAE). Si bien las EAE están consideradas en el Proyecto de Ley que crea el Ministerio del Medio Ambiente, su carácter es voluntario.

Esta práctica, de amplia aplicación en países desarrollados, impediría que una política emanada de un eventual Ministerio de Energía no sea sometida con anterioridad a su implementación a evaluar los costos y beneficios ambientales de la misma, ahorrando esfuerzos en la prevención y eliminando costos en la reacción.

Finalmente, una mención especial merecen los impactos de las fuentes de energía sobre el calentamiento global. Si bien la incidencia de Chile en esta materia es marginal, ya que emite poco más del 0,2% de los gases efecto invernadero a nivel mundial, avanzar hacia un sector energético poco intensivo en carbono es un imperativo para el país.



Esto se debe no sólo a razones relacionadas con probables exigencias futuras provenientes de la comunidad internacional, sino que también a desafíos de competitividad comercial.

Con respecto a la primera, cabe notar que el principio de responsabilidades comunes pero diferenciadas acuñado en la Cumbre de Río de 1992 esta siendo reinterpretado en el sentido que los países que no han asumido más compromisos que informar sus emisiones de gases efecto invernadero, como Chile, deberán asumir mayores obligaciones de cara a un Kyoto post 2012.

Con relación a la segunda, es importante considerar que aspectos relativos al calentamiento global están afectando de manera creciente la dinámica del comercio internacional. La introducción, por parte de los países industrializados, de elementos como la huella de carbono y la fuga de carbono en sus respectivas legislaciones afecta indirectamente a los sectores exportadores de países como Chile.

No adaptarse a estos nuevos requisitos implica reducir nuestra competitividad y capacidad de colocar bienes y prestar servicios en el extranjero (Urquieta, 2009).

Para avanzar hacia un sector energético menos intensivo en carbono, Chile debe seguir la experiencia internacional e introducir metas de reducción de emisión de gases efecto invernadero.

Estas deben ir acompañadas no sólo de instrumentos de fomento y regulatorios específicos que favorezcan el uso de energías no fósiles, sino que también de mecanismos económicos que incorporen los costos ambientales asociados a la emisión de estos gases. Esto se puede lograr por medio de diversas iniciativas, tales como los impuestos específicos a los combustibles fósiles y los sistemas de permisos de emisión transables.

5.6 REFERENCIAS

- Andrade, A. 2008. Introduction. En Andrade, A. (ed.) *Applying the ecosystem approach in Latin America*. IUCN, Gland: 3-12.
- Bormann, F. H. 1976. An Inseparable Linkage: Conservation of Natural Ecosystems and the Conservation of Fossil Energy. *BioScience* 26 (12): 754-760.
- Budnitz, R. J. y Holdren, J. P. 1976. Social and environmental costs of energy systems. *Annual Review of Energy* 1: 553-580.
- Bustos, M. 2002. Impactos ambientales de la producción de electricidad: Estudio comparativo de ocho tecnologías de generación eléctrica. Asociación de Productores de Energía Renovables, Madrid.
- Cifuentes, L. A. 2006. Comentarios al documento "Desafíos ambientales del desarrollo nacional 2006-2010: Evaluación y propuesta institucional" preparado por Sara Larraín. Seminario "Evaluación del Marco Institucional y de Gestión Ambiental en Chile", Expansiva, Santiago.



- CONAMA, 2009. Capítulo VIII: La Energía. CD Educación Ambiental Región del Bío-Bío. Documento producido por la Comisión Nacional de Medio Ambiente (CONAMA) y el Ministerio de Educación, con la asistencia técnica del equipo del Centro EULA – Universidad de Concepción. (<http://www.conama.cl/educacionambiental/1142/article-29100.html>)
- Daud, P. 2008. Normativa ambiental aplicable al sector eléctrico. Presentación ofrecida en el seminario Energía y Medio Ambiente. Colegio de Ingenieros de Chile. (http://www.ingenieros.cl/index.php?option=com_content&task=view&id=205&Itemid=418)
- Kammen, D. M. y Pacca, S. 2004. Assessing the costs of electricity. *Annual Review of Environmental Resources* 29: 301-344.
- Kausel, T. 2006. Casos emblemáticos para la institucionalidad ambiental chilena. En Foco N° 90. Expansiva, Santiago.
- Millennium Ecosystem Assessment, 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press, Washington, DC.
- Mosquera, P. y Merino, L. 2006. Empresas y Energías Renovables. Fundación Confemetal, España.
- PCE, 2003. Electricity, Energy and the Environment: Making the Connections. Wellington: Parliamentary Commissioner for the Environment.
- Pirazzoli, A., Polanco, R. y Gleason, J. 2009. Energías renovables: Una nueva política normativa para enfrentar una nueva crisis energética. *Revista de Justicia Ambiental* 1: 9-59.
- Straton, A. y Pearson, L. 2008. Importance of ecosystem services for sustainable development. *ECOS Magazine* 143: 28.
- Tschirhart, J. 2007. Introduction to special issue: Integrated modeling of economies and ecosystems. *Natural Resource Modeling* 20 (1): 1-6.
- Urquieta, C. 2009. Huella de carbono: el nuevo karma de las exportaciones chilenas en la economía global. Diario El Mostrador, 10 de julio de 2009.
- Williamson, L. y McCormick, N. 2008. Energy, ecosystems and livelihoods: Understanding linkages in the face of climate change impacts. Energy, Ecosystems and Livelihood Initiative. IUCN, Gland.
- Waage, S. y Stewart, E. 2008. Ecosystem services Management: A briefing on relevant public policy developments and emerging tools. Fauna & Flora International, Cambridge, UK.



6 IMPACTOS SOCIALES Y ECONÓMICOS VINCULADOS AL ABASTECIMIENTO FUTURO DE ENERGÍA

6.1 INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha percibido un riesgo latente de colapso del abastecimiento energético, especialmente luego de la disminución significativa de gas natural desde Argentina. La percepción de dependencia de hechos fortuitos, vinculados a aspectos climáticos que permitan el desarrollo del máximo potencial hidroeléctrico se ha manifestado también como un signo de debilidad asociado al desarrollo de la matriz energética nacional.

El problema de una matriz diversificada no es nuevo, y los cambios en los precios relativos ha puesto un elemento adicional para procurar una diversificación efectiva. Los problemas derivados del abastecimiento del gas natural agravó la dependencia de la matriz de los hidrocarburos, coincidiendo además con una volatilidad extrema de los precios en el mercado internacional, con su consiguiente impacto en la economía local. En un entorno en el que los precios de los productos energéticos se encarecen relativamente, los impactos negativos en la competitividad se manifiestan en el corto plazo, sin que existan opciones de mitigación y en el mediano plazo dificultan el crecimiento de la producción y del empleo.

En función del incremento sostenido de las tarifas vinculadas a hidrocarburos y la electricidad, el paradigma para la inversión futura energética parece estar definido en términos de la urgencia de disminuir la dependencia de hidrocarburos y de diversificar la matriz con énfasis en criterios de introducción de mayor autonomía, especialmente fomentando la producción de energía mediante ERNC y la eficiencia energética. Considerando que el desarrollo de la matriz energética genera la implementación de un programa de inversiones que produce efectos de corto y mediano plazo tanto en el plano económico y social como en el ambiental, este capítulo analiza estas materias para el contexto nacional.

6.2 LA MATRIZ ENERGÉTICA Y LOS SECTORES PRODUCTIVOS

Una proporción importante de la matriz energética tiene su origen de abastecimiento en fuentes externas. De hecho, en 2007 Chile importó el 68% de la energía que consumió: mientras el 100% del petróleo y carbón consumido fue importado, esta cifra alcanzó el 61% para el gas natural. Sólo la hidroelectricidad y la leña son domésticamente abastecidas (CNE, 2008).



Además, durante los últimos años se ha verificado un proceso sustitutivo del gas natural por derivados del petróleo, debido a la fuerte reducción de los envíos desde Argentina. Este proceso sustitutivo se agravó en el 2008, y ya no sólo las empresas generadoras de electricidad debieron afrontar la sustitución sino que también los sectores productivos que habían incorporado el gas como fuente energética, relativamente más barata y menos contaminante. Su abastecimiento decreciente y con precios al alza, presionaron a los productores a realizar las inversiones para revertir sus procesos a derivados del petróleo o carbón.

El impacto económico del problema de abastecimiento y de las variaciones de los precios relativos tiene dos vertientes directas en las funciones de costo de los sectores productivos, afectando su competitividad. Por una parte, consumen directamente las fuentes de energía secundaria y por ende quedan expuestos a los cambios en sus precios relativos, e indirectamente debido a la red de transporte de pasajeros y de carga, para movilizar a sus empleados, sus materias primas e insumos y la producción final.

La competitividad puede ser vista desde dos perspectivas principales: una de mediano y largo plazo que se vincula al cambio tecnológico, y que en el caso de países que no son productores de tecnología se incorpora a través de la incorporación de maquinaria y equipo; y otra de corto plazo que se vincula a la competitividad precio. En el caso de las fuentes secundarias de energía, la ganancia de competitividad se puede establecer en relación directa al avance en materia de eficiencia energética, en la cual las unidades de energía por unidad de producto se reducen, y de esta forma los productores logran disminuir la presión de costos de los energéticos. La competitividad precio es algo más compleja de medir porque depende de los cambios que se producen en los precios relativos, y su incidencia en el corto plazo puede ser decisiva para grupos importantes de productores.

Para la evaluación de la competitividad precio es necesario establecer cómo cambian los precios relativos de los insumos productivos y de la mano de obra, y por supuesto de los productos que se venden en el mercado interno o que se exportan. Por lo general, aquellos precios de insumos que aumentan menos que el precio medio de la producción provocan cambios positivos en la competitividad precio. A grandes rasgos, la competitividad precio de los sectores productivos en la economía chilena depende de cuatro precios clave: tipo de cambio, insumos energéticos, costos de transporte y mano de obra.

La competitividad precio sufre fluctuaciones importantes en el corto plazo en la medida que los precios clave son inestables, pudiendo haber evoluciones positivas o negativas de la competitividad precio. En años recientes, los precios clave han tenido evoluciones bruscas e inesperadas, con alzas y bajas significativas que han generado pérdidas importantes de competitividad precio.



Debido al sesgo exportador del modelo económico chileno, el desafío de la competitividad es clave para asentar la presencia de los sectores productivos en los mercados externos. Por un lado, la competitividad precio de los productores de exportables depende de lo que ocurra con sus ingresos por ventas que dependen de los precios de los commodities y del tipo de cambio. Si bien los precios externos últimamente han mejorado, no alcanzan a compensar la caída del tipo de cambio durante los años recientes. Por otro lado, los costos de los insumos energéticos se han encarecido sustantivamente, tanto los de los combustibles como los de la electricidad, lo cual ha repercutido directamente en los costos de producción y de distribución de los exportables. En este sentido, no sólo deben procurar la eficiencia técnica de sus procesos productivos, sino que además abordar de la mejor manera posible las coyunturas de precio que vulneran su competitividad precio en el corto plazo.

La incidencia de los costos directos e indirectos de los productos energéticos en los sectores productivos se aprecia en la Tabla Nº 6.1. En ella se aprecia que los sectores productores de bienes transables aparecen como los más expuestos directa e indirectamente a los costos de la energía, especialmente debido al consumo de electricidad y combustibles. También resaltan los servicios de transporte interno y externo.²⁵ Así, la política energética debe entregar señales adecuadas en términos de los cambios en los precios relativos, procurando que prevalezcan las tendencias de mediano plazo para que así los productores puedan asignar los recursos de inversión tecnológica en perspectiva.

²⁵ Es importante notar que si bien en la Tabla 6.1 los parámetros de incidencia consideran los factores técnicos y precios relativos que existían en 2003, es probable que a partir de 2006 se hubiesen generado cambios significativos en algunos precios clave.



Tabla N° 6.1: Incidencia de los costos energéticos en los sectores productivos

Sector Productivo	Combustible	Electricidad	Transporte			Incidencia Energía	Mano Obra
			Terrestre	Marítimo	Aereo		
<i>Productos agrícolas, fruta y pdtos pecuarios</i>	4,0%	1,0%	2,2%	0,0%	0,1%	7,3%	17,5%
<i>Productos silvícolas, pdtos de madera y de papel</i>	1,3%	2,6%	7,5%	0,0%	0,1%	11,5%	10,0%
<i>Pescados y mariscos, pdtos del mar</i>	3,5%	0,7%	1,0%	0,2%	0,2%	5,7%	14,0%
<i>Carbón y otros minerales</i>	2,2%	2,3%	7,6%	0,9%	0,0%	13,1%	9,8%
Petróleo crudo, combustibles y otros derivados	67,9%	0,3%	2,1%	0,1%	0,0%	70,5%	3,0%
Hierro y Cobre	1,9%	5,4%	2,6%	0,2%	0,0%	10,1%	9,3%
Carne	0,4%	0,6%	1,5%	0,0%	0,0%	2,4%	6,7%
Conservas de frutas y vegetales	1,8%	0,7%	3,3%	0,0%	0,1%	5,9%	10,4%
Aceites y grasas	1,4%	0,8%	3,0%	0,0%	0,1%	5,2%	7,1%
Productos lácteos	0,8%	0,7%	2,6%	0,0%	0,1%	4,2%	8,1%
Productos de molinería	0,3%	0,8%	3,2%	0,0%	0,1%	4,4%	5,6%
Alimentos para animales	0,5%	0,6%	2,3%	0,0%	0,0%	3,4%	4,3%
Pan, fideos y pastas	1,9%	1,0%	1,6%	0,0%	0,1%	4,6%	19,4%
Azúcar y almidones	1,5%	0,4%	4,8%	0,0%	0,1%	6,7%	7,0%
Otros productos alimenticios	0,7%	0,6%	3,6%	0,0%	0,1%	5,0%	11,8%
Alcoholes y licores	1,2%	0,6%	3,8%	0,0%	0,2%	5,7%	12,2%
Vinos	0,2%	0,3%	1,9%	0,0%	0,1%	2,6%	8,2%
Cervezas y Bebidas no alcohólicas	0,3%	0,4%	4,0%	0,0%	0,1%	4,8%	8,6%
Productos del tabaco	0,2%	0,6%	0,6%	0,0%	0,1%	1,4%	9,6%
Productos textiles	1,2%	1,8%	0,9%	0,0%	0,1%	4,0%	20,3%
Prendas de vestir	0,3%	0,6%	0,5%	0,0%	0,1%	1,6%	20,2%
Cueros, pdtos de cuero y calzado	0,3%	0,7%	0,9%	0,0%	0,2%	2,1%	19,1%
Impresos y grabaciones	0,3%	0,6%	1,3%	0,0%	0,1%	2,3%	23,4%
Productos químicos	3,8%	0,6%	2,1%	0,0%	0,2%	6,8%	13,4%
Productos de caucho y de plástico	0,5%	1,5%	1,7%	0,0%	0,2%	3,9%	13,6%
Vidrio, pdtos de vidrio y pdtos minerales no metálicos	3,3%	1,9%	4,3%	0,0%	0,1%	9,5%	11,4%
Productos básicos de metales no ferrosos, hierro y acero	1,6%	1,9%	1,4%	0,0%	0,1%	5,0%	9,9%
Productos metálicos	1,0%	1,1%	1,6%	0,0%	0,1%	3,8%	15,8%
Maquinaria y equipo de transporte	0,7%	0,7%	0,7%	0,0%	0,2%	2,3%	21,6%
Muebles y Otros productos manufactureros	0,7%	1,0%	3,0%	0,0%	0,1%	4,9%	19,6%
Electricidad, gas y agua	5,3%	34,4%	2,7%	0,0%	0,0%	42,4%	6,0%
Construcción	0,7%	0,3%	1,5%	0,0%	0,1%	2,6%	31,6%
Servicios comerciales	0,7%	0,9%	8,8%	0,4%	0,7%	11,6%	28,2%
Servicios de hotelería y de restaurantes	1,0%	1,4%	0,6%	0,0%	0,1%	3,1%	24,1%
Servicios de transporte terrestre de carga y pasajeros	19,1%	0,3%	2,4%	0,0%	0,0%	21,7%	18,5%
Servicios de transporte marítimo	8,6%	0,0%	4,3%	37,2%	0,2%	50,3%	4,0%
Servicios de transporte aéreo	10,3%	0,1%	0,3%	0,0%	9,2%	19,9%	10,6%
Servicios conexos de transporte	0,3%	0,9%	5,1%	0,0%	0,4%	6,7%	23,5%
Servicios de comunicaciones	0,1%	0,6%	0,4%	0,0%	0,4%	1,4%	10,6%
Servicios financieros y de seguros	0,0%	0,4%	0,7%	0,0%	0,2%	1,3%	29,2%
Servicios inmobiliarios y empresariales	1,1%	0,5%	0,7%	0,0%	0,3%	2,5%	27,6%
Servicios de propiedad de vivienda	0,1%	1,0%	0,0%	0,0%	0,0%	1,1%	1,4%
Servicios de administración pública	1,0%	2,5%	0,4%	0,0%	0,6%	4,5%	52,7%
Servicio de educación	0,2%	1,2%	0,6%	0,0%	0,0%	2,1%	69,4%
Servicio de salud	1,2%	1,1%	0,8%	0,0%	0,1%	3,2%	34,8%
Servicios de esparcimiento	0,4%	1,2%	0,7%	0,0%	0,3%	2,6%	21,6%
Otros servicios diversos	1,2%	0,8%	1,7%	0,0%	0,0%	3,7%	54,2%
Promedio Economía	4,0%	2,4%	2,6%	0,5%	0,3%	9,9%	21,7%

Fuente: Banco Central de Chile, Matriz de Insumo Producto 2003.



6.3 LOS IMPACTOS ECONÓMICOS DE CAMBIOS EN LOS PRECIOS ENERGÉTICOS

Desde la perspectiva de la competitividad precio, no sólo los sectores productivos requieren de señales claras de la evolución de mediano plazo, sino que también los sectores energéticos.

6.3.1 Mercados imperfectos y regulación

Una rápida revisión de lo que acontece con los precios de los energéticos permite constatar que todas las fuentes secundarias de energía están afectas a esquemas regulados, con la salvedad de la leña. La aplicación de esquemas de regulación responde generalmente a condiciones imperfectas de mercado, que en el caso de los energéticos principalmente se trata de producciones de tipo monopólico en las cuales un agente puede controlar el mercado a su conveniencia. Esto último no se refiere sólo a discriminaciones de precio, sino a condiciones de abastecimiento y de seguridad del mismo.

En el caso de la economía chilena, mientras la electricidad está regulada por la privatización de un monopolio estatal, para los combustibles el marco regulatorio está orientado a mantener un esquema de paridad de importación de corto plazo. En el caso de la electricidad, el modelo de agentes es por función, de modo que generación, transmisión y distribución tienen cada uno sus esquemas de regulación. En los combustibles la paridad de importación se ejerce sobre las fuentes secundarias de energía diferenciados por tipo de hidrocarburo.

Los determinantes de la regulación en la electricidad son fundamentalmente dos: a) algoritmo de indexación del precio final a la evolución de precios que se reajustan en función de tipo de cambio e IPC; y b) los incrementos marginales de la inversión. Por ende, la determinación de precios es también de corto plazo, según evolucione la coyuntura cada seis meses, y en el caso de fluctuaciones fuertes de los índices, se puede ajustar la tarifa en períodos aún más breves. En el caso de los combustibles, la paridad es semanal, y se aplica un modelo de estabilización que no se extiende más allá de un mes, con lo cual también la variación de precios tiene como referente el corto plazo únicamente.

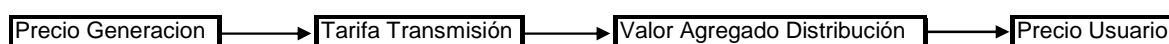
De acuerdo a este esquema, y según lo ocurrido en años recientes, el modelo inflacionario de la economía es relativamente simple en términos de sus variaciones de corto plazo, distinguiéndose el siguiente mecanismo que afecta el nivel de precios local: por un lado la línea base queda determinada por la inflación internacional, a la que se agregan los cambios endógenos que afectan a los productos energéticos que se verifican en los marcos regulatorios existentes, en los que el tipo de cambio tiene un rol preponderante. Desde la perspectiva de la competitividad precio global de la economía, sin duda que un proceso de determinación tarifaria para los energéticos de muy corto plazo impide una programación de mediano plazo que se centre en la productividad energética y que considere variaciones que no son estables en este período de tiempo.



6.3.2 Precios y costos de la energía

Los costos de la energía conforman la línea base que determina los precios de la generación, que es el precio de referencia clave para la fijación de precios finales de la electricidad. En este caso, existen dos tipos de tecnologías de producción con funciones de costo diferenciadas: la hidroeléctrica y la térmica, tradicional o de ciclo combinado, que depende de los hidrocarburos o del carbón.

A nivel de generadores, la determinación de precios depende fuertemente de los costos incrementales de la inversión, y en su continuidad de los indexadores de insumos clave. Así, el precio de mediano plazo será el resultado de las oscilaciones en las condiciones de corto plazo, cada seis meses, con lo cual al ser fluctuante la línea base, el valor final de la electricidad también lo será. Más específicamente, la ecuación de precios de la electricidad se define según el siguiente esquema básico:



Sin embargo, el esquema regulado no es aplicable a todos los agentes usuarios, sino que sólo es válido para los que están atomizados, son pequeños y no tienen capacidad de negociación. Los clientes grandes son capaces de negociar directamente con las generadoras, y sus precios se fijan en contratos que están afectos a plazos establecidos entre las partes. Las generadoras no están obligadas a suministrar las demandas de los usuarios, incluso puede darse que las propias distribuidoras no puedan tener acceso a precios regulados y se vean forzadas a constituirse en clientes libres, para garantizar el suministro a usuarios pequeños o residenciales.

Por su parte, el precio de la electricidad será función de las fuentes primarias, de los costos incrementales de la inversión en generación y transmisión, del valor agregado de distribución y de los polinomios de indexación. El resultado del modelo es una incertidumbre de corto plazo, en la que los productores quedan expuestos a cambios sustantivos cada tres meses, y en el mejor de los casos cada seis meses.

En el caso de los combustibles, los costos de producción dependen de la infraestructura de distribución y almacenamiento, de los insumos primarios importados y del costo de la energía secundaria, principalmente la eléctrica. El precio a los usuarios queda ajeno al costo de producción, ya que rige la paridad de importación, y por lo tanto ese algoritmo es el que determina el precio al usuario principalmente.

Se puede apreciar que el sistema de regulación tiene dos componentes diferenciados para la determinación de precios: en el caso de la electricidad se deja el precio final variable, y se garantiza una cierta rentabilidad de operación; mientras que en el caso de los combustibles el precio final es el que se determina, y los márgenes son variables, siendo la rentabilidad inestable en el mediano plazo. En ambos sistemas la regulación se constituye en una barrera a la entrada y existen riesgos de procesos de captura del regulador que no percibe los efectos de mediano plazo.



6.4 EL IMPACTO DEL DESARROLLO ENERGÉTICO

6.4.1 Los impactos de la inversión productiva

Si bien es muy probable que la matriz energética presentará crecimientos de todos sus componentes, se espera que las participaciones relativas serán distintas en función de las capacidades de acceso en términos técnicos y económicos. Desde la perspectiva de los impactos económicos y sociales, se puede distinguir dos tipos de impactos: programa de inversión y funciones de operación. El impacto sobre la economía de ambos procesos depende en gran medida de consideraciones técnicas vinculadas a la producción de infraestructura, incorporación de maquinaria y equipo, funciones de producción de energía secundaria.

En el caso de la producción de infraestructura, los componentes principales están consignados en dos grandes grupos: a) construcción y b) maquinaria y equipo. En el caso de la función de producción de energía secundaria, la intensidad de uso de los factores y la generación de encadenamientos productivos serán determinantes.

Las tipologías de inversión vinculadas a la producción de energía son las siguientes: obras civiles de embalses y de desarrollo de minas; infraestructura portuaria y de almacenamiento de combustibles; montaje industrial; y equipamiento, principalmente importado. La composición del monto de la inversión según las tipologías anteriores determina en gran medida los impactos económicos y de empleo. Mientras más intensivo sea el proyecto en construcción, mayor encadenamiento y generación de empleo, y por el contrario, si la maquinaria y equipo predominan en el monto de la inversión, los encadenamientos se debilitan y la creación de empleo también es de menor cuantía.

En la Tabla N° 6.2 se presenta la evaluación cualitativa de los impactos esperables en términos de generación de encadenamientos productivos y de impacto sobre el empleo asociado a los distintos tipos de inversión esperadas para los años venideros en función del desarrollo de la matriz energética. En la matriz analítica se consideran cuatro ámbitos de impacto: construcción, maquinaria y equipo, encadenamiento productivo e impacto sobre el empleo global, distinguiéndose los siguientes tipos de fuentes secundarias de energía: hidroelectricidad, termoelectricidad, hidrocarburos y ERNC. Los impactos son de orden cualitativo y su combinación permite establecer una conclusión global en términos de actividad económica y de generación de empleos. En todo caso, es necesario clarificar que estos impactos son sólo de corto plazo, en el mejor de los casos de dos a tres años.



Tabla Nº 6.2: Impactos económicos y sociales esperados por fuente de energía

Fuente	IMPACTO			
	Construcción	Maquinaria y equipo	Encadenamiento productivo	Impacto empleo global
Hidroelectricidad	Alta	Baja	Elevado	Elevado
Termoelectricidad	Baja	Alta	Bajo	Bajo
Hidrocarburos	Alta	Moderado	Moderado	Moderado
ERNC	Baja	Alta	Bajo	Bajo

Fuente: Elaboración Propia.

Ahora, el análisis de impacto debe centrarse también en la fase de operación, y nuevamente evaluar los encadenamientos productivos asociados a la red de proveedores, y los empleos directos e indirectos asociados. En una evaluación global de los impactos de la fase de operación, se tiene que tener presente que todos los proyectos de energía son intensivos en inversión, y que esta queda incorporada en el valor de la infraestructura y la maquinaria y equipo. La función de operación tiene entonces un sesgo capital intensivo, con una operación en extremo tecnológica, poco intensiva en mano de obra.

A modo de evaluación preliminar de la fase de operación, se puede concluir que los encadenamientos son bajos porque los insumos principales son recursos naturales disponibles (agua cruda, vientos, mareas) o bien son fuentes primarias de energía importadas (petróleo, carbón y gas natural), y sus funciones de operación utilizan sofisticada tecnología que requiere poco empleo directo, de mayor calificación. Al ser los encadenamientos más bien débiles, la red de proveedores involucra un número reducido de productores que más bien se concentra en la distribución de productos de origen importado.

6.4.2 Las externalidades de la inversión productiva

6.4.2.1 Inversión en generación de electricidad

Los proyectos de inversión para producir, transformar o transportar energía tienen características de alta intervención en los entornos adyacentes en los que se instala la infraestructura. En el caso de generación de electricidad, los impactos son de diferente índole según sea el tipo de tecnología que se aplica.



Así, en el caso de mega represas se inundan tierras y se intervienen cursos de agua, creando importantes impactos no sólo ambientales y de externalidades negativas hacia otras áreas productivas, sino que en algunos casos también pueden afectar asentamientos humanos por motivos de desplazamientos. Sin embargo, su radio de impacto está acotado, pudiendo generar impactos turísticos positivos, los que muchas veces son anulados por los negativos que causa en la intervención de zonas silvestres.

Cuando se trata de generación con tecnología térmica, los impactos ambientales son de mayor envergadura, y también generan impactos negativos sobre otras actividades productivas agropecuarias. Estas tecnologías no sólo generan contaminación atmosférica proveniente de las propias centrales, sino que los centros de acopio de combustibles o de carbón también generan impactos de deterioro de suelos en un radio bastante extenso.

6.4.2.2 Inversión en distribución de hidrocarburos

En el caso de infraestructura portuaria, de transporte y de poliductos necesaria para la adecuada gestión de combustibles líquidos, también se identifican impactos negativos ligados a la expropiación de suelos, en los bordes costeros, y en caminos de internación. También se generan impactos en las actividades agropecuarias mediante la alteración de superficie disponible y la intervención derivada de trazados que dividen propiedades o que entorpecen el libre tránsito de animales.

Por su parte, los riesgos de derrames y de accidentes con materias combustibles son relevantes, ya que pueden afectar suelos y también zonas marinas costeras, con el consiguiente impacto negativo sobre producciones pesqueras artesanales. Los conflictos sociales generalmente se vinculan a los flujos vehiculares y al desplazamiento de caletas de pesca artesanal. Por el lado de externalidades positivas, si bien las mejoras viales generan un beneficio en términos de mejorar la conectividad, en muchas ocasiones se ven debilitadas producto de los desplazamientos de actividades productivas que ocasiona la instalación del proyecto.

6.4.2.3 Deterioro de la frontera de producción

Si bien los proyectos de inversión energética contribuyen a la actividad económica del país, principalmente durante su fase de construcción, durante la operación requieren de poco empleo directo y los encadenamientos productivos son de índole débil. Los desplazamientos de producciones existentes, así como el empobrecimiento de suelos y contaminación de cursos de agua y bordes costeros, generan impactos permanentes en la capacidad productiva local.

Los conflictos sociales asociados a estas pugnas de intereses se presentan en las fases de instalación y por lo general se resuelven por la vía de compensaciones económicas. Si bien en la mayoría de los casos quienes reciben estas compensaciones son aquellos más directamente perjudicados por la localización del proyecto, otros actores que sufren impactos de manera indirecta o a mediano plazo no tienen la capacidad de verse compensados. Esta situación genera sin duda pérdidas sociales y económicas que no siempre son visualizadas en la valoración integral de los proyectos de inversión.



6.4.2.4 Inversión en ERNC

Las ERNC tienen como característica una menor generación de externalidades negativas. Las ERNC que usan intensamente fuentes naturales, como el viento, la energía solar y las mareas, tienen un impacto restringido que estará definido principalmente por los costos asociados a la localización de la planta productora. Por lo general, la evaluación social de estos proyectos es positiva, debido principalmente a dos aspectos claves. Por un lado, los insumos principales reúnen características de bienes públicos libres de muy difícil apropiación privada. Por el otro, su precio relativo está totalmente desvinculado del precio de las fuentes fósiles que a lo largo del tiempo se va encareciendo por mayores dificultades de acceso, por una menor disponibilidad efectiva del recurso y por su contribución al calentamiento global.

6.4.2.5 Reflexiones

No cabe duda que frente a los requisitos energéticos del crecimiento proyectado a 20 años plazo, los ajustes a los precios relativos tenderán a agudizarse y por ende las evaluaciones económicas deben considerar de manera manifiesta estas condicionantes. En este ámbito, la energía en las formas convencionales, especialmente las de origen fósil, no puede sino que ser fuente de encarecimiento debido a una escasez relativa inevitable. En este contexto, la eficiencia energética debe plantearse como fuente dinámica de riqueza económica, razón por la cual las evaluaciones de proyectos debieran considerar el ahorro energético como referencia de benchmarking de todo proyecto energético.

6.4.3 La eficiencia energética como fuente de creación de valor

Las proyecciones de demanda de energía están vinculadas a las correspondientes de crecimiento promedio de la economía. En el contexto de proyección al 2030, se ha planteado un escenario Base en donde el PIB crece a una tasa promedio anual del 4% y el consumo de energía total crecería al 3,5% anual, con lo cual la oferta de energía tendría que ampliarse en un 100% en los próximos 20 años.

Por su parte, se han planteado dos alternativas al escenario Base que se ha delineado. En un escenario de Alta Intervención en materia de eficiencia energética, la oferta de energía sólo crecería al 2,5% anual, lo cual supone que al 2030 se requeriría un 65% más de energía a la utilizada actualmente. En el escenario Esperado, de intervención más moderada, la oferta de energía total crecería al 3% anual, con lo cual el requerimiento al 2030 sería de incremento de 80% de la oferta actual de energía.

Todos los escenarios anteriores suponen una ampliación sustantiva de las fuentes energéticas actuales, comprendiendo importantes proyectos de inversión en materia de generación de energía, capacidad de almacenamiento de combustibles y transporte de los mismos, y de desarrollo de capacidad instalada en materia de ERNC. Sin embargo, estos proyectos serían menores para los escenarios con mayor eficiencia energética.



Considerando que desde un punto de vista macroeconómico la ejecución de tales proyectos supone un aporte importante a la economía con un impulso significativo al crecimiento del PIB, desde esta perspectiva sería conveniente optar por caminos energéticos con una menor penetración de la eficiencia energética. Sin embargo, esta mirada no entrega una visión integral, ya que al asumir una creación de valor de primer orden, no considera los impactos de segundo orden que pueden ser fuente de costos y beneficios económicos muy elevados. En otras palabras, no se puede condicionar la evaluación de un proyecto considerando sólo sus impactos de inversión productiva, abstrayéndose del producto que se está ofreciendo y del impacto que éste tiene en la dinámica del crecimiento y en la capacidad competitiva futura.

De este modo, un ejercicio de evaluación pondría en el lado de los costos la inversión de recursos que se requieren para lograr materializar la eficiencia energética y el menor impulso al crecimiento debido al menor requerimiento de proyectos de generación energética. Por su parte, los beneficios incluirían la expansión de la producción proveniente del aumento de la capacidad competitiva asociada a la obtención de similares objetivos productivos pero con menores insumos energéticos, el correspondiente impacto permanente en materia de empleos directos e indirectos, y la reducción de externalidades negativas. Adicionalmente, la eficiencia energética posibilita que las ERNC adquieran mayor incidencia en la oferta energética, y que por esta vía existan ganancias importantes en términos de reducción de la huella de carbono.



7 SEGURIDAD ENERGETICA DESDE UNA PERSPECTIVA GEOPOLITICA

7.1 INTRODUCCIÓN

El estudio de los fenómenos asociados a la seguridad se ve enfrentado a un sinnúmero de áreas de interés. Entre los diferentes ámbitos que cubre la seguridad a nivel tanto global como particular de cada estado, el concepto de seguridad energética ha ido obteniendo una mayor relevancia con el correr de los años.

En efecto, durante el último tiempo el vínculo entre seguridad y acceso a recursos energéticos ha venido ocupando una importante parte de la agenda de los analistas de los escenarios geopolíticos y estratégicos, quienes buscan garantizar una disposición suficiente de energía que permita desarrollar las diversas actividades nacionales.

Si bien el interés por la seguridad energética está generalmente basado en la noción de que un abastecimiento interrumpido de energía es crucial para el funcionamiento de la sociedad, definirla de manera exacta es complejo, ya que en la práctica es utilizada con diversos significados por diferentes actores (Kruyt et al., 2009).

Los científicos y los ingenieros la caracterizan como dependiendo de intensos esfuerzos en materia de investigación, desarrollo, innovación y transferencia de tecnología. El Banco Mundial expresa que la seguridad energética está basada en tres pilares: eficiencia energética, diversificación de abastecimiento, y minimización de la volatilidad del precio.

Los consumidores tienden a verla en función de servicios energéticos a precios razonables y libres de interrupción. Los productores de petróleo y gas se centran en la seguridad al acceso de nuevas reservas, mientras que las compañías de electricidad acentúan la integridad de la red de suministro. Finalmente, los políticos hacen hincapié en asegurar los recursos energéticos y la infraestructura frente al terrorismo y la guerra (Sovacool y Brown, 2009).

Este capítulo revisa la situación geopolítica que enfrenta Chile en materia de seguridad energética. Sin embargo, para contextualizar de mejor manera esta materia, antes de dicha revisión, la sección que sigue entrega detalles acerca de diversas visiones acerca de la seguridad energética.

7.2 VISIONES SOBRE LA SEGURIDAD ENERGÉTICA

En cierto modo, el término "seguridad energética" a nivel mundial ha evolucionado a través del tiempo en la medida que las amenazas y desafíos del abastecimiento de Estados Unidos, principal potencia mundial, han ido cambiando.



En la década de los años 50, y en una dinámica propia de la Guerra Fría, el término caracterizaba la protección de la producción doméstica de petróleo para así asegurar que se poseyera la cantidad de suministro necesario en tiempos de guerra, teniendo entonces una concepción de tipo más bien militar.

En los años 70, y como resultado del embargo del petróleo árabe de 1973, el concepto evolucionó hacia la protección frente a grupos de productores de petróleo que pudiesen emplearlo como arma para extorsionar a Estados Unidos de manera contraria a su interés nacional, pasando a constituirse en un sinónimo de independencia del suministro externo.

Más tarde, en las décadas de los años 80 y 90, tuvo una concepción más económica al buscar proteger a la economía de Estados Unidos, y de otros importantes países importadores, de los efectos negativos de eventuales interrupciones en el suministro. También del efecto del precio del petróleo en la economía, tanto americana como global (El-Gamal y Myers, 2008).

Luego de los atentados del 11 de Septiembre del 2001, la discusión sobre el concepto se enfocó en los costos asociados a la dependencia de regímenes cuyos intereses eran contrarios a Estados Unidos o sus aliados.

De esta forma, se analizó el efecto restrictivo que dicha dependencia podía imponer a la libertad de acción que el país requería en su accionar en el escenario internacional (El-Gamal y Myers, 2008).

Más recientemente, a partir del corte del suministro de gas natural que efectuó Rusia a Ucrania en enero del 2006 y de las amenazas de corte de abastecimiento de petróleo por parte de Irán, se observa una tendencia en que los países productores de petróleo usan su capacidad de acceder a vastas reservas de fuentes de energía como herramienta de presión para ser empleada en la obtención de sus objetivos políticos.

En la visión norteamericana, y de acuerdo a este nuevo escenario, la seguridad energética fue definida como la disminución de la vulnerabilidad de la economía a la reducción o corte de suministro de un recurso energético por parte de un proveedor o un grupo de proveedores o a un repentino incremento en el precio de recursos tales como el petróleo o el gas natural (El-Gamal y Myers, 2008).

Más específicamente, en función de la creciente escasez de materias primas energéticas a nivel global esta discusión ha implicado el surgimiento en Estados Unidos de una serie de preocupaciones acerca de los riesgos geopolíticos y los correspondientes impactos en la operación de los mercados globales energéticos, destacándose las siguientes (El-Gamal y Myers, 2008):

- cortes del suministro de petróleo o gas natural motivados por razones políticas por parte de un exportador principal;
- una confrontación con Irán relacionada con sus aspiraciones nucleares que pueda resultar en sanciones a las exportaciones de crudo iraní;
- ataques terroristas en las instalaciones de producción de petróleo o en la



infraestructura de exportación;

- posible expansión del conflicto o inestabilidad en Irak hacia otros países productores de petróleo o la escalada hacia una guerra de poder;
- fracaso en realizar las inversiones necesarias para alcanzar la creciente demanda global de energía por parte de los principales exportadores;
- cortes de las exportaciones de petróleo o gas natural o demora en la inversión de recursos, derivados del resurgimiento de nacionalismos, inestabilidad política interna o crisis políticas por la sucesión en el liderazgo;
- detención de la producción o huelga de trabajadores motivados por las tendencias políticas relacionadas con los derechos humanos o de la distribución del poder, debido a inestabilidad interna en un país que sea importante exportador de recursos energéticos; y
- destrucción de la capacidad productiva o de infraestructura de fabricación como resultado de los daños producidos por un desastre natural.

Con otra visión, la Unión Europea manifiesta una asociación entre la seguridad energética y el desarrollo sustentable, con un fuerte acento en la protección del medioambiente.

Así, no busca necesariamente maximizar la autosuficiencia del suministro o eliminar y/o disminuir la dependencia, sino que reducir los riesgos vinculados a tal dependencia por medio de la diversificación en las fuentes de suministro.

Tales riesgos pueden ser divididos (Pérez y Chacón, 2005) en aquellos de tipo físicos (como el agotamiento de fuentes de energía o la detención de la producción), económicos (relacionados con la fluctuación de precios e incluyendo los riesgos geopolíticos), sociales (generados por la demanda social ante inestabilidad del suministro) y medioambientales (causados por la cadena de la energía).

De acuerdo a los diferentes tipos de riesgos descritos en el párrafo anterior, la Unión Europea determinó tres conclusiones que constituyen los aspectos principales a ser considerados en su evaluación de riesgos energéticos.

Dichos aspectos que fueron enunciados en el Green Paper del año 2000 son que: a) la U.E. aumentará su dependencia de fuentes externas. El aumento de sus miembros no cambiará tal situación; b) la U.E. tiene una limitada capacidad para influir en las condiciones de suministro de energía. Estiman que sólo pueden intervenir en la demanda a través del ahorro en energía en la construcción y en el transporte; c) la U.E. no está en condiciones de responder al cambio climático si se consideran sus compromisos en el protocolo de Kyoto (Pérez y Chacón, 2005).

Llama la atención la capacidad y madurez política institucional de los diferentes estados integrantes de la Unión Europea para generar acuerdos políticos y económicos orientados a la integración y cooperación que permiten enfrentar de manera conjunta temas sensibles para cada nación, como lo es el energético.



Como ejemplo se puede citar el reciente acuerdo del gasoducto Nabucco, el que con una longitud de 3.300 kilómetros, llevará 31 billones de metros cúbicos de gas natural desde el Mar Caspio y el Medio Oriente hacia el interior de Europa. Este acuerdo, que se espera entre en funcionamiento el año 2014, constituye una importante alternativa al suministro energético de Rusia, que hoy satisface el 30% de la demanda de gas del viejo continente, beneficiando a Turquía, Rumania, Bulgaria, Hungría y Austria (BBC, 2009).

Para el caso de Chile, la Comisión Nacional de Energía en su documento "Política Energética: Nuevos Lineamientos" elaborado el año 2008, desarrolla el tema de la seguridad energética puntualizando los aspectos que podríamos definir como los de una política, o al menos, visión nacional sobre el particular.

La publicación destaca aspectos tales como la seguridad del suministro, el acceso de la población a la energía mediante la mantención del suministro a precios razonables, el ritmo de las inversiones que permitan satisfacer la evolución de la demanda mediante una generación que esté de acuerdo a los compromisos ambientales internacionales, entre las puntualizaciones más destacadas.

Asimismo, plantea la necesidad de la integración energética regional, aspecto que ha comenzado a adquirir una mayor trascendencia dentro de las soluciones en este ámbito. Este elemento tiene un importante efecto en las relaciones internacionales, especialmente si se considera la particular situación que tiene Chile en su relación con los países vecinos (CNE, 2008).

Este documento además plantea que pese a un probable incremento en los costos de las fuentes de energía tradicionales, y a los correspondientes impactos ambientales, los combustibles fósiles seguirán teniendo un papel primordial en la matriz energética en las próximas décadas.

En este contexto, el documento señala que los desafíos son tales, que se privilegiarán aquellas estrategias que permitan enfrentar varios aspectos de forma simultánea y que puedan ser costo efectivas. En este sentido, se destaca un aumento de las estrategias de eficiencia energética y de utilización de energías renovables.

7.3 LA SEGURIDAD ENERGÉTICA DESDE UNA PERSPECTIVA GEOPOLÍTICA

7.3.1 La energía como fuente de conflictos interestatales

Algunos autores, como Michael Klare en su obra "Guerra por los Recursos", manifiestan que las disputas por los recursos (los que entregan poder y riqueza) han ido adoptando una mayor preeminencia en el escenario internacional. Tales disputas, muchas veces entremezcladas con diferencias étnicas, religiosas y tribales, plantean un peligro real para la paz y la estabilidad en varias regiones del orbe (Klare, 2003).



En su análisis, Klare plantea la tendencia que tienen los diferentes países más importantes a partir de los años 90, al asignar una mayor preponderancia a las estrategias de orden económico y de seguridad de los recursos. En una generalización, se sugiere la existencia de un elemento economicista en las materias de seguridad nacional.

Así, la adopción de políticas de seguridad econocéntricas conduce a hacer una sobreestimación de la protección de los recursos, especialmente en los Estados que dependen de la importación de materias primas para mantener su eficiencia industrial. A lo anterior, se suma la trilogía representada por el crecimiento de la demanda, la probable aparición de escasez de recursos y la disputa por la propiedad de las fuentes.

La sobreestimación señalada, se potencia de manera lógica ante la casi total desaparición de los conflictos ideológicos, lo que coloca al tema de los recursos, especialmente de la energía, en el centro de la atención de las políticas de seguridad (Klare, 2003).

Así, la interacción de consumo y escasez potencia la voluntad de asegurar el máximo control de la fuente, lo que generará fricción y conflicto, fenómenos que terminarán tensionando el sistema internacional.

En muchos casos, estos conflictos se resolverán sin necesidad de recurrir a la violencia llegando a soluciones que permitirán zanjar la disputa cuando el beneficio económico sea mucho mayor que el probable costo de una guerra.

Sin embargo, en algunos casos el recurso en juego es considerado como vital para la supervivencia del Estado, o para su bienestar económico, lo que hace absolutamente soslayable la solución pacífica de la controversia (Klare, 2003).

Pese a que las fuerzas del mercado y la globalización contribuyen a evitar la violencia, en muchas situaciones de escasez de recursos, puede darse la ocasión en que ello no logre conseguirse.

Cuando ello suceda, las disputas por el acceso a recursos críticos podrán incluso considerar el uso de la fuerza en enfrentamientos armados. Al ocurrir lo anterior, dichos enfrentamientos tendrán la forma de luchas internas por el control de un recurso determinado, disputas territoriales por fronteras o zonas exclusivas y/o en litigio, enfrentamientos por el control de las líneas de comunicaciones marítimas o luchas regionales de poder en las zonas que contengan grandes reservas de recursos críticos, como las regiones del Golfo Pérsico y el mar Caspio.

En cualquier forma que ellas adopten, parece lógico describirlos como guerra por los recursos, puesto que son conflictos que giran en buena medida en torno de la búsqueda o posesión de materias cuya posesión es crítica (Klare, 2003).



A la luz de la literatura existente sobre las luchas por los recursos, emergen diferentes tipos de eventuales conflictos interestatales por la posesión de los recursos (Myers y Soligo, 2008). En primer lugar, aquella en que dos potencias tengan interés sobre la existencia de grandes reservas de recursos energéticos en una misma zona geográfica, lo que llevaría a una competencia de poder que podría escalar hacia un conflicto armado. Con todo, este parece ser el caso menos probable, dada la tendencia a solucionar los conflictos a través del uso de la diplomacia y de la cooperación.

Un segundo caso de guerra por los recursos que podría emerger como resultado de la escasez de abastecimiento, es aquel realizado por un país que sea un importante consumidor de petróleo contra otro país más pequeño y débil que sea productor de hidrocarburos, con la finalidad de tomar el control de éste.

Para este caso, se ha ejemplificado con la invasión de los Estados Unidos a Irak, a pesar de un sinnúmero de complejas motivaciones subyacentes que iban más allá del solo hecho de controlar la producción petrolera.

Otro evento extremo y poco probable de este tipo de guerra, estaría representado por el ataque de un país gran consumidor de recursos sobre un país vecino, de modo de lograr el control del territorio donde se encuentran los yacimientos y disponer así del petróleo para su disposición. En consideración al orden mundial y a las tendencias geopolíticas existentes, es muy difícil poder concebir que un conflicto territorial como el descrito pudiese producirse en nuestros días.

Continuando con la puntualización de los conflictos por recursos, se puede señalar a aquel que se produce, entre un país y otro, sobre un territorio en disputa y normalmente fronterizo en donde existe una importante cantidad de recursos. Como ejemplo de esta situación se puede citar la disputa que mantienen Vietnam y China sobre los recursos existentes en un área impugnada en el Mar de la China.

Por otra parte, un país exportador podría querer obtener el control de otro exportador con el objetivo de asegurar la rentabilidad que entregará la eventual producción de ese petróleo, de manera de obtener una posición de privilegio en el mercado del petróleo al reducir el número de proveedores o bien, para alcanzar sus objetivos político-estratégicos.

Este sería el caso de la Invasión de Irak a Kuwait, lo que sugiere que mientras se mantenga la condición de hegemonía militar norteamericana y la voluntad política del uso de la fuerza en la mantención del orden internacional, situaciones como la señalada no podrán escalar ni originar una crisis mayor, quedando definitivamente condenadas al fracaso.

En el ámbito de los conflictos intraestatales, la disputa entre milicias al interior de un estado puede adquirir la connotación de guerra por recursos, al tratar las partes de adquirir el control sobre la rentabilidad que entrega la posesión de tales recursos, lo que podría afectar el normal suministro.

Sin embargo, tales conflictos tienen una naturaleza más bien étnica, religiosa, política, social o de otro orden, que hace que la variable de los recursos constituya un objetivo de tipo económico para obtener financiamiento para la causa o para llamar la



atención y/o efectuar presiones sobre la comunidad internacional, más que para el control de recursos energéticos en sí.

Finalmente, el último tipo de disputa por los recursos está caracterizada por aquella en que un importante país productor trata de efectuar presiones sobre una potencia, o grupo de potencias industrializadas, mediante la reducción o corte del suministro del crudo, lo que podría desencadenar un conflicto armado. Esta sería la clara manifestación del uso del petróleo o de la energía como instrumento de poder, tema que se desarrollará más adelante.

7.3.2 La energía como instrumento de poder

En un mundo interdependiente y globalizado, la energía se ha transformado en uno de los factores gravitantes en las relaciones interestatales, dividiendo a los Estados en función de la posesión de recursos energéticos y del grado de dependencia externa.

Lo anterior no sólo caracteriza las relaciones comerciales, sino que además considera un vínculo mucho más complejo, en donde se entrelazan los aspectos de seguridad con los del desarrollo.

Consecuentemente, la energía se ha transformado claramente en uno de los principales recursos de poder de los Estados, cuyos efectos van desde la generación de conflictos hasta la consolidación de procesos de cooperación e integración (Izurieta, 2007).

La amenaza del uso del petróleo, o de la energía en general, como un arma ha ido tomando más fuerza en los últimos años en el escenario internacional, la que puede materializarse en la forma de corte del suministro.

Esta amenaza no es reciente sino que proviene de la primera crisis energética mundial materializada por el embargo de crudo establecido por Arabia Saudita a Estados Unidos y Holanda en el año 1973. A pesar de ello, aún no se han producido cortes prolongados como resultado del uso de este instrumento de poder (Myers y Soligo, 2008).

La preocupación sobre esta materia, radica en que un corte en el suministro ocasionaría un grave daño, sino perdurable, a una economía importadora de recursos energéticos, como el caso de Chile.

En opinión de Paul Isbell, en aquellas economías dependientes de una única fuente de importación de gas vía gasoducto, un corte prolongado en el suministro (de un mes o más durante el invierno) podría generar incluso pánico social y caos político, al igual que podría hacerlo una guerra (Isbell, 2007).

Los ejemplos más recurrentes del uso de la energía como instrumento de poder son los caracterizados por Venezuela e Irán, quienes han hecho declaraciones públicas amenazando con el corte del suministro de petróleo como una respuesta defensiva y como reparación por situaciones generadas por conflictos de tipo político o comercial.



En el caso de Venezuela, el Presidente Hugo Chávez amenazó, en febrero del 2008, con cortar las exportaciones de petróleo a los Estados Unidos si la Exxon Mobil continuaba con su demanda legal de anexar activos venezolanos en el oeste como pago colateral por la nacionalización de yacimientos petrolíferos.

En la práctica, Venezuela emplea el petróleo para influir en las democracias de América Latina y confrontar la influencia que ejerce Estados Unidos en la región (Rudnick, 2006). Ello le ha permitido ganar aliados principalmente en el Caribe y algunos países de Sudamérica, mediante una política de venta de crudo a precios preferenciales.

Con la misma estrategia, Irán manifestó su intención de cortar sus exportaciones de petróleo a Occidente si la coalición liderada por Estados Unidos imponía algún tipo de sanción sobre este país, de continuar éste con su plan para desarrollar armas nucleares.

De hecho, el líder iraní Ayatollah Ali Khomeini advirtió en junio del 2006 que "Washington debería saber que la más mínima mala conducta de su parte haría peligrar la seguridad energética de toda la región...ustedes no son capaces de garantizar la seguridad energética de la región" (Myers y Soligo, 2008: 21).

Sin embargo, ha sido Rusia quien ha ganado la mayor atención en el tema de la seguridad energética y de cómo podría afectar a Europa el hecho que este país esgrima a la energía como instrumento de poder.

Rusia posee grandes reservas de petróleo y gas natural lo que le confiere una fuerte posición para utilizar la capacidad de efectuar suministro energético como una herramienta que le entregue una posición de ventaja al negociar con la Unión Europea.

Se podría decir que incluso ha ido reemplazando sus medios militares por el poder que le entrega el suministrar recursos energéticos al oeste, capacidad que le permite ejercer su influencia sobre Europa. Así, la posibilidad que Rusia efectúe cortes de suministro ha llevado a los gobiernos europeos a ser mucho más cautelosos con los intereses rusos.

En Rusia, el sector energético es considerado como un "área estratégica", ya que no sólo representa una parte importante de su actual influencia geopolítica, sino que también su mayor fuente de ingresos estatales.

Lo anterior, empero, no constituye per se un riesgo para el abastecimiento (Isbell, 2007), ya que en efecto, Rusia ha empleado la energía como una herramienta en sus relaciones con los Balcanes y el Cáucaso.

Sin embargo, ello reflejaría una reestructuración de la influencia rusa sobre sus ex repúblicas satélites, tras un largo período de pérdida de poder frente a sus antiguos asociados periféricos (Isbell, 2007).

A mayor abundamiento, las interrupciones del suministro de gas, que han alertado a Europa respecto de la fiabilidad del suministro proveniente de Rusia, no se debe a razones estrictamente políticas sino más bien corresponde a una disputa comercial derivado de una política de precios.



Con todo, la disminución del flujo de suministro gasífero a Ucrania y Georgia contribuyó a que en esas ex - repúblicas soviéticas recordaran cuanto aún dependen de la voluntad del gobierno ruso (Isbell, 2007).

De ahí entonces que surge la necesidad europea de generar fuentes alternativas de suministro para aquellos países que dependen en un 100% del gas ruso, como lo constituye el antes nombrado gasoducto de Nabucco, el que está previsto suministre entre un 5 y un 10% de la demanda de gas de Europa, de manera de reducir la dependencia energética de esos países y así disminuir la influencia geopolítica que ejerce Rusia en el área, por medio del empleo de este recurso como instrumento de poder.

7.3.3 Dos respuestas: independencia e integración regional

El aspecto más relevantes de la seguridad energética es garantizar la continua disponibilidad de energía en variadas formas, en cantidades suficientes y a precios razonables (Khatib, 2001).

Así entendida, la seguridad energética entonces es un concepto que se refiere al grado de libertad que posee un país de contar con la energía necesaria para sus fines y que no está reducido a la dependencia de los mayores exportadores de petróleo.

La disponibilidad continua de la energía requerida para el consumo interno es una preocupación que ocupa una importante parte de la agenda energética de los países con menos recursos energéticos, en su relación con quienes les proveen de dichos recursos.

Como ejemplo de ello, se puede citar los casos de Ucrania frente a Rusia y el caso nacional frente a Argentina (Isbell, 2007). En ellos, los países abastecedores han provocado cortes relativamente prolongados (de un mes o más de duración) del suministro energético, lo que ha ocasionado serios inconvenientes económicos y sociales, como el alza del precio de la energía y, por ende, de algunos productos industriales.

Asimismo, estas situaciones han incidido en el precio del transporte y los efectos nocivos provocados por ello, junto a la razonable inquietud en la población, especialmente en regiones frías, en vista a una eventual falta de suministro energético durante los meses de invierno.

Así, para garantizar una situación de disponibilidad constante y suficiente de energía, se debe sortear el factor geopolítico asociado a este concepto. De esta forma, el logro de un nivel adecuado de seguridad energética requerirá que un porcentaje importante del suministro energético sea satisfecho dentro del territorio.

Por su parte, y si bien en cierto grado se opone al objetivo de la independencia energética, la integración energética regional es frecuentemente indicada como una respuesta para hacer frente a los riesgos geopolíticos de abastecimiento.

Hasta ahora, los procesos de integración económica regional en América del Sur han limitado en gran medida la posibilidad de conflictos bélicos regionales (Pérez y Chacón, 2005).



Asimismo, la integración económica ha generado la posibilidad de una mayor integración energética regional, con el consecuente desarrollo de múltiples proyectos de carácter multilateral.

Sin embargo, esta integración habría soslayado el tema de la seguridad energética, lo que requiere de incorporar esta variable como factor relevante en la elaboración de políticas públicas a nivel nacional y como tema de discusión en los foros e instancias regionales, asociados a los procesos de integración (Pérez y Chacón, 2005).

A juicio de algunos analista estratégicos, lo anterior se origina porque un proyecto integrador energético para América del Sur constituye una decisión política estratégica de largo alcance, que conlleva grandes costos y un sinnúmero de riesgos asociados, que además implica la necesidad de una planificación a largo plazo y la necesidad de robustecer los instrumentos integradores para la explotación de recursos.

Por cierto, la citada integración debería enfrentar importantes obstáculos para su ejecución, lo que la transforma, en definitiva, en una decisión de voluntad política, que no siempre contará con la simpatía del electorado (Sohr, 2006).

La mayor parte de los países de la región, exceptuando Chile y Paraguay, disponen de diversos grados de autonomía energética. En caso del último de los nombrados, éste posee más electricidad de la que necesita, mientras que por otra parte, no posee petróleo.

Esta realidad ha llevado a plantear la creación del llamado “anillo energético”, entre otras posibles formas de cooperación que permita el empleo más efectivo de los recursos. Para este caso, el principio integrador descansa en generar asociaciones que entreguen beneficios a todas las partes.

El problema está en los importantes obstáculos existentes para concretar tal iniciativa. Sólo Venezuela y Bolivia poseen recursos energéticos en un volumen tal que les permite exportar el excedente, por lo que ante la disyuntiva de suministrar el recurso energético a otro Estado o asegurar el propio suministro, siempre existirá la tendencia a privilegiar el abastecimiento interno al mejor precio, de manera de generar competitividad económica y bienestar a la población.

En consecuencia, cualquiera sea el nivel de integración que se alcance, la seguridad energética de cada uno de los países de la región deberá considerar fuentes variadas y renovables (Sohr, 2006).

Por otra parte, desde una perspectiva de seguridad, la naturaleza permanente y global del conflicto como fenómeno existente en cualquier relación, indica que a mayor cantidad de relaciones de dependencia de mercados extranjeros, mayor será la posibilidad de que exista un desacuerdo en que se utilice el suministro de un recurso energético como herramienta de poder, para negociar o zanjar, desde una situación ventajosa, la diferencia existente.



Lo anterior, cobra mayor validez mientras mayor sea la inestabilidad política del país proveedor. Es por ello que, en opinión del Comandante en Jefe del Ejército, se debe poseer una relación de interdependencia con los países de la región de manera que al proveedor de un bien o servicio le resulte costoso fallar en el suministro pactado, por el grado de complementación económica con el país receptor, situación de mutua dependencia que a la fecha no se estaría produciendo en esta relación (Izurieta, 2007).

7.4 EL ENTORNO ESTRATÉGICO REGIONAL PARA CHILE

La globalización de la economía y las comunicaciones, la creciente interdependencia de las relaciones entre los Estados, la proliferación de actores internacionales no gubernamentales y la amplia extensión de las empresas multinacionales por todo el mundo han caracterizado la naturaleza de los asuntos mundiales y creado nuevos paradigmas en las relaciones internacionales al principio del siglo XXI.

En este escenario el debate sobre la soberanía estatal ha ido adquiriendo una gran importancia, debate que ha identificado el surgimiento de nuevos tipos de amenazas. Estas nuevas amenazas afectan a los actores con diferente intensidad, debido a la naturaleza fragmentada de las relaciones y tensiones entre ellos, en donde el contexto regional tiene una gran importancia (Islam, 2003).

Algunas de las consecuencias posibles de ser observadas son la restricción de la soberanía de los Estado-Nación y la continuación de las discusiones por asuntos de carácter étnico y racial, a las que se suman tanto conflictos tradicionales entre Estados como otros de naturaleza emergentes.

Este panorama ocurre en un ambiente en donde todos los Estados dependen necesariamente de otros actores, ya que no pueden promover completamente por sí mismos sus intereses nacionales, aspecto que crecientemente se traduce en una tendencia hacia la cooperación internacional (Ministerio de Defensa Nacional, 1998).

En el actual sistema internacional, en donde el factor energético tiene un rol trascendente y existe una creciente tendencia hacia la formación de grandes bloques políticos y políticos comerciales, la que parece haberse acentuado en el último tiempo, podemos encontrar Estados con diferentes capacidades para ejercer influencia y poder.

Esta situación formula nuevas exigencias y responsabilidades sobre la soberanía estatal, en donde el grado incierto al cual un Estado soberano puede adaptar su comportamiento y papel a una serie de fuerzas externas es un asunto que requiere de la mayor atención, principalmente debido a que los países son movidos fundamentalmente por la necesidad de estructurar estrategias que le permitan alcanzar sus propios intereses (Mercado, 2004).

Así, y a pesar de su posición geográfica periférica, las fuerzas dinámicas que gobiernan las relaciones internacionales actualmente también han afectado Chile.



De hecho, la evolución de la región ha estado girando en torno a la dinámica creada por la globalización y el desarrollo regional. Esta dinámica ha tenido efectos tanto positivos como negativos en el continente, en donde los gobiernos y las sociedades buscan una política conveniente para optimizar su inserción en el proceso (MDN, 2003).

Este nuevo orden mundial y la tendencia a solucionar problemas en base al concepto de "paz democrática" han generado una visión generalizada entre los Estados de la región, la que tiene como denominador común a la solución pacífica de las controversias.

Habiéndose abandonado la exclusividad de la competencia y la disuasión como conceptualización estratégica, ésta asigna una mayor importancia a la cooperación internacional, fundamentalmente en el plano vecinal, de manera de generar un clima de distensión y confianza que permita acceder a relaciones menos condicionadas por la agenda histórica y más centradas en construir un futuro con mayor estabilidad (Salgado, 2007).

De esta forma, la región ha mostrado una tendencia hacia la disminución de conflictos entre Estados. Sin embargo, sería demasiado prematuro sostener que tales conflictos han desaparecido, ya que subyacen una serie de situaciones que han generado tensión entre algunos de los países de la región, siendo el energético un nuevo e importante componente (Falck, 2004).

A mayor abundamiento, estas situaciones, visualizadas como fuentes generadoras de conflictos, se han diversificado y a medida que se han estrechado los contactos, las posibilidades de discrepancia han aumentado proporcionalmente (Avendaño 2007).

7.4.1 La situación con Argentina

La cercana relación de Chile con Argentina, basada en la cooperación y la integración, hace que exista un sinnúmero de puntos de contacto e interacciones entre ambos países, lo que de acuerdo a la teoría de Julien Freund, podría generar roces que pudiesen escalar hacia un conflicto.

Esta creciente integración se desencadenó a partir de la vuelta a la democracia de ambos países y a la solución de 22 de las 24 diferencias territoriales que ambos Estados enfrentaban. Así, los líderes políticos tanto de Chile como de Argentina visualizaron esta integración económica como una forma no sólo de promover el crecimiento, sino también de consolidar la democracia (Speiser, 2008).

En el área energética, y bajo el Protocolo de 1991, se determinó el abastecimiento de gas natural por parte de Argentina a Chile, cometiéndose el error de dejar a Chile con un proveedor monopólico que elevaría los precios a los consumidores y con la posibilidad de efectuar un corte del suministro, todo ello sin el marco regulatorio adecuado que estableciera cómo operaría el transporte y distribución del gas desde el vecino país (Mares, 2004).



Esto condujo a la crisis del gas del año 2004, a partir de la cual se redujo dramáticamente el flujo de gas desde Argentina, quedando parte del sector industrial sin abastecimiento, provocando millonarias pérdidas a las empresas generadoras de electricidad, originando inquietud social ante el temor de la población por la ocurrencia de apagones y de eventuales faltas de suministro doméstico.

Esto en definitiva abrió importantes interrogantes sobre el suministro energético y produjo la revisión de la política energética del país junto a la búsqueda de otras fuentes de suministro y de energía.

En función de lo anterior, y con el propósito de buscar proveedores alternativos, se desarrolló el "Proyecto GNL", el que consideró la construcción de un terminal de regasificación de Gas Natural Licuado (GNL) en la bahía de Quintero.

A partir de éste se almacenará y regasificará el GNL, para luego ser entregado a los consumidores en las regiones de la zona central del país, suministrando una parte importante de la energía que requiere Chile y que antes importaba desde Argentina. Además permitirá contar con una nueva fuente de abastecimiento de gas natural que se sumará a las actualmente existentes (Roubik y Villarroel, 2008).

Gracias a este proyecto, Chile pasa de tener un proveedor de gas natural (Argentina) a tener más de 10 potenciales proveedores (entre ellos Trinidad y Tobago, Indonesia, Malasia y Australia), lográndose así la diversificación de suministro.

Sin embargo, se continuará dependiendo de fuentes externas cuyos precios podrían verse arrastrados por el alza del precio del petróleo en caso que se produzca una demanda desmedida en relación a la oferta (caso actual por la demanda de China e India) o por un conflicto político en zonas donde se concentra la producción de crudo (Roubik y Villarroel, 2008).

7.4.2 La situación con Perú

La pérdida de territorio experimentada tanto por Perú como por Bolivia después de la Guerra del Pacífico (1879-1883) está aún presente en las percepciones, sentimientos y en la política de ambos países.

En el caso peruano, a pesar de las múltiples diferencias de tipo político y de la evolución de la política de defensa nacional de Chile, la que ha disminuido la exclusividad de la disuasión como solución estratégica y ha asignado una mayor relevancia a la cooperación internacional, especialmente en el plano vecinal, aún existen temas de naturaleza conflictiva con el vecino país del norte (Izurieta, 2007).

Entre éstos se destaca la demanda que efectuó el Perú ante la Corte Internacional de Justicia de la Haya, acerca de la delimitación marítima con Chile. Esta presentación ha tenido diversos efectos en la relación entre ambos países. Mientras en lo político sobresale el aumento de la tensión en las relaciones entre ambos estados, en lo energético se destaca el fin definitivo del denominado "Anillo Energético Sudamericano" (Campodónico, 2009).



El Anillo Energético Sudamericano era un proyecto que tuvo su origen durante el año 2005 derivado de la inestabilidad política y social generada en Bolivia y que tenía por objetivo unir energéticamente a Perú con los países del cono sur de la región, tales como Argentina, Brasil, Uruguay y Chile.

El proyecto, que permitía el término de la dependencia de estos países del gas natural proveniente de Bolivia, respondía a la falta de confianza necesaria como para contar con los servicios del mencionado país, especialmente en función de su inestabilidad interna y de los anuncios de nacionalización de los hidrocarburos (Pérez y Chacón, 2005).

El proyecto consideraba la construcción de un gasoducto desde Pisco (Perú) hasta Tocopilla (Chile) en un recorrido de unos 1.200 kilómetros de longitud y con una capacidad de transporte de unos 30 millones de metros cúbicos diarios.

Parte del gas se transportaría a Argentina, Brasil y Uruguay a través de la red de gasoductos ya existentes. Con esto se podría comercializar parte del gas que es explotado en el sector de Camisea (Perú) y que es distribuido a través de redes de gasoductos a todo el país. Así, se pretendía utilizar parte de los excedentes de producción de la región para comercializar con las empresas termoeléctricas del Norte de Chile y las regiones del norte del país trasandino.

Sin embargo, con anterioridad a la demanda peruana sobre los límites marítimos diversos factores habían debilitado la materialización del proyecto en su conjunto. En primer lugar, el yacimiento Camisea no parece poseer las reservas en un principio estimadas (López y Stagno, 2008). Además, la carencia de una institucionalidad política apropiada que estuviera a cargo del anillo y la reticencia de Bolivia de integrarse a la iniciativa, hicieron fracasar el proceso para la materialización del proyecto (Solís de Ovando y Larraín, 2005).

De hecho, existen expertos que señalan que el éxito del Anillo Energético no pasaba por la inclusión de Perú, sino que por la participación de Bolivia, país que cuenta con las mayores reservas reales de gas natural (Revista EI, 2009).

Estas limitantes, en conjunto con una limitada capacidad de producción para satisfacer la demanda interna y los acuerdos entre Perú y México, si bien hicieron poco factible que la producción de Camisea hubiese abastecido a todos los integrantes del Anillo Energético, todavía existía la probabilidad de que hubiese provisto a Chile.

Ello equivalía a reducir el proyecto a un acuerdo bilateral que hacía poco probable que Chile accediera al gas peruano, lo que hubiese sido posible bajo una dimensión multilateral del acuerdo que contase con la premisa de que no se podría discriminar políticamente a nuestro país.

A estos elementos hay que sumar otros menos visibles, pero siempre presentes en la relación entre Chile y los países andinos: sus tensiones geopolíticas desde la guerra del Pacífico. Estos elementos se confabularon para una evidente marginación de Perú, días antes de la firma del acuerdo gubernamental para el Anillo Energético (Solís de Ovando y Larraín, 2005).



Sin embargo, en opinión de Solís de Ovando y Larraín (2005), lo que en definitiva hace más compleja la viabilidad del Anillo Energético es que su diseño, centrado en la interconexión de gasoductos privados, no coinciden con la ideología ni con los proyectos de integración regional que sostienen la mayoría de los gobiernos del Cono Sur. Principalmente debido a que éstos propugnan un mayor liderazgo estatal en la política energética y un mayor peso en los componentes políticos en la integración regional.

7.4.3 La situación con Bolivia

Después de la Guerra del Pacífico, en 1904 se firmó un Tratado de Paz, Amistad y Comercio entre Bolivia y Chile, el que definió, entre otros aspectos, las fronteras entre los dos países.

De todos modos, la condición geográfica cerrada de Bolivia ha sido tradicionalmente utilizada por los diferentes gobiernos bolivianos para justificar incapacidades asociadas a la conducción del país hacia mejores estándares de desarrollo, responsabilizando a Chile por haber tomado su territorio soberano y bloqueado su acceso al mar.

En su visión, una salida soberana al mar solucionaría en buena parte sus problemas. Los correspondientes y constantes reclamos de Bolivia ante la comunidad internacional forman parte de sus Objetivos Nacionales Permanentes, lo que ha provocado la existencia de una tensa relación entre ambos países (Mercado, 2004).

En lo energético, Bolivia es el segundo país con mayores reservas de gas natural en América del Sur después de Venezuela. Por su posición central de privilegio, se constituye en un actor clave en las negociaciones para las exportaciones de gas, especialmente con Argentina y Brasil (Pérez y Chacón, 2005).

Su papel es protagónico en cualquier iniciativa que busque la integración energética en la región, aspecto ratificado por las declaraciones del ex Canciller boliviano Juan Ignacio Siles, quien manifestó que dada su posición geográfica, y el hecho de ser la segunda potencia regional en reservas de gas natural y el país con mayores reservas de agua dulce en el Cono Sur, debe entenderse, que Bolivia es un país fundamental para la integración.

Según Siles (2005), no sólo no puede pensarse en una integración entre Chile y Brasil, entre Brasil y Perú, si no es a través de Bolivia, sino que "hablar de anillos energéticos en América Latina que no incluyan a Bolivia es el mayor absurdo".

El caudillismo, los nacionalismos, la inestabilidad política interna, la difícil situación económica y los frecuentes estallidos sociales (que han llegado incluso a intentos de separatismo provincial), así como el uso del tema de la mediterraneidad, hacen muy complejo para Chile establecer nexos de cualquier orden que permitan generar acuerdos políticos, comerciales y energéticos con Bolivia, sin que exista la probable ocurrencia de roces y tensiones que escalen hacia un potencial conflicto.

Lo anterior, quedó de manifiesto en la consigna boliviana "Ni una molécula de gas para Chile". Esta no sólo representó la negativa de exportar gas al país hasta que se encuentre una solución a su demanda de una salida soberana al Pacífico, sino que



también reflejó que el gas era el “mejor embajador boliviano” (Sohr, 2006).

A mayor abundamiento, una clara expresión de la tensión que existe entre Chile y Bolivia son los acuerdos de suministro de gas firmados entre Bolivia y la Argentina, los que prohíben expresamente que la Argentina envíe gas boliviano a Chile (Wittelsbürger, 2007).

En este contexto, con el slogan “gas por mar”, se ha plasmado la idea de entregar una salida soberana a cambio de gas. Desde una visión geopolítica, se estima que la anterior noción mezcla temas de diferente índole.

Sobre el territorio nacional, cuyos límites están bien definidos en una serie de tratados ratificados por ambos países, se ejerce una soberanía que debe entenderse como la más valiosa parte del patrimonio nacional y sobre la cual no deben pesar consideraciones de ningún tipo.

El gas, por otra parte, constituye un bien de uso y consumo que, pese a su importancia en la ecuación energética nacional, no puede ser aceptado como moneda de cambio por un área del territorio.

7.5 CONCLUSIONES

Los elementos tratados en esta sección indican que se requiere enfrentar decididamente el tema de la seguridad energética con visión de Estado, en que considere al ámbito tanto estatal como privado, incluyendo por cierto, el de la defensa nacional.

Todo ello en vista de que la energía es un ingrediente fundamental en la sociedad moderna, cuyo abastecimiento impacta directamente en el desarrollo social y económico de los Estados y en que el crecimiento económico va ligado directamente al mayor consumo energético (Rudnick, 2006).

El mismo autor, plantea que lograr seguridad energética no implica para Chile evitar toda interrupción del suministro ni necesariamente lograr total autonomía, sino que minimizar los riesgos de dicho suministro y de un cierto nivel de dependencia, a un costo que una nación en vías de desarrollo esté dispuesta a asumir.

En otras palabras, el desafío está centrado en elegir proveedores que produzcan un equilibrio basado en la diversidad del recurso suministrado y de la ubicación geográfica de procedencia (Rudnick, 2006), de manera de contar con niveles mínimos de seguridad a un costo razonable.

Es decir que sea sustentable y diverso. Sustentable, para abastecer de recursos energéticos suficientes que permitan nuestro desarrollo social y diverso en el sentido de tomar en consideración que cualquier recurso energético tiene riesgos asociados en su provisión, que los recursos externos escapan a las variables controladas de flujos y costos, los que pueden ser muy erráticas en una situación de inestabilidad política global.



La energía se ha transformando en una nueva forma de poder político ligado a las relaciones internacionales, donde quienes poseen mayores recursos energéticos buscan utilizarlos como herramienta de negociación política. En este sentido, es posible constatar que las zonas con mayor emplazamiento y producción de recursos energéticos coinciden con áreas sometidas a considerables fenómenos de inestabilidad.

El efecto del uso del recurso energético como instrumento de poder va desde la generación de conflictos hasta la consolidación de procesos de integración y cooperación. Así, resulta de la mayor trascendencia analizar desde un prisma realista todos los posibles aspectos que dentro de un acuerdo energético pudiesen eventualmente desencadenar fricciones que posteriormente escalasen hacia un conflicto de intereses con la contraparte.

Siguiendo a Solís de Ovando y Larraín la visión idealista del escenario político regional empleado por Chile en las negociaciones con Perú para el caso del Anillo Energético Sudamericano produjo que se cometiera la misma equivocación que con el suministro de gas desde Argentina, país que priorizó el suministro interno en un contexto de provisión limitada y de reserva empresarial para realizar futuras inversiones.

En el caso peruano, los problemas en sus relaciones exteriores con Chile, relacionados con la demanda presentada a raíz de la delimitación marítima, generó una tensión diplomática adicional, haciendo aún más obvios los obstáculos políticos que subyacen la integración energética en el área.

Lo anterior, reafirma la necesidad de efectuar la evaluación de cualquier acuerdo, desde una concepción integral, que con una visión realista y que dirigido desde el Estado, considere no sólo las materias comerciales o técnicas sino que además, todos aquellos temas que por la sensibilidad y en ocasiones tensión política existentes con los países vecinos, se verán inexorablemente involucrados en las negociaciones.

Dada la inestable relación con Chile por parte de los países vecinos, cualquier acuerdo que se suscriba en el área energética, debe dejar establecido todos y cada uno de los aspectos insertos en la negociación y posterior ejecución de tal acuerdo, resultando de la mayor importancia el especificar en detalle los mecanismos de solución de controversias, de manera de evitar interpretaciones antojadizas a la hora de zanjar una diferencia.

Chile posee limitados recursos energéticos propios lo que le hace extremadamente dependiente de los insumos externos para su desarrollo, situación que influye sobre la seguridad nacional.

Esta se ve afectada no sólo en términos de abastecimiento, sino que además con relación al menoscabo de la autonomía nacional en materia de política exterior. Lo anterior genera la necesidad insoslayable de diversificar las fuentes generadoras de energía, constituyendo un objetivo nacional permanente para el país y una preocupación que debe generar políticas de Estado.

La inestabilidad política y económica de los países vecinos, sumada a la aparición de eventuales caudillismos que fomenten la tradicional hostilidad hacia Chile, sugieren la



inconveniencia de depender exclusivamente de los recursos energéticos suministrados por ellos.

A pesar de sus considerables reservas de petróleo y gas natural, se debe buscar proveedores alternativos confiables, idealmente de zonas geográficas estables y sin tensiones geopolíticas o estratégicas, que permitan asegurar el suministro de dichos recursos.

7.6 REFERENCIAS

- Avendaño, A. 1997 "Cooperación y conflicto: una perspectiva estratégica". *Revista FASOC* 12: 27.
- APERC, 2007. *A Quest for Energy Security in the 21st Century: Resources and Constraints*. Asia Pacific Energy Research Centre, Tokyo.
- BBC, 2009. Europe gas pipeline deal agreed. Noticia en línea accedida el 16 de julio de 2009. (<http://news.bbc.co.uk/2/hi/business/8147053.stm>)
- Borregaard, N. y Katz, R. 2009. *Opciones para la Matriz Energética Eléctrica: Insumos para la Discusión*. Fundación Futuro Latinoamericano, Quito.
- Campodónico, H. 2009. Gas de Camisea y Crisis energética Regional. Documento en línea accedido el 08 de julio de 2009 (<http://www.temas.cl/enero/economia/3.html>)
- CNE, 2008. *Política Energética: Nuevos Lineamientos. Transformando la Crisis Energética en una Oportunidad*. Comisión Nacional de Energía, Santiago.
- El-Gamal, M. y Myers, A. 2008. Energy, Financial Contagion, and the Dollar. En *The Global Energy Market: Comprehensive Strategies to Meet Geopolitical and Financial Risks - The G8, Energy Security, and Global Climate Issues*. Baker Institute Policy Report N° 37, Rice University, Houston.
- Falk, R. The Future of International States and International Order, World Prisms. Course II Readings, Master of Strategic Studies Program, U.S. Army War College, Carlisle (PA).
- Freund, J. 1995. *Sociología del Conflicto*. Ediciones Ejército, Madrid.
- Hughes, L. 2009. The four 'R's of energy security. *Energy Policy* 37 (6): 2459-2461.
- Isbell, P. 2007. Reexaminando la seguridad energética. ARI N° 123/2007. Real Instituto Elcano, Madrid.
- Islam, M. 2003. Globalization and State Sovereignty, Strategy Research Project, U.S. Army War College, Carlisle (PA).
- Izurieta, O. 2007. Impacto de la Energía en la Seguridad y Defensa de una Nación. Presentación en el Seminario "Energía: ¿está en riesgo la Seguridad Nacional?", publicada en *Escenarios Actuales* 12 (1): 11. Centro de Estudios e Investigaciones Militares (CESIM), Santiago.
- Keohane, R. y Nye, J. 2001. *Power and Interdependence*. Editorial Longman, USA.
- Khatib, H. 2001. Energy Security. En Goldemberg, J. (Ed), *World Energy Assessment: Energy and the Challenge of Sustainability*. United Nations Department of Economic and Social Affairs (UNDESA) and World Energy Council (WEC), New York: 111-131. Citado por Pérez (2003).
- Klare, M. 2003. *Guerra por los Recursos: Futuro Escenario del Conflicto Global*. Editorial Urano, Barcelona.



- Kruyt, B., vanVuuren, D. P., deVries, H. J. M. y Groenenberg, H. 2009. Indicators for energy security. *Energy Policy* 37 (6): 2166-2181.
- López, O. y Stagno, A. Anillos energéticos latinoamericanos: ¿Mito o realidad?. Pontificia Universidad Católica de Chile, disponible en línea en <http://www.temas.cl/enero/economia/3.html>
- Mares, D. 2004. Natural gas pipelines in the southern cone. Geopolitics of natural gas: Working Paper Series, The James Baker Institute for Public Policy, Rice University, Houston. (http://www.bakerinstitute.org/programs/energy-forum/publications/docs/GAS_LNGPipelines_SouthernCone.pdf)
- Mercado, R. 2004. Strategic Challenges in the Regional Environment Facing Chile, Strategic Research Project, U.S. Army War College, Carlisle (PA).
- Ministerio de Defensa Nacional.1998. Libro de la Defensa Nacional, 1a Edición, Santiago.
- Ministerio de Defensa Nacional.2003. Libro de la Defensa Nacional, 2a Edición, Santiago.
- Myres, A. y Soligo, R. 2008. Militarization of Energy: Geopolitical Threats to the Global Energy System. En *The Global Energy Market: Comprehensive Strategies to Meet Geopolitical and Financial Risks - The G8, Energy Security, and Global Climate Issues*. Baker Institute Policy Report N° 37, Rice University, Houston.
- Pérez, M. 2003. La Seguridad Energética. *Escenarios Actuales* 8 (5): 13. Centro de Estudios e Investigaciones Militares (CESIM), Santiago.
- Pérez, M. y Chacón, M. A. 2005. Seguridad Energética: Perspectivas de una Visión Nacional, Regional y Vecinal. Centro de Estudios e Investigaciones Militares (CESIM), Santiago.
- Revista EI. 2009. Integración regional: un sueño lejano pero no imposible en Revista Electricidad Sudamericana (112). Artículo en línea accedido el 10 de julio de 2009 (http://www.revistaei.cl/revistas/index_neo.php?id=424)
- Rivera, G. 1999. La Defensa nacional: Nuevos Conceptos en Memorial del Ejército de Chile. Santiago.
- Roubick E. y Villarroel V., El Mercado del GNL en Chile: Proyecto de GNL en la Zona Central, Pontificia Universidad Católica de Chile, disponible en línea en http://www2.ing.puc.cl/power/alumno06/GNLdispatch/index_files/Page565.htm
- Rudnick, H. 2006. Seguridad Energética en Chile: Dilemas, Oportunidades y Peligros. *Temas de la Agenda Pública* 1 (4): 1-16. Dirección de Asuntos Públicos, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago.
- Salgado, J. 2007. La cooperación militar a nivel regional y bilateral: la perspectiva chilena publicada en *Escenarios Actuales* 12 (1): 16. Centro de Estudios e Investigaciones Militares (CESIM), Santiago.
- Siles, J. 2005. La crisis política en el Área Andina: el caso de Bolivia. Conferencia dictada en el marco de los "Foros de Política Exterior de Chile 2006- 2010" que organiza el Área de Relaciones Internacionales y Estudios Estratégicos de FLACSO-Chile. Disponible en línea accedida el 06 de julio de 2009 (<http://www.flacso.cl/flacso/main.php?page=noticia&code=874>)
- Sohr, R. 2006. Energía y Seguridad en Sudamérica: Más Allá de las Materias Primas. *Revista Nueva Sociedad* 204: 150-158, Caracas.
- Sovacool, B. K. 2008. The problem with the "portfolio approach" in American energy policy. *Policy Science* 41: 245-261.
- Speiser, R. 2008. Energy Security and Chile: Policy Options for Sustainable Growth. Boston University.
- Velásquez, H. y Parra, J. 2003. Análisis geopolítico sobre los diversos factores energéticos en Chile y su incidencia futura en la Seguridad y Defensa Nacional.



Memoria para optar al Título de Oficial de Estado Mayor. Academia de Guerra del Ejército, La Reina.

Wittelsbürger, H. 2007. La política energética de Chile: de la dependencia al desarrollo sostenible. *Diálogo Político* 24 (4), Fundación Konrad Adenauer-Stiftung A.C. (http://www.ideas.cl/intranet/recursos/politica_energeticadependencia_y_desarrollo_sostenible.Wittelsburger.pdf)



8 MARCO LEGAL E INSTITUCIONAL DE LA ENERGÍA EN CHILE

8.1 INTRODUCCIÓN

La política energética de Chile y, en particular, la de seguridad energética, no ha sido definida en forma explícita en ningún documento.²⁶ Sin embargo, durante el último tiempo se han producido cambios considerables producto de factores más bien coyunturales como la escasez de gas natural proveniente de Argentina, el alza del precio internacional del petróleo y las sequías estacionales. Si bien hasta hoy el modelo energético está principalmente basado en la iniciativa privada, la creciente presencia estatal en el diseño de políticas permite afirmar que se avecina un cambio estructural que necesita orientación y discusión a todo nivel.

Si Chile en vez de asumir los objetivos básicos de una política energética, incluyendo aspectos económicos, ambientales y de seguridad energética, proyecta el modelo imperante en donde el sector privado reacciona a las señales de precios generando proyectos específicos para abastecer la demanda, seremos testigos de una eventual falta de inversión en proyectos energéticos. Además, es probable que también aumenten las emisiones de gases efecto invernadero los precios de la energía, los conflictos ambientales y los problemas de abastecimiento energético (Borregaard y Katz, 2009).

La noción de seguridad energética es en sí misma compleja. No por añadir el adjetivo "energética" al sustantivo "seguridad" se contribuye a una mayor delimitación de la idea.²⁷ La palabra seguridad ha evolucionado desde un concepto estrictamente militar hasta uno social como el de la seguridad humana. La seguridad energética es un concepto que conjuga aspectos económicos, medio ambientales y de recursos energéticos que deben interrelacionarse de manera sostenible.²⁸

Por consiguiente, la noción de seguridad energética hoy es definitoria de la política energética de los países. Los desafíos energéticos, como bien apunta el Ministro del ramo, "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).

26 Veremos que desde hace sólo unos años ha habido una explosión de informes, publicaciones y estudios - particularmente gubernamentales o bajo su encargo, principalmente de la CNE, donde es posible advertir cambios estructurales que, no obstante, no se encuentran recogidos en una política de Estado en materia de energía. Sobre la seguridad energética, la CNE desarrolló un Plan de Seguridad Energética (PSE) donde se pasa revista sucintamente a los puntos claves. Sin embargo, este plan no responde a una auténtica política en la materia.

27 Para una evolución del concepto y un análisis de los límites del mismo, ver Iturre (2007).

28 Esta interacción de factores de la noción de seguridad energética parece ser vista todavía como una barrera al desarrollo económico del país pues aún no hemos alcanzado niveles adecuados para ocuparse de una política integrada de energía y medio ambiente. Al respecto, ver Rudnik (2006a).



Cabe señalar que hasta el momento la mayor parte de los estudios, reflexiones y debates sobre la energía en Chile se ha centrado en la matriz eléctrica, dejando de lado los demás destinos finales de las energías. No obstante, este capítulo hace un esfuerzo por alcanzar un equilibrio en el tratamiento de todos los componentes de la energía en Chile, prestando atención a los biocombustibles y la leña, dada su respectiva incidencia sobre el transporte y la calefacción domiciliaria.

8.2 LA INSTITUCIONALIDAD ENERGÉTICA

Un aspecto destacable de la institucionalidad energética de Chile ha sido la creación de agencias y programas de diversa índole durante los últimos años que han introducido a la escena nacional temas como la eficiencia energética y la innovación y transferencia tecnológica. Sin embargo, su característica principal es que se encuentra ineficientemente diseminada, situación que se espera se solucione con la creación del Ministerio de Energía.

Los órganos rectores, reguladores y fiscalizadores del sector energético en Chile están a veces confundidos, superpuestos y diseminados. Al respecto se destaca la Comisión Nacional de Energía (CNE), que cumple funciones de naturaleza política elaborando planes y normas, y encargándose del cumplimiento de las mismas. Sin embargo, al ser un servicio público descentralizado que no cuenta con el rango de ministerio, carece de poder para llevar delante de manera exitosa dichos planes y normas.²⁹

Por su parte, el Ministerio de Minería tiene a su cargo las políticas, planes y normas relativos del sector de hidrocarburos, energía nuclear y la energía geotérmica. Es decir, respecto de prácticamente la mitad de las fuentes primarias de energía la CNE tiene poca injerencia. Por su parte, sometida a la supervigilancia de este ministerio se encuentra la Comisión Chilena de Energía Nuclear (CCHEN), servicio público descentralizado cuya función es el desarrollo de la ciencia y la tecnología nuclear, ocupándose de la producción, adquisición, transferencia, transporte y uso pacífico de la energía atómica.³⁰

Luego está el Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, el que en materia de electricidad puede dictar decretos relativos al precio de los servicios públicos, otorgar concesiones y determinar los sistemas de transporte y racionamiento de la energía, entre otros aspectos. Por último, el servicio público descentralizado encargado de supervigilar y fiscalizar el cumplimiento de las normas legales, reglamentarias y técnicas sobre combustibles líquidos, gas y electricidad es la Superintendencia de Electricidad y

29 La CNE está dirigida por un Consejo Directivo, integrado por un representante del Presidente de la República (con rango de Ministro de Estado) y por los Ministros de Minería; Economía, Fomento y Reconstrucción; Hacienda; Defensa Nacional; Secretaría General de la Presidencia; y de Planificación. La CNE fue creada mediante Decreto Ley N° 2224 del Ministerio de Minería. Publicado en el Diario Oficial del 8 de Junio de 1978.

30 Sobre los objetivos, funciones, información corporativa, consejo directivo, organigrama, así como sobre la normativa que regula a la Comisión, véase: <http://www.cchen.cl>



Combustibles (SEC), que se encuentra sujeta a la autoridad del Ministerio de Economía.³¹

Cabe señalar que en el marco institucional del sector eléctrico además participan la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA), el Panel de Expertos de la Ley General de Servicios Eléctricos, los Centros de Despacho Económico de Carga (CDEC) y el Tribunal de Defensa de la Libre Competencia. Algunos de estos entes serán motivo de análisis a más adelante.

Como bien se señala en CNE (2008), este panorama "origina importantes costos de coordinación y conlleva el riesgo de dilución de las responsabilidades políticas e institucionales ya que existen prioridades políticas y lineamientos estratégicos diversos. Además, la CNE no cuenta con atribuciones para impulsar políticas, las cuales recaen esencialmente en los Ministerios de Minería y Economía y, los servicios públicos sectoriales no se encuentran bajo su supervigilancia". A esto hay que añadir que la CNE no ha podido cumplir cabalmente su rol de rectoría pues ha tenido que ocuparse de resolver problemas coyunturales propios de la crisis energética. Su tarea se ha visto además dificultada por no tener participación formal en la institucionalidad ambiental y no contar con una autoridad regional que la represente en la ejecución de sus programas, operando hasta entonces a través de las Secretarías Regionales Ministeriales (SEREMIS) de Minería y Economía.

En respuesta a la anterior situación, en enero de 2008 el ejecutivo envió al Congreso el Proyecto de Ley que crea el Ministerio de Energía reordenando de esta manera el sector energético chileno.³² El aspecto central del proyecto radica en la separación de funciones distinguiendo entre elaboración de políticas (rectoría), regulación técnica-económica y fiscalización, lo que supondrá un traspaso de competencias desde los Ministerios de Minería y de Economía hacia el de Energía.

En el nuevo ministerio radicarán las competencias en materias de formulación de políticas, normas legales y reglamentarias, planes y programas. La Dirección Superior del Ministerio corresponderá al Ministro de Energía, mientras que la administración y la coordinación de los servicios públicos sectoriales le corresponderán al Subsecretario de Energía. Como anuncia la página *Web* del Congreso, "la iniciativa legal crea seis Secretarías Regionales Ministeriales de Energía, las que representarán al Ministerio en una o más regiones y estarán focalizadas en la participación en el Sistema de

31 La SEC fue creada mediante Ley N° 18.410 del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, publicada en el Diario Oficial del 22 de Mayo de 1985 y modificada por Ley N° 19.613 (D.O. 08.06.99).

32 Boletín 5766-08 (ingresó a trámite legislativo el 12 marzo de 2008). Se encuentra actualmente en el segundo trámite constitucional y con suma urgencia. Hay que recordar que hasta la fecha Chile cuenta con un Ministro de Energía sin ministerio, situación anómala y transitoria, pues ha sido la manera de reforzar el sector representado sin necesidad de modificación legal. La misma situación ocurre con la institucionalidad ambiental que también pasa por modificaciones estructurales.



Evaluación de Impacto Ambiental, integrándose a la COREMA³³; y en todas las acciones de diseño, coordinación y ejecución de los programas relacionados con la eficiencia energética y la energización rural y social³⁴. El Ministro de Energía, por su parte, se incorpora al Consejo Directivo de la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA).³⁵

Por su parte, la CNE mantendrá las funciones relativas a la regulación técnica y económica del sector y su carácter de servicio público descentralizado. Seguirá encargada de analizar precios, tarifas y normas técnicas a las que deben ceñirse las empresas de producción, generación, transporte y distribución de energía, con el objeto de disponer de un servicio suficiente, seguro y de calidad, compatible con la operación más económica. Mientras los procedimientos para la regulación de tarifas se mantienen de acuerdo a la normativa vigente y los informes serán evacuados por la CNE, las tarifas se determinarán mediante decreto conjunto del Ministerio de Energía y Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción (CNE, 2008).

Dado que este nuevo ministerio se conforma con la estructura que contempla la Ley Orgánica Constitucional de Bases Generales de la Administración del Estado, el diálogo entre el Presidente de la República y la CNE, la SEC y la CCHEN se canalizará a través del Ministerio de Energía.

8.3 SECTOR ELÉCTRICO

El sector eléctrico se encuentra regulado fundamentalmente por la Ley General de Servicios Eléctricos (LGSE - DFL 1, hoy refundido en el DFL 4) y su Reglamento (Decreto Supremo N° 327). Esta normativa no sufrió cambios sustanciales hasta el año 2004 y 2005 con las llamadas Ley Corta I y Ley Corta II, respectivamente. En 2008 sufrió nuevamente cambios indirectos, aunque importantes, con la Ley de ENRC.³⁶

33 Cabe señalar que, de acuerdo con el proyecto de ley que modifica la institucionalidad ambiental y que actualmente se discute en el Congreso (Boletín 5947-12, de julio de 2008), se crea un Servicio de Evaluación Ambiental como servicio público funcionalmente descentralizado, con personalidad jurídica y patrimonio propio, y sometido a la supervigilancia del Presidente de la República a través del Ministerio del Medio Ambiente, que tendrá a su cargo la administración de dicho sistema. A su vez, se sustituyen las actuales Coremas por comisiones regionales que serán presididas por el Secretario Regional Ministerial del Medio Ambiente e integradas por los Secretarios Regionales Ministeriales de Salud, de Economía, Fomento y Reconstrucción, de Energía, de Obras Públicas, de Agricultura, de Vivienda y Urbanismo, de Transportes y Telecomunicaciones, de Minería, de Planificación, y el Director Regional del Servicio de Evaluación Ambiental, quien actuará como secretario.

34 Página web del Congreso http://www.bcn.cl/actualidad_legislativa/temas_portada.2008-03-17.7671024893 visitada el 21 de julio de 2009.

35 De acuerdo con el proyecto de ley que modifica la institucionalidad ambiental se elimina el Consejo Directivo de la CONAMA. Sin embargo, se crea un Consejo de Ministros para la Sustentabilidad, presidido por el Ministro del Medio Ambiente e integrado por los Ministros de Hacienda, de Salud, de Economía, Fomento y Reconstrucción, de Energía, de Obras Públicas, de Agricultura, de Vivienda y Urbanismo, de Transportes y Telecomunicaciones, de Minería, y de Planificación.

36 El sector eléctrico cuenta con un conjunto extenso de otras normas legales, reglamentarias, decretos, normas técnicas, etc., siendo las más relevantes, entre otras: la Ley 20.020 de 2007 para resguardar la seguridad del suministro a los clientes regulados y la suficiencia de los sistemas eléctricos; el Decreto Supremo N° 244 de 2005 del Ministerio de Economía, que contiene el Reglamento para los medios de generación no convencionales y pequeños medios de generación; y el Decreto Supremo N° 62 de 2006 también del Ministerio de Economía que contiene el Reglamento de transferencia de potencia entre empresas generadoras establecidas en la LGSE.



Como se ha apuntado anteriormente, “el modelo regulatorio del sector eléctrico asume que las inversiones se desarrollan a partir de la iniciativa de privados como respuesta a las señales económicas que entrega el mercado y las regulaciones establecidas por la autoridad” (CNE, 2008). Está estructurado de modo de asegurar una desintegración vertical (separación de actividades) de tipo jurídico y contable, por lo que las empresas operadoras de los sistemas de transmisión no pueden dedicarse a actividades de generación o distribución de electricidad (CNE, 2009a).

El consumidor final paga tanto por la energía total que consume como por la potencia que demanda en las horas de máxima exigencia de capacidad del parque generador. Sin embargo, la ley distingue entre consumidores de menos de 2.000 kW de potencia conectada, que incluye a los consumidores residenciales, comerciales y pequeña y mediana industria, de los consumidores con potencia conectada igual o superior a la señalada, dentro de los cuales se incluye a los grandes clientes industriales y mineros. Mientras los primeros existe un sistema de precios regulados, los últimos negocian contratos a precios libres. Las tarifas que enfrentan los clientes regulados de las distribuidoras se componen de los precios de generación, transmisión y de los valores agregados por costos de distribución.

Las actividades de generación no requieren de una concesión ni un permiso especial para la instalación de unidades de generación ni de obras anexas. Sólo se les exige cumplir con las autorizaciones propias de cualquier instalación industrial, incluidos los permisos ambientales correspondientes. Por su parte, las instalaciones de transmisión interconectadas, en donde las principales son el Sistema Interconectado Central (SIC) y el Sistema Interconectado del Norte Grande (SING), y a la cuales se añaden el Sistema Eléctrico de Aysén y el Sistema Eléctrico de Magallanes, están clasificadas en tres categorías: el Sistema Troncal, o de uso común; los sistemas de Subtransmisión, que abastecen las zonas de distribución; y las que constituyen los sistemas Adicionales, de uso restringido al servicio de pocos clientes no sometidos a regulación de precios (CNE, 2008). Las dos primeras son definidas por la LGSE como segmentos de Servicio Público, con acceso abierto y obligación de servicio.

La componente de precios de transmisión corresponde al peaje por el uso de las instalaciones de transmisión troncal. El peaje corresponde al valor que resulta de sustraer de las anualidades, reconocidas a las empresas de transmisión en el proceso tarifario de transmisión troncal, el ingreso tarifario resultante. Como bien señala CNE (2009), “no es común el uso del concepto de ingreso tarifario a nivel internacional. De hecho, en sistemas con bolsas de energía uninodales no existe este ingreso y los costos de transmisión son cubiertos, por ejemplo, a través de pagos tipo estampillado entre los distintos agentes del mercado. Asimismo, a diferencia de lo que sucede en países de Europa, este pago no depende de las relaciones contractuales que tengan generadores y consumidores”.

Por último, las actividades de distribución de electricidad dentro de una zona determinada pueden realizarse sólo mediante Concesión de Servicio Público sin carácter de exclusividad. Por lo tanto la Ley permite expresamente que un nuevo distribuidor interesado solicite y obtenga una nueva concesión en parte o la totalidad del territorio ya concesionado, con las mismas obligaciones y derechos que se otorgaron al concesionario establecido. Las distribuidoras deberán traspasar directamente a sus



clientes regulados finales el precio promedio de adjudicación de sus contratos, en lugar del precio nudo fijado por la autoridad.³⁷

En 2004, tras dos décadas de aplicación de la LGSE, se implementó la primera reforma estructural dirigida al sistema de transmisión. La Ley N° 19.940, llamada Ley Corta I, está orientada principalmente a corregir el mecanismo de pago de los sistemas eléctricos de transmisión. De acuerdo con CNE (2009), los aspectos centrales de esta reforma consisten en las siguientes.

- Modificaciones relevantes a la regulación que condiciona la operación y desarrollo de los sistemas de transmisión, permitiendo mejorar los criterios de asignación de recursos por uso del sistema por parte de los diferentes agentes, y se precisa el procedimiento de determinación de peajes de transmisión, lo que debiera permitir el desarrollo y remuneración del 100% del sistema de transmisión en la medida de que éste sea eficiente.
- El cálculo de los precios de nudo (PN) tiende a entregar valores estabilizados por la vía de disminuir la banda de variación del precio de nudo respecto a lo observado en el segmento de los contratos con clientes libres. Anteriormente se admitía que el PN se ubicara en torno al 10% del precio libre, quedando la banda modificada por la nueva Ley en torno al 5%.
- Se amplía el mercado no regulado rebajando el límite de caracterización de clientes libres desde 2.000 kW a 500 kW.
- Se precisan las normas de peajes que permiten a oferentes distintos de las distribuidoras el acceso a clientes libres ubicados en las zonas de concesión de éstas últimas.
- Se introduce el mercado de servicios complementarios, estableciendo la transacción y valoración de recursos técnicos que permiten mejorar la calidad y seguridad de servicios.
- Se reformó el mecanismo de cálculo de tarifas en sistemas de tamaño mediano (entre 1.500 kW y 200 MW de capacidad instalada). Específicamente, esto atañe a los sistemas del sur del país, Aysén y Magallanes.
- Se mejoran considerablemente las condiciones para el desarrollo de proyectos de pequeñas centrales de energía no convencional, principalmente energías renovables, por medio de la apertura de los mercados eléctricos a este tipo de centrales, del establecimiento del derecho a evacuar su energía a través de los sistemas de distribución y de la posible exención del pago de peajes por el uso del sistema de transmisión troncal.

37 Se distinguen dos clases de precios nudos, el precio nudo de la energía y el de la potencia. Aquel es el precio medio de la energía al cual se realizan las transferencias entre generadores y distribuidores para dar suministro a clientes regulados. Este precio es determinado por la CNE para períodos de 6 meses. El precio nudo de la potencia, es el precio que se reconoce a generadores por su contribución a la demanda de punta del sistema. El precio de la potencia se estima considerando el costo de inversión de una turbina a gas necesaria para dar suministro en condiciones de demanda máxima del sistema.



- Se establece un mecanismo de solución de controversias en el sector eléctrico, tanto entre las empresas y la autoridad, como entre empresas, a través del establecimiento del Panel de Expertos.
- Se introduce la posibilidad de reconocer, tanto en el sistema de precios como en las transacciones, la existencia de subsistemas dentro de un sistema eléctrico para efecto de establecer los requerimientos de nueva capacidad de generación en forma separada.

Por su parte, en 2005 se llevó a cabo la segunda reforma estructural mediante la Ley Nº 20.018, llamada Ley Corta II, en donde se establecieron licitaciones abiertas a distribuidoras eléctricas para los requerimientos de suministro para clientes regulados, asegurando las inversiones de expansión de este sector a través de la estabilización de los precios de largo plazo. Según CNE (2009), los aspectos centrales de esta Ley son los siguientes.

- Permite la licitación de contratos a largo plazo por parte de las empresas distribuidoras y precios superiores al precio de nudo y no sujetos a la variación de éste.
- Amplía la banda de ajuste de precios regulados con respecto a precios libres.
- Creación de un mercado que permita a las generadoras dar incentivos para que los clientes que consumen menos de 2 MW regulen su consumo.
- La falta de suministro de gas argentino no constituye causa de fuerza mayor.

8.3.1 Los Centros de Despacho Económico de Carga (CDEC)

Los CDEC son entes privados definidos en la LGSE. Su Reglamento se encuentra actualmente recogido en el Decreto Supremo Nº 291 de 2008 del Ministerio de Economía y Reconstrucción que derogó lo contenido en el Decreto Supremo Nº 327 de 1997 del Ministerio de Minería.

Cada sistema interconectado mayor posee su propio CDEC y cada uno cuenta con un Directorio y tres direcciones: Dirección de Operación, Dirección de Peaje y Dirección de Administración y Presupuesto. El Directorio está compuesto por representantes de los segmentos de generación y distribución, y por un representante del segmento que corresponde a los integrantes clientes libres abastecidos directamente desde instalaciones de un sistema de transmisión.

La relevancia de los CDEC reside en su importancia en cuanto a seguridad del suministro eléctrico se refiere así como por la influencia en el precio de la energía, precio de mercado de corto plazo de la electricidad, denominado clearing price o precio spot. En consecuencia, el modelo bajo el que operan estos centros es clave para un sano sector eléctrico en Chile, sector que ha demostrado falencias graves en este sentido, con cortes y apagones extendidos que han develado deficiencias institucionales importantes (Rudnick, 2006b).



Si bien el nuevo Reglamento para los CDEC ha recogido alguna de las observaciones que al efecto han hecho los expertos, consideramos necesario señalar algunos de los principales problemas de esta institución para garantizar su misión principal, a saber, preservar la seguridad global del sistema eléctrico. De acuerdo con Rudnick (2006b), para contar con un auténtico ente independiente que evite las barreras de entrada al mercado y las luchas comerciales y económicas internas, se debe tender a “la representación genérica por clases de agentes (generadores, transmisores y clientes libres), con presencia directa de los agentes, tanto por la reducción del número de votantes como por filtrar intereses específicos de un agente en particular. La participación del Estado, con derecho a voz pero sin voto, es importante para mantenerlo informado de la situación existente al interior del organismo. Por último, el cambio del sistema de votación desde uno unánime hacia una súper mayoría es indispensable para mejorar el actual sistema de toma de decisiones”.

8.4 SECTOR HIDROCARBUROS

El sector de los hidrocarburos cuenta con una regulación completamente diferente del sector eléctrico dada la distinta naturaleza de uno y otro. Sin embargo, al margen de las naturalezas de ambos sectores, es posible advertir una asimetría en cuanto al grado e intensidad de las regulaciones entre ambos. En otras palabras, los hidrocarburos en Chile no cuentan con una auténtica regulación; no es que se haya desregulado al respecto, simple y llanamente no hay regulación más allá de la que se expone brevemente en este apartado.

Lo anterior es principalmente inquietante debido no sólo a que aproximadamente el 75% del consumo energético nacional se nutre de estos combustibles, sino también a que buena parte de la generación de electricidad en Chile es a base de ellos. En particular, tras la crisis del gas natural con Argentina, las plantas termoeléctricas han estado operando sustancialmente en base a carbón y diésel.

De acuerdo con el Artículo 19 N° 24 inciso 6° de nuestra Constitución Política, el Estado tiene el dominio absoluto, exclusivo, inalienable e imprescriptible de los depósitos de carbón e hidrocarburos y las demás sustancias fósiles. Señala que las sustancias contenidas en los depósitos de hidrocarburos no son objeto de concesión de exploración y/o explotación y, por lo tanto, podrán ejecutarse directamente por el Estado o por sus empresas, o por medio de concesiones administrativas o de contratos especiales de operación petrolera (CEOP).

En términos generales, dada la calidad de dominio absoluto del Estado de los depósitos de carbón e hidrocarburos, el sector privado tiene un rol marginal en la exploración y explotación de gas, carbón y petróleo, lo que ha sido visto como una barrera a las relativas potencialidades de Chile en la materia. Sin embargo, en los últimos años se ha reimpulsado la exploración y explotación de hidrocarburos, tanto directamente por ENAP como mediante la modalidad de contratos especiales de operación petrolera con empresas privadas. En algunos casos, el contratista es una asociación entre ENAP y una empresa privada (CNE, 2008).



A nivel legal, cabe señalar que el Artículo 2 inciso 2º de la Ley Orgánica de Empresa Nacional del Petróleo N° 9.618, dispone que la Empresa Nacional del Petróleo (ENAP) podrá ejercer actividades de exploración, explotación o beneficio de yacimientos que contengan hidrocarburos, dentro o fuera del territorio nacional, ya sea directamente o por intermedio de sociedades en las cuales tenga participación o en asociación con terceros. Si ejerciere dichas actividades dentro del territorio nacional por intermedio de sociedades en que sea parte o en asociación con terceros, deberá hacerlo por medio de concesiones administrativas o de contratos especiales de operación, con los requisitos y bajo las condiciones que el Presidente de la República fije en el respectivo decreto supremo.

Se desprende de estas regulaciones la libertad de emprendimiento en refinación, distribución, comercialización, almacenamiento y transporte de hidrocarburos, líquidos y gaseosos. A su vez, existe libertad para importar y exportar hidrocarburos en sus distintas formas. En materia de transporte y distribución de gas existe una regulación que otorga concesiones para estas actividades, las que son indefinidas y no exclusivas (CNE, 2008).

Más específicamente, “el transporte y distribución de gas de red requieren una concesión, la que otorga derechos al concesionario y exige la continuidad de suministro. En el caso de las empresas de transporte de gas de red, éstas tienen la obligación de dar acceso abierto a su capacidad remanente disponible” (CNE, 2008).

En el mercado de combustibles líquidos no existe regulación de precios por parte del Estado. Éstos se rigen por sus cotizaciones internacionales a través de la paridad de importación e internamente por el mercado local. La CNE determina semanalmente los precios de paridad de los combustibles y los precios de referencia para los mismos combustibles. La determinación de precios de paridad y referencia no constituye una fijación tarifaria y sólo se realiza para definir los créditos o impuestos que se aplicarán con cargo o a beneficio del fondo para efectos de estabilización (CNE, 2008).

Por su parte, el Fondo de Estabilización de Precios del Petróleo (FEPP) fue creado en 1991 por medio de la Ley 19.030 con motivo de las consecuencias derivadas de la primera Guerra del Golfo. Además, el Fondo de Estabilización de Precios de los Combustibles (FEPCO) fue creado en 2005 mediante la Ley 20.063.

8.5 ENERGÍAS RENOVABLES

8.5.1 Antecedentes generales

A nivel internacional, el surgimiento de las ERNC tiene su origen en varias causas interrelacionadas. Por un lado, el aumento de los precios internacionales de los combustibles fósiles, particularmente del petróleo y del gas natural, ha sido una señal potente para los gobiernos y para el sector privado en orden a perseguir nuevos horizontes en materia energética. Luego, el contexto internacional, sobre todo el europeo, ha dado un fuerte impulso al fomento de las ERNC como una estrategia para aumentar tanto la seguridad como la independencia energética, y cumplir los



compromisos internacionales encaminados a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

Es decir, en el caso europeo los objetivos relativos a las ERNC están en directa relación con los objetivos comprometidos en los acuerdos multilaterales sobre el medio ambiente, como es el caso del Protocolo de Kyoto.³⁸

Por otra parte, las ERNC han logrado un fuerte impulso gracias a las políticas públicas de algunos países comprometidos con esta fuente energética, destacándose el caso alemán, y su 'Ley para la preferencia de las energías renovables' de 1999, ejemplo paradigmático en la materia. También se puede mencionar el caso de España, Canadá, Australia, Nueva Zelanda y recientemente Estados Unidos. En este último caso, tras el triunfo de Barack Obama las ERNC han experimentado un reforzamiento sin precedentes, constituyendo uno de los pilares de la campaña presidencial y una de las bases para sortear la actual crisis financiera.³⁹

En el caso chileno, que se ve a continuación, las ERNC se han incorporado recientemente y de manera gradual. Existe, no obstante, consenso acerca del potencial de las ERNC y es probable que el sector privado sobrepase los objetivos fijados por ley, pues la cartera de proyectos en marcha y por venir da cuenta del interés de los inversionistas en la materia. Por último, las ERNC han sido parte de las agendas de múltiples ONGs y, en este sentido, también son tributarias de la presión de la sociedad civil organizada.

8.5.2 Definiciones

Las ERNC han sido definidas y clasificadas de muy 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 esta ley. Dichos medios de generación son, a grandes rasgos, la energía: de biomasa; hidráulica, cuya potencia máxima sea inferior a 20.000 kW; geotérmica; solar; eólica; y de los mares.⁴⁰ El número 7 de la letra "aa", contempla una cláusula general abierta que supone la posibilidad de adicionar otras fuentes generadoras de energías renovables al señalar: "Otros medios de generación determinados fundamentalmente por la Comisión, que utilicen energías renovables para la generación de electricidad, contribuyan a diversificar las fuentes de abastecimiento de energía en los sistemas eléctricos y *causen un bajo impacto ambiental*, conforme a los procedimientos que establezca el reglamento".⁴¹

38 En marzo de 2007, el Consejo de Europa estableció objetivos concretos y jurídicamente vinculantes sobre las emisiones de gases de efecto invernadero y el consumo de energía, entre los que cabe resaltar la obligación de reducir al menos un 20% las emisiones de gases de efecto invernadero para 2020 en comparación con 1990, y lograr que las energías renovables representen el 20% del consumo energético de la UE en 2020.

39 La relevancia del tema energético en la actual administración de Estados Unidos se refleja en que el actual ministro de Energía nombrado por Barack Obama es el premio Nóbel de física Steven Chu.

40 En el mensaje original, dentro de las fuentes se incorporaba la cogeneración. En la ley tal cual se votó, la cogeneración tiene un apartado especial, fuera de los medios de generación renovable no convencional.

41 No hay noticias a la fecha acerca del Reglamento que ordena confeccionar esta Ley.



Al margen de la ley, la literatura también ha intentado aclarar qué se entiende por energías renovables, pudiendo distinguirse al menos tres grupos: la biomasa tradicional, las grandes centrales hidroeléctricas y las energías renovables no convencionales. En este último grupo se sitúan fuentes como la pequeña hidroelectricidad, la biomasa limpia, la energía eólica, la energía solar térmica y solar fotovoltaica, la geotermia y los biocombustibles (Pirazzoli, Polanco y Gleason, 2009). Otra clasificación relativa a las fuentes de generación eléctrica distingue entre fuentes no renovables, fuentes renovables convencionales y las renovables no convencionales.

Por último, se puede citar la definición de energía renovable de la Asociación de Industrias de Energía Renovables de Texas (TREIA por sus siglas en inglés), la cual señala: "Energía renovable corresponde a cualquier energía que es regenerada en un corto periodo de tiempo y obtenida directamente del sol (termal, fotoquímica o fotoeléctrica), indirectamente del sol (como el viento, hidroeléctrica, energía fotosintética obtenida de la biomasa) o por algún otro movimiento natural y mecanismos del ambiente (geotérmica o mareomotriz). Las energías renovables no incluyen las derivadas de combustibles fósiles, de desechos de combustibles fósiles o de desechos de origen inorgánico" (Mohr, 2007).

Del conjunto de ideas y clasificaciones descritas arriba, parece razonable abordar las energías renovables para efectos del presente informe en dos secciones: a) las ERNC destinadas a la generación eléctrica y b) la biomasa, distinguiendo en este caso entre los biocombustibles y la leña. Esta división obedece a las distintas funciones que cumplen estas fuentes de energía como a la separación normativa que las regula.

8.5.3 Las ERNC destinadas a la generación eléctrica

8.5.3.1 Marco regulatorio general

Como señala el último informe de la CNE sobre las ERNC, "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" (CNE, 2009a). En este apartado, nos hacemos cargo de la primera cuestión.⁴² Si bien se ha revisado prácticamente toda la normativa dirigida a fomentar el ingreso de las ERNC en el sector eléctrico, lo cierto es que es escasa y de data reciente. Como señalan Pirazzoli, Polanco y Gleason (2009), "aunque en el último tiempo han ido surgiendo un gran número de mociones parlamentarias y mensajes del Ejecutivo relativas a su implementación y promoción, en lo concreto existe sólo un

42 En cuanto a los instrumentos de apoyo, se ha identificado la iniciativa, en fase de diseño, impulsada por la CNE relativa a la creación de un Centro de Energías Renovables, cuyo principal objetivo será el de "servir de "antena" tecnológica que permita aprovechar el desarrollo tecnológico mundial, identificando los desarrollos en tecnologías limpias y las mejores prácticas sobre energías renovables en el mundo, sistematizando y difundiendo esa información en el país, catalizando de ese modo su desarrollo y fomento" (CNE, 2008). Cabe añadir que respecto de este centro no se ha explicitado si su objetivo estará dirigido exclusivamente a la generación de energía eléctrica a través de ERNC o si, por el contrario, tendrá la misión de difundir las ERNC a todas las áreas sin restringirse a la electricidad.



pequeño grupo de normas actualmente vigentes que ha propiciado su entrada en el mercado de generación eléctrica”.⁴³

En cuanto a la Ley 19.949, Ley Corta I, cabe agregar que dio las primeras señales de apertura del mercado de la generación eléctrica hacia las ERNC y las pequeñas unidades de generación. También describió un listado de las fuentes que se considerarían como ERNC y estableció en su beneficio la liberación del pago de peaje de transmisión al que hasta ese momento se encontraban obligadas. Dicho beneficio se estructuró de manera escalonada.⁴⁴

Por su parte, la Ley 20.018, Ley Corta II, contempló nuevos beneficios para los propietarios de medios de generación cuya fuente fueran ERNC, al asegurar una participación mínima para los pequeños generadores que utilizaran ERNC. La norma les concedió el derecho de suministrar a los concesionarios de distribución hasta el 5% del total de demanda destinada a clientes regulados, obteniendo por la potencia que inyectaran a la red un precio nudo vinculado a sus costos de generación y equivalente al promedio de las licitaciones que se obtuvieran en el mercado spot (Galaz, 2007).

La Ley 20.257 de fomento de las ERNC, recién analizada con motivo de la definición de energía renovable, fue para algunos sólo una perfección de la Ley Corta II en lo que se refiere al suministro obligatorio del 5% de ERNC, vinculando su cumplimiento al pago de una multa y acotando dicha obligación a 20 años; pero no un auténtico instrumento de fomento de las ERNC.⁴⁵ La relevancia de esta ley fue efectivamente obligar a las empresas distribuidoras, a partir del año 2010, a entregar un porcentaje de energía eléctrica que proviniera de fuentes de ERNC. El nuevo artículo 150° bis de la LGSE nos señala que las empresas eléctricas que efectúen retiros de energía desde los sistemas eléctricos, para comercializarla con distribuidoras o clientes finales, *estén o no sujetos a regulación de precios*, y que tengan una capacidad instalada superior a 200 MW, deberán acreditar ante la Dirección de Peajes del Centro de Despacho Económico de Carga (CDEC) respectivo, que un porcentaje de sus retiros por cada año calendario, corresponde a electricidad inyectada al sistema eléctrico por medios de generación renovables no convencionales, propios o contratados.

Dicho porcentaje corresponderá a una cifra progresiva, que aumentará a partir de 2014. En el primer período, que va desde enero de 2010 hasta enero de 2014, el porcentaje a acreditar será de un 5%. Luego, desde 2014 en adelante, el porcentaje será incrementado anualmente en un 0,5%, hasta completarse para 2024 un porcentaje

43 Boletín N° 4312-08, del 10 de julio de 2006: Proyecto de ley sobre fomento de las energías renovables y no contaminantes; Boletín N° 4315-08 del 11 de julio de 2006: Proyecto de ley que modifica la ley General de Servicios Eléctricos para fomentar el desarrollo de energías renovables no convencionales; Boletín N° 4636-08 del 18 de octubre de 2006: Proyecto que crea el fondo nacional de Investigación y Desarrollo de Energías Renovables Limpias y No Convencionales; Boletín N° 4873-08 del 23 de enero de 2007: Proyecto de ley sobre fomento de las energías renovables y combustibles líquidos; y Boletín N° 4977-08 del 11 de abril de 2007: Proyecto de ley que introduce modificaciones a la Ley general de Servicios Eléctricos respecto de la generación de energía eléctrica con fuentes de energía renovables no convencionales. Este proyecto fue el único de los mencionados que recibió tramitación y que terminó siendo aprobado como la Ley N° 20.257.

44 Ley N° 19.949, Artículo 71°-7, inciso 2°: “Los peajes a pagar serán determinados ponderando los peajes que correspondería pagar conforme a las normas generales de peajes por un factor proporcional igual al exceso por sobre 9.000 kilowatts de los excedentes de potencia suministrada al sistema dividido por 11.000 kilowatts. En caso que dichos excedentes de potencia sean inferiores a 9.000 kilowatts, el factor será nulo”.

45 Comentario de Sara Larraín en BCN (2008).



total de 10% en la obligación. La sanción para los casos de incumplimiento en la acreditación, es una multa a beneficio fiscal que recaerá sobre aquellas empresas que no den cumplimiento a su obligación legal, y que será proporcional al monto de la energía renovable no convencional que no haya sido acreditada dentro de plazo. El monto de la multa es de 0,4 UTM por megawatt-hora de déficit respecto de su obligación.

A efectos de facilitar y flexibilizar el cumplimiento de la obligación, incentivando el desarrollo de los proyectos referidos, esta ley permite postergar hasta por un año la acreditación de hasta un 50% de la obligación. Con el mismo objetivo y para dar mayor flexibilidad en la manera de satisfacer la norma, se permite la acreditación del porcentaje con energía renovable no convencional inyectada a los sistemas eléctricos en el año previo a la obligación, así como el traspaso de los excedentes de cumplimiento entre empresas (Pirazzoli, Polanco y Gleason, 2009).

Dado que del conjunto de ERNC identificadas en la Ley 20.257 sólo la energía geotérmica cuenta con un marco regulatorio vigente propio, corresponde revisarlo brevemente. Junto a lo anterior, cabe recordar que la geotermia en Chile es actualmente competencia del Ministerio de Minería, quedando relegada de la CNE.

8.5.3.2 La energía geotérmica

La geotermia, a pesar de no haber sido explotada sino para efectos turísticos y terapéuticos, es una energía que se encuentra a lo largo de Chile. Dada la ubicación de nuestra cadena montañosa en lo que se conoce como el "Cinturón de fuego del Pacífico", falla geográfica que circunvala todo el continente americano y se desplaza hasta países como el Japón, su presencia es considerable.⁴⁶ Si bien esta fuente puede llegar a ofrecer una cantidad de energía eléctrica superior a toda la capacidad instalada en la actualidad en Chile, la principal barrera corresponde a la falta de regulación, especialmente con relación a la aclaración de las condiciones de exploración y explotación, pues es ahí donde radican los mayores costos de este tipo de energía (Silva y Ulloa, 2009).

La energía geotérmica, de acuerdo con la Ley 20.257 es aquella energía que se obtiene del calor natural del interior de la tierra. Su marco regulatorio propio es la Ley 19.657 de 2000, que establece que la energía geotérmica es un bien del Estado, susceptible de ser explotado, previo otorgamiento de una concesión por parte del Estado. Esta ley define las condiciones reglamentarias para la participación de empresas privadas en las actividades de exploración y explotación de la energía geotérmica, excluyendo las aguas termales utilizadas para fines turísticos o medicinales. Asimismo, la ley regula las relaciones entre los concesionarios, el Estado, los dueños de los terrenos superficiales, los titulares de pertenencias mineras, las partes involucradas en operaciones petroleras o empresas autorizadas a explorar y explotar hidrocarburos, entre otras materias. Un aspecto destacable es el desigual tratamiento que recibió esta fuente de energía en relación con la minería en general, pues las concesiones geotérmicas son administrativas y no judiciales como las de la minería.

A la fecha, dos reglamentos complementan esta ley. El Reglamento para medios de generación no convencionales (MGNC) y pequeños medios de generación establecidos

⁴⁶ Sobre la viabilidad de la geotermia en Chile, ver Vásquez (2004).



en la LGSE (Decreto Supremo 244, de 2005 del Ministerio de Economía)⁴⁷, y el Reglamento para la aplicación de la Ley 19.657 sobre concesiones de energía geotérmica (Decreto Supremo 32, de 2004 del Ministerio de Minería). En este último reglamento es donde se detalla el procedimiento para el otorgamiento de concesiones de energía geotérmica.

Dada la ubicación de los puntos termales en Chile, aparte del Ministerio de Minería, y en particular del Servicio de Geología y Minería (SERNAGEOMIN) dependiente de aquel, entre los organismos que pueden llegar a estar involucrados en el proceso de concesión se encuentran al menos los siguientes. La Dirección de Fronteras y Límites del Estado (DIFROL) cuando todo o parte de la concesión recaiga en una zona fronteriza, el Ministerio de Defensa cuando todo o parte de la concesión recaiga en una zona declarada de seguridad nacional, la Dirección General de Aguas cuando las actividades de exploración o explotación del proyecto, según correspondan, pueden implicar afectar derechos de aguas ya constituidos o en trámite, la Corporación Nacional Forestal (CONAF) cuando todo o parte de la concesión recaiga sobre zonas protegidas o parques nacionales y la Corporación Nacional de Desarrollo Indígena (CONADI) cuando todo o parte de la concesión recaiga sobre zonas afectas al régimen de propiedad indígena. Además está la Unidad Técnica de Geotermia y Contratos Especiales de Operación de Hidrocarburos creada mediante Resolución interna exenta N° 522 del Ministerio de Minería el año 2007.

Teniendo en mente los problemas institucionales, operacionales y financieros para dar impulso a la energía geotérmica, en enero de 2009 el ejecutivo envió un Proyecto de Ley que modifica las Concesiones de Energía Geotérmica. El proyecto básicamente tendría tres objetivos: reducir los espacios de especulación en las concesiones geotérmicas, mejorar el procedimiento de otorgamiento de estas concesiones y fortalecer el rol del Estado en esta actividad (Pirazzoli, Polanco y Gleason, 2009). Aunque este proyecto apunta en el sentido correcto para la promoción de las ERNC, especialmente en lo referido a minimizar las posibilidades de especulación, su estado de tramitación es aún muy inicial para sacar conclusiones a este respecto, sin conocerse a la fecha si en definitiva se aprobará y cual será su texto definitivo (Pirazzoli, Polanco y Gleason, 2009).

8.5.4 Biomasa

La biomasa en general es una fuente de energía capital en el mundo entero, en particular en los países menos adelantados como muchos del continente africano. En Chile, por su parte, cumple un rol no solo energético sino que, en el caso de la leña, juega un papel social importante. En términos generales, la biomasa en Chile está destinada principalmente a la calefacción por el alto porcentaje de la leña en la misma. También tiene una participación en la generación de electricidad, en particular, la biomasa sobrante del proceso forestal utilizada por la misma industria (CNE/GTZ, 2008).

Los biocombustibles, por su parte, cumplen un papel muy menor en Chile, sobre todo si nos comparamos con nuestros vecinos como Argentina y Brasil, que tienen

47 Además de la geotermia, este reglamento permitió regular detalladamente la conexión de pequeñas centrales de ERNC a las instalaciones de distribuidoras, establecer mecanismos de estabilización de precios de la energía y mecanismos de solución de controversias.



ventajas comparativas evidentes. La viabilidad y conveniencia de los biocombustibles en Chile escapa a los objetivos de este capítulo, pero resulta necesario tratarlos igualmente pues, al margen de su actual y potencial presencia en Chile, lo cierto es que están para quedarse vista la tendencia mundial al respecto. El objetivo, adelantando nuestras conclusiones al respecto, es apuntar por el fomento de los biocombustibles de segunda generación, en particular, los provenientes de las algas (micro y macro).

8.5.4.1 Leña

Este apartado hace alusión brevemente a la leña en particular, dejando en claro que ésta se inserta dentro del aspecto más general relativo a la política dendroenergética cuyos lineamientos son posibles de advertir precisamente de las iniciativas y mociones que a la fecha se han presentado. La biomasa representa entre el 17% y 20% del consumo de energía primaria de la matriz energética de Chile. En el sector residencial, en promedio, el consumo de leña representa el 59%, proveniente fundamentalmente del bosque nativo. El restante 30-40% de la demanda es cubierto de forma creciente por las plantaciones de especies exóticas y matorrales, lo cual en algunas regiones aminora la presión por la biomasa del bosque nativo (Chile Ambiente, 2008). De acuerdo con CNE (2008), aproximadamente el 90% de la calefacción en la zona sur del país proviene de la combustión de la leña, lo que genera un importante dinamismo a las economías locales y campesinas.

En términos generales, es posible afirmar que a mayor pobreza, mayor uso de leña. El mayor o menor consumo de leña en el sector residencial, y en especial en los sectores modestos, tiene que ver fundamentalmente con el precio de ésta en un contexto que persisten las dificultades de acceso físico, pero sobre todo económicas, a otras formas de energía (Chile Ambiente, 2008).

Si bien la leña es una fuente energética renovable de gran potencial, su extracción y uso puede conllevar serios impactos ambientales. Por ejemplo, el uso de leña húmeda contribuye a una combustión ineficiente, práctica actualmente responsable de una significativa contaminación atmosférica en diversas localidades del sur de Chile. Además, su extracción en ausencia de planes de manejo es la causa de nefastos impactos sobre el bosque nativo. De este modo, para que su futura utilización sea sustentable, es necesario regular tanto su extracción como combustión.

Como concluye un estudio encargado por la CNE, "los aspectos sociales, ambientales, económicos, culturales, así como políticos e institucionales y tecnológicos ligados al tema, hacen que se tenga que actuar en el corto plazo en al menos dos frentes: el establecimiento de medidas que permiten ir formalizando el mercado de la leña, por un lado; y en el desarrollo de proyectos demostrativos que permitan enfrentar los problemas ambientales y de acceso a la energía, entre los cuales la creación de un programa, agencia o departamento en el nuevo Ministerio de Energía es una necesidad" (Chile Ambiente, 2008).



En esta materia, en la actualidad existe el Sistema Nacional de Certificación de Leña (SNCL), iniciativa público-privada de carácter voluntario, que con el objetivo de disminuir el deterioro de los bosques y la contaminación atmosférica, ha fijado estándares de calidad y origen para la comercialización de la leña en Chile. Esta iniciativa ha influido en que de ahora en adelante la leña sea considerada por el legislador como un combustible sometido a la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC) y ha aportado con los lineamientos de una política dendroenergética (Reyes y Venegas, 2009).

En este sentido, hay actualmente dos proyectos de ley en discusión parlamentaria. Uno de julio de 2008 que establece la certificación de la leña y autoriza sistemas de calefacción y energía en base a leña con combustión de doble cámara en zonas saturadas, y otro de mayo de 2009 que establece el uso obligatorio de leña certificada en todos los servicios municipales del país.⁴⁸ Por su parte, la reciente Ley de Bosque Nativo contempla un sistema de incentivos y regulaciones que permiten el manejo sustentable de los bosques nativos para fines de leña, entre otros (CNE, 2008).

Sin embargo, la iniciativa más prometedora al respecto es la anunciada por la CNE en su página Web el 8 de julio de 2009, en donde se informa que prontamente se ingresará un proyecto de ley elaborado por la Comisión Nacional de Energía, la Superintendencia de Electricidad y Combustible y la CONAMA. Este fija entre sus ideas matrices la necesidad de establecer un marco regulatorio para el uso y combustión de la leña, de manera de definir sus exigencias técnicas y estándares de calidad, y entregar a la Superintendencia de Electricidad y Combustibles la función de controlar el cumplimiento de la regulación aplicable a la leña. En lo fundamental, la iniciativa regulará las características técnicas a las que deberán someterse los artefactos de combustión a leña y prohibirá la comercialización, almacenamiento y transporte de leña húmeda en zonas que cuenten con un plan de descontaminación que establezca tal limitación.

8.5.4.2 Biocombustibles

Los biocombustibles son combustibles renovables derivados de insumos biológicos, pudiendo generarse en estados tanto líquidos como gaseosos. Concentrándose en los primeros, se destacan el bioetanol y el biodiésel, los que son utilizados para reemplazar el petróleo en los procesos de combustión. En función del proceso productivo, éstos suelen clasificarse en dos categorías: a) de primera generación y b) de segunda generación. Mientras los de primera generación se obtienen mayoritariamente de cultivos alimenticios como la caña de azúcar, el maíz y el trigo, los de segunda generación utilizan como materia prima insumos biológicos no alimenticios (Charles et al., 2007). Si bien ha habido avances tecnológicos y económicos significativos en el desarrollo de los biocombustibles de segunda generación, a diferencia de los de primera generación, todavía enfrentan considerables restricciones para su despliegue comercial.

En función de lo anterior, a nivel global los biocombustibles enfrentan por lo menos tres problemas.⁴⁹ El primero y más acuciante es el de la seguridad alimentaria, al punto que se ha pedido la moratoria de este producto por las nefastas consecuencias que tiene

48 Respectivamente, Boletines 6000-12 y 6504-12, ambos en primer trámite constitucional y sin urgencias.

49 Existe abundante literatura sobre el tema, pero se recomienda, en particular, las siguientes: FAO (2008), Delvaux (2004), Almada (2006), Seixas (2006) y Jank et al., (2007).



en los precios internacionales de los principales granos, lo que ha repercutido en el acceso y disponibilidad de alimentos básicos de países pobres.⁵⁰ El segundo dice relación con la capacidad de reducir la emisión de gases efecto invernadero, ya que algunos estudios en base al análisis de ciclo de vida indican que una buena parte de los biocombustibles emiten tanto o más que el petróleo, siendo el bioetanol de Brasil una de las excepciones.⁵¹ En tercer lugar, y relacionado con los anteriores, encontramos serios problemas en el comercio internacional de estos productos y el derecho de la Organización Mundial del Comercio (OMC), pues el biodiésel y el bioetanol son clasificados de manera diferente (aceite y alcohol, respectivamente) y, por consiguiente, disciplinados bajo regímenes distintos. Esto no favorece que la producción de los mismos se ubique allí donde existan mejores condiciones y donde la competencia por los recursos agua y suelo sea menos dramática (Aristegui, 2009).

A nivel institucional, Chile ha llevado a cabo diversas instancias en esta materia. Una es la conformada por el Comité Público-Privado de Bioenergía, en el cual participan varias instituciones tanto públicas como privadas.⁵² Otra instancia es el Comité Intra-ministerial, conformado por gran parte de los organismos pertenecientes al Ministerio de Agricultura. Por último, existe el Comité Interministerial integrado por la Comisión Nacional de Energía (CNE), que lo coordina; la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC); el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones (MTT); el Centro de Control y Certificación Vehicular (3CV); la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA) y la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA) del Ministerio de Agricultura (Iglesias, 2008).

A nivel legal y reglamentario, se destacan las siguientes normas:

- a. El Decreto N° 1.442, del Ministerio de Hacienda: «*Modifica Arancel Aduanero Nacional*», del Servicio Nacional de Aduanas, introduce nueve nuevos códigos arancelarios para biodiésel proveniente de especies oleaginosas como colza, soya, girasol, ricino, palma; de grasas y aceites animales; de mezclas de aceites vegetales y animales, y sintéticos de biomasa, en la Partida 38.24.
- b. La Circular N° 30 del Servicio de Impuestos Internos (SII), del 16 de mayo de 2007: «*Instruye sobre tratamiento tributario de los biocombustibles denominados biodiésel y bioetanol*», donde destaca un tratamiento tributario beneficioso para los biocombustibles.

50 Solicitada por el ex Relator Especial sobre el Derecho a la Alimentación de las Naciones Unidas - Jean Ziegler-, quien ha llamado a una prohibición de al menos 5 años para los biocombustibles de primera generación.

51 Sobre los aspectos alimentarios y ambientales, el presidente de Brasil fue explícito al momento de marcar la diferencia entre el bioetanol brasilero y el norteamericano, al decir que así como hay un colesterol bueno y un colesterol malo, hay un biocombustible bueno y uno malo, en alusión a que el bioetanol a base de caña de azúcar es un cultivo casi-perenne, de mucho mayor valor energético y que no incide como el maíz en el precio de los demás alimentos.

52 El Comité Público-Privado de Bioenergía está integrado por la Sociedad Nacional de Agricultura (SNA); la Corporación de la Madera (Corma); el Colegio de Ingenieros Agrónomos; la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile; Empresas Iansa S.A.; Biodiésel América (BDA); el Movimiento Unitario Campesino y Etnias de Chile (Muzech); el Programa Chile Sustentable (PCS) y la Fundación Sociedades Sustentables (FSS). Por el sector público participan la Comisión Nacional del Medio Ambiente (Conama); la Corporación de Fomento de la Producción (Corfo); la Comisión Nacional de Energía (CNE) y la Fundación para la Innovación Agraria (FIA), y es coordinado por la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (Odepa), del Ministerio de Agricultura (Iglesias, 2008).



- c. La Ley N° 20.257 antes analizada.
- d. El Decreto N° 11 del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción: «*Aprueba definiciones y especificaciones de calidad para la producción, importación, transporte, almacenamiento, distribución y comercialización de bioetanol y biodiésel*» (D.O. 09.05.2008), regula el marco aplicable a los nuevos combustibles líquidos de origen biológico para permitir la producción y comercialización de biocombustibles en el país. Aquí son destacables aquellas partes del Decreto que dicen relación con la autorización de comercialización de mezclas de combustibles. Para ambas mezclas (gasolinas y diésel), se estableció que el porcentaje de biocombustible existente en ellas debe ser de un 5%, lo cual es un gran avance, ya que además de comenzar a utilizarse biocombustibles en el sector transporte, también permite que los automóviles tradicionales no necesiten de ser ajustados en sus motores para su correcto funcionamiento.

8.6 EFICIENCIA ENERGÉTICA

8.6.1 Antecedentes generales

La eficiencia energética es clave desde varios puntos de vista. En primer lugar, su potencialidad la transforma en unos de los pilares de la seguridad energética, pues el ahorro de energía hace menos vulnerable a los países en cuanto a suministro se refiere. Luego, la eficiencia energética es una herramienta de gestión que se encuentra alineada con los objetivos ambientales y de sostenibilidad, porque al consumir menos energía los niveles de contaminación, presión sobre los recursos naturales y emisión de gases de efecto de invernadero bajan. Adicionalmente, una política agresiva en eficiencia energética es uno de los caminos dirigidos a desacoplar el crecimiento económico del consumo de energía necesario para ese crecimiento.

Por su parte, 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. Por último, la eficiencia energética o el uso eficiente de la misma, disminuyen los gastos de familias, mejora el confort de viviendas, reduce algunos tipos de enfermedades como las pulmonares, etc., cuestiones que están relacionadas con el tema de la equidad social y la energía.

En consecuencia, contar con una política de eficiencia energética, con una institucionalidad que la garantice y unas normas que la implementen, se impone como una necesidad de primer orden, pues hoy la eficiencia energética es considerada como una fuente más de energía que dependiendo de lo diversificada que esté nuestra matriz puede posicionarse, al menos en el sector eléctrico, como la fuente más relevante. En efecto, de conformidad con la propia CNE y los estudios que ésta ha tenido en cuenta, es posible que la eficiencia energética pueda suplir el 20% de nuestros requerimientos



energéticos adicionales al 2020, convirtiéndose en un componente fundamental del desarrollo energético de largo plazo (CNE, 2008).⁵³

La eficiencia energética debe ser entendida, conceptualmente, al menos de tres maneras: a) como la capacidad de producir el mismo bien o prestar el mismo servicio con menos energía; b) producir o servir más, con la misma energía; y c) derechamente, consumir menos energía, cuestión respecto de la cual existe meritorio consenso entre las economías más industrializadas.⁵⁴ Avanzar en estas cuestiones, en particular la última, supone cruzar una barrera cultural y tecnológica de modo que será misión del principalmente del Estado ocuparse de crear las condiciones necesarias para ello. Más concretamente, supone una voluntad política encaminada a enfrentar este desafío desde todos los flancos, desde lo sectorial, hasta lo tecnológico, lo que naturalmente necesitará una institucionalidad y regulación *ad hoc*.

8.6.2 El Programa País de Eficiencia Energética

En materia de eficiencia energética, Chile dispone de una institucionalidad todavía incipiente aunque en proceso hacia una transformación estructural. Esta institucionalidad está dada básicamente por el Programa País de Eficiencia Energética (PPEE), creado en enero de 2005 bajo la dependencia del Ministerio de Economía y actualmente dependiente, administrativamente de la CNE. Esta estructura, más adelante estudiada, se verá modificada con la creación del Ministerio de Energía.

El PPEE se organiza en base a una estructura tripartita: la Secretaría Ejecutiva, el Comité Operativo y el Consejo Consultivo. Este último es el órgano en donde participan distintas instituciones públicas y privadas, formulando recomendaciones y directrices. Dichas recomendaciones y directrices son ejecutadas por la Secretaría Ejecutiva. Por su parte, el Comité Operativo lo forman instituciones del Estado, organizaciones de la sociedad civil y entes del sector privado, quienes, en conjunto, cumplen la función de asesorar al programa buscando las sinergias adecuadas para la implementación de acciones de eficiencia energética, incluyendo aspectos políticos y de financiamiento.⁵⁵

Uno de los modos de actuar del PPEE es a través de instancias y reparticiones públicas, cediendo el presupuesto necesario según su naturaleza. La ejecución debe ir acompañada por indicadores de desempeño y son implementadas a través de convenios con los servicios e instituciones respectivos. Entre estos últimos están el Ministerio de

53 Esta afirmación, compartida por diversos estudios, es uno de los argumentos poderosos en contra de la central hidroeléctrica de HydroAysén. Al efecto, ver Hall et al., (2009).

54 El Programa País de Eficiencia Energética, al que se hace alusión en este apartado, ha definido la eficiencia energética de un modo descriptivo que creemos no aporta mucho al verdadero entendimiento del concepto, señalando "La Eficiencia Energética (EE) es el conjunto de acciones que permiten optimizar la relación entre la cantidad de energía consumida y los productos y servicios finales obtenidos. Esto se puede lograr a través de la implementación de diversas medidas e inversiones a nivel tecnológico, de gestión y de hábitos culturales en la comunidad". Al efecto, ver <http://www.ppee.cl>, icono: ¿Qué es la EE?

55 Recientemente, el 7 de Julio de 2009, con la presencia del Ministro de Energía, Marcelo Tokman, se constituyó y sesionó por primera vez el grupo asesor en políticas de eficiencia energética, el que funcionará bajo la orientación del Programa País de Eficiencia Energética (PPEE). La creación de esta instancia se enmarca dentro Plan Nacional de Acción de Eficiencia Energética 2010-2020, que veremos supra, el cual sentará las bases que conformarán la hoja de ruta para el sector público y privado durante la próxima década en materia de potencial de ahorro energético. Ver nota en la revista en línea de Energía Interamericana: http://www.revistaei.cl/noticias/imprimir_noticia_neo.php?id=16753



Vivienda y Urbanismo, el Ministerio de Educación, CORFO, SERNAC, Chile Califica, CNE, entre otros (Incentivos y Metas, 2009).

8.6.3 La Agencia Chilena de Eficiencia Energética

La finalidad fundamental de la Agencia Chilena de Eficiencia Energética (ACHEE) según el texto legal 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”.⁵⁶ En este sentido, la ACHEE es el natural continuador del PPEE y es posible extrapolar, *mutatis mutandi*, todos los objetivos y fines de este programa actualmente en vigor.

De conformidad con la futura institucionalidad en materia de energía para Chile, según tuvimos oportunidad de ver al referirnos a la creación de un Ministerio de Energía, todo lo relativo al diseño de políticas y planes estará a cargo precisamente de este ministerio. La implementación, dependiendo de lo que se trate, estará radicada en distintos órganos. Lo relativo a la eficiencia energética será materia exclusiva de la nueva ACHEE, la que deberá poner en marcha el Plan de Acción en Eficiencia Energética 2010-2020, actualmente en proceso de licitación.

Por su parte, se espera que la ACHEE replique la actual estructura del PPEE, la que tiene un componente extra-estatal importante. Esto es visto como necesario debido a que es principalmente en el sector privado (energético, construcción, minero, industrial, etc.) donde existe el mayor potencial para la eficiencia energética.⁵⁷

8.7 EQUIDAD Y ACCESO A LA ENERGÍA

8.7.1 Antecedentes generales

Si la disponibilidad de energía es clave para el desarrollo de los países, el acceso universal a la energía es fundamental para mejorar la calidad de vida y la equidad social de la población. En contraparte, su carencia genera desigualdad y desmedro en Derechos Humanos básicos, limita las posibilidades de progreso y es concebida por muchos como una de las muchas expresiones de pobreza.

Debido a su carácter esencial, la distribución de energía y la cobertura de las necesidades energéticas mínimas de las personas y de las comunidades se pueden

56 Boletín 5766-08 (ingresó a trámite legislativo el 12 marzo de 2008).

57 El sector público chileno no es un consumidor preponderante de energía, sin embargo, muchas iniciativas se han iniciado e implementado precisamente aquí, como se desprende de la directiva al sistema de compras públicas del Estado (Chile Compra) para incorporar criterios de eficiencia energética; el Programa de Mejoramiento de la Eficiencia Energética en Edificios Públicos y el Reglamento de Alumbrado Público dirigido a los Gobiernos locales y realizado en conjunto con la SEC. En esta línea, cabe mencionar también el Programa Nacional de recambio de Ampolletas y la implementación del Programa de Incentivo al Reacondicionamiento Térmico de Viviendas Existentes. De todo lo señalado, lo relativo a las compras públicas es un aspecto central, pues representa uno de los componentes principales del sector público en donde es posible introducir la eficiencia energética. Sobre esto, ver PRIEN (2008).

Programa de Estudios e Investigaciones en Energía -Universidad de Chile, PRIEN-UCH: “Aplicación de criterios de eficiencia energética en contrataciones públicas”, PRIEN, Informe Final, 2008.



enfocar también desde la perspectiva de dotación de servicios básicos. Los servicios energéticos contribuyen al crecimiento económico reduciendo los costos unitarios; hacen posible la cocción y refrigeración de alimentos y la calefacción de los hogares; contribuyen a mejorar la productividad agrícola; su uso productivo permite usar equipos que generan ahorros de tiempo, incrementan la producción y otorgan valor agregado; y son esenciales para atender el normal funcionamiento de otros servicios básicos como: educación, salud, comunicación, transporte, abastecimiento de agua y sistemas de saneamiento adecuados

A pesar de la importancia que representa el acceso a la energía para la superación de la pobreza, este principio no es recogido en muchos de los instrumentos de derechos humanos internacionales, en gran medida debido a que fueron desarrollados antes de que los temas de energía fueran incorporados a la agenda internacional. Ejemplos de lo anterior son la Declaración Universal de Derechos Humanos de 1948, el Pacto de Derechos Civiles y Políticos y el Pacto de Derechos Económicos, Sociales y Culturales de 1966, y la Convención de los Derechos de los Niños de 1989. No obstante lo anterior, los temas de energía y medio ambiente se consideran implícitos en los ocho Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) acordados en el año 2000 por 189 estados Miembros de las Naciones Unidas.⁵⁸ Aunque no hay un ODM relacionado específicamente con energía, existe acuerdo en que el acceso a la energía es un prerrequisito para lograr todos los ODM (Takada y Porcado, 2005).

Por su parte, en la Conferencia Mundial de las Naciones Unidas sobre Desarrollo Sostenible celebrada en Johannesburgo en 2002 se trabajó en un marco temático en el cual se incluía la energía. Uno de los aspectos que concentró la atención fue la electrificación rural como medio para combatir la pobreza, enfatizándose el crucial papel que juegan las políticas y marcos reguladores para conseguirla (ONU, 2002). En este sentido, las acciones destinadas a garantizar el acceso a la electricidad en aquellas zonas donde la disponibilidad es casi inexistente se deben enmarcar en la dinámica general de lucha contra la pobreza y, simultáneamente, estar orientadas a la realidad geográfica con énfasis en las potencialidades y necesidades de cada lugar.

8.7.2 La situación en Chile

La normativa en Chile no contempla el acceso universal a la energía como un derecho básico estipulado en ley alguna. Sin embargo, se puede inferir de la Constitución Política de la República de Chile que el acceso equitativo a la energía está implícito en ella. El Artículo 19° número 2 consagra el principio de igualdad ante la Ley y señala que "En Chile no hay persona ni grupo privilegiados". Bajo este precepto el acceso a la energía debiera estar garantizado y su excepción conllevaría una situación de desigualdad opuesta al espíritu de la Ley. En el mismo sentido el Artículo 1° establece que "el Estado debe contribuir a crear las condiciones sociales que permitan a todos y a cada uno de los integrantes de la comunidad nacional su mayor realización espiritual y material posible". Del mismo modo se relacionan los Artículos 19° número 9 y número 10, que consagran el derecho a la Educación y la Salud respectivamente.

58 Los ocho Objetivos de Desarrollo Milenio son: Erradicar la pobreza extrema y el hambre; Lograr la enseñanza primaria universal; Promover la igualdad entre géneros; Reducir la mortalidad infantil; Mejorar la salud materna; Combatir VIH/SIDA, paludismo y otras enfermedades; Garantizar la sostenibilidad del medioambiente; Fomentar una asociación mundial para el desarrollo.



Difícilmente el Estado puede crear las situaciones descritas ni alcanzar los derechos señalados en una situación de precariedad energética.

No obstante el no reconocimiento explícito o de las interpretaciones que se puedan hacer del marco normativo, son las políticas nacionales las llamadas a propender a la equidad energética. Debido a que los desafíos relativos al acceso a la energía no sólo dependen de cuestiones técnicas o tecnológicas, una planificación energética, un marco regulatorio adecuado y programas públicos dirigidos son necesarios para conseguir metas concretas.

Si bien en Chile las necesidades de suministro eléctrico no satisfechas se concentran en sectores rurales, éstas son menores. Mientras el 99% de la población urbana está cubierta (PNUD/GEF, 2001), para la población rural la cobertura eléctrica llega al 94% (CNE, 2008). Para la fracción rural sin cobertura, las razones principales son coincidentes con las barreras identificadas dirigidas a la equidad energética, a saber: problemas en el acceso físico y económico. De hecho, muchos proyectos de electrificación no son rentables desde el punto de vista privado debido a la distancia de las viviendas rurales a las redes de distribución, así como producto de la dispersión y el bajo consumo de éstas (CNE, 2008).

La inaccesibilidad a la electricidad ha perjudicado las actividades económicas rurales, produciendo detrimentos en la productividad de campesinos y los pescadores artesanales. También le ha restado valor agregado a sus productos; reduciendo el rendimiento en los cultivos, dificultando la conservación de sus productos, y generando deficiencias en el suministro de servicios rurales (Chile Ambiente, 2008).

Como una forma de subsanar estas deficiencias el Estado ha adoptado una serie de iniciativas y programas, siendo el más importante el Programa de Electrificación Rural (PER).⁵⁹ El programa funciona a través de un modelo de gestión descentralizado en que cada Gobierno Regional elabora, evalúa, adjudica y financia su cartera de proyectos, la ejecución de proyectos de extensión de redes eléctricas y, en menor medida, la instalación de sistemas de autogeneración en zonas aisladas. Este programa ha permitido alcanzar crecientes niveles de cobertura eléctrica en zonas rurales, aumentando el porcentaje de población rural electrificada de 53% en 1992 a 94% en 2008. Para fines del Gobierno de la Presidenta Bachelet se espera alcanzar una cobertura del 96% de viviendas rurales electrificadas a nivel nacional (CNE, 2008).

Junto con esto se ha detectado la necesidad de desarrollar un nuevo programa de energización rural que ponga acento en la calidad del abastecimiento de energía en comunidades aisladas, y en el fomento del uso de las ERNC. En este sentido se enmarca la iniciativa de "Remoción de las Barreras para la Electrificación Rural con Energías Renovables" abordada en colaboración por el GEF, el PNUD y la CNE (CNE, 2008). Los beneficios de los proyectos llevados a cabo por esta asociación buscan reducir los costos de generación en áreas remotas a través de sistemas mixtos. A modo de ejemplo: el costo de la energía eléctrica de la Isla Tac se redujo entre 75 y 90% usando un sistema híbrido eólico-diésel (UNDP, 2005).

59 El PER fue creado en el año 1994 por la Comisión Nacional de Energía (CNE), junto al Ministerio de Agricultura, el Ministerio de Planificación y Cooperación (MIDEPLAN) y a la Subsecretaría de Desarrollo Regional (SUBDERE).



Otra iniciativa auspiciosa es la que establece una franquicia tributaria a las constructoras que instalen sistemas solares térmicos de agua potable. La Cámara de Diputados aprobó el 7 de julio de 2009 las modificaciones introducidas por el Senado en el segundo trámite constitucional al proyecto del Ejecutivo (Boletín 6174). La futura ley establece que las empresas constructoras tendrán derecho a deducir, del monto de sus pagos provisionales obligatorios a la Ley sobre Impuesto a la Renta, un crédito equivalente a todo o parte del valor de los Sistemas Solares Térmicos y de su instalación, que monten en las casas o departamentos que construyan. La ley, que regirá hasta el 31 de diciembre del año 2013, busca desarrollar una fuente de energía renovable y de bajo costo, reduciendo el gasto en gas de las familias, lo que hará disminuir la dependencia de ese combustible (Cámara de Diputados de Chile, 2009).

En este mismo sentido es destacable el “Análisis de Alternativas tecnológicas con Colectores Solares en Escuelas o Internados Rurales” llevado a cabo por la CNE. Ambas iniciativas responden a una “visión más integral y participativa, donde no sólo se satisfacen las demandas de electricidad sino que también se contempla el acceso a las fuentes de energía mejor adaptadas a cada zona para posibilitar el incremento del ingreso, la liberación de recursos, el desarrollo productivo local y la sustentabilidad ambiental” (CNE, 2009b).

8.8 CONCLUSIONES

A lo largo del presente capítulo, hemos analizado prácticamente la totalidad del sector energético chileno desde una perspectiva eminentemente jurídica y a la vez crítica, de manera de poder identificar las fortalezas y debilidades del marco legal e institucional en el cual se mueve la energía en Chile. Resulta evidente que ha habido avances en distintos aspectos, como en la eficiencia energética, el proyecto de ley que crea el Ministerio de Energía, la incorporación de las ERNC, y otros. Sin embargo, es posible identificar diversos problemas que permiten afirmar que Chile carece todavía de una genuina política energética, que el ejecutivo ha avanzado de modo inorgánico al respecto, y que el poder legislativo no ha contrarrestado lo suficientemente fuerte la actividad o inactividad del ejecutivo.

8.8.1 Excesivo énfasis en el sector eléctrico

Uno de los aspectos más llamativos es la casi total preocupación destinada al sector eléctrico. Esto no sólo se da a nivel general, sino que también en materia de ERNC. De hecho, las ERNC en Chile se han definido en estricta relación con la generación de energía eléctrica. Esto es evidente, pues la Ley 20.257, conocida como ley de desarrollo de las ERNC, es una norma que modifica la LGSE y, por consiguiente, mal podría haberse referido a otra energía que no fuera la eléctrica. Ocurre, si embargo, que las ERNC desbordan el sector eléctrico, sobre todo si consideramos a los biocombustibles dentro de las mismas, pues esta energía, ya sea de primera o segunda generación, está destinada al transporte que es casi exclusivamente a base de combustibles fósiles y no de energía eléctrica.



Este exceso de énfasis en el sector ecléctico no se condice con la realidad chilena, ya que mientras el petróleo representa aproximadamente el 47% del consumo final, especialmente para satisfacer la demanda del sector transporte, la electricidad representa el 13%. Prestar atención al consumo de petróleo responde no sólo a consideraciones de corto plazo, sino que se aún más urgente en el largo plazo. Considerando que durante las próximas décadas la competencia mundial por acceder al suministro del petróleo experimentará un alza considerable y que las aprensiones internacionales sobre el calentamiento global mantendrán su tendencia creciente, se espera que su precio internacional se incremente significativamente a mediano y largo plazo. A esto se suma la esperada disminución de sus reservas globales. En función de estos antecedentes, el Director Ejecutivo de BP recientemente señaló que la gran mayoría de los países se verán obligados a reestructurar sus sistemas energéticos a favor de energías alternativas (Hayward, 2009).

¿Cómo debe abordar Chile este desafío? Si bien la respuesta no es simple, no caben dudas que ésta debe ser coherente con una estrategia que priorice enfáticamente el desarrollo de fuentes renovables no convencionales domésticas que sustituyan al petróleo. La orientación exportadora de nuestra economía robustece la inminencia de avanzar en esta línea, principalmente debido al progresivo aumento tanto de los requerimientos ambientales de los mercados globales. A pesar de que hoy Chile no enfrenta metas de reducción de gases efecto invernadero, el incipiente ingreso de Chile a la OCDE también refuerza esta estrategia, ya que probablemente implicará que el país deberá asumir un compromiso en esta materia. En este sentido, parece necesario contar en el futuro con una legislación que regule de manera integral las ERNC, sin necesidad de circunscribirla exclusivamente al sector eléctrico.

Parece oportuno recordar aquí que la intervención del precio de los combustibles, en particular del petróleo, perjudicará, finalmente la competitividad del sector productivo nacional para competir en un mercado global cada vez más consciente de los impactos del consumo del petróleo sobre el calentamiento global. En otras palabras, parece necesario repensar la política nacional en cuanto a combustibles se refiere y en particular al petróleo que, como sabemos, es importado casi en su totalidad.

8.8.2 Ordenamiento territorial

Entre aquellos aspectos que deben tenerse en consideración al momento del diseño de una política de Estado en energía, además de los propiamente energéticos, como es el caso de las energías renovables no convencionales, hay que contemplar los aspectos relativos al ordenamiento territorial. Esto responde a que la generación de energía eléctrica, así como el transporte, tratamiento y almacenamiento de combustibles fósiles, supone una utilización física y económica del territorio, compitiendo de esta manera con los demás usos del mismo, recurso escaso y por definición inamovible.

Sin embargo, como apunta Cubillos (1999), en Chile el ordenamiento territorial no tiene rango constitucional y rige, por lo tanto, el orden público económico consagrado en la Constitución Política de la República, el que consagra la libertad económica individual y el derecho del emprendimiento económico. Al no existir una ley marco en la materia, las cuestiones relacionadas con el uso del suelo, su distribución y competencia, están entregadas a múltiples entes y organismos del aparato administrativo,



predominando al efecto los Gobiernos Regionales.⁶⁰ Sin embargo, junto a los Gobiernos Regionales, se han identificado un total de 10 ministerios y doce servicios dependientes de éstos como los principales organismos involucrados en el ordenamiento territorial (Iturriaga, 2002).

En consecuencia, de acuerdo con Vergara (2008), se aprecia respecto del marco normativo del ordenamiento territorial una gran dispersión, incoherencia y falta de estructuración en la legislación sectorial vigente y sus múltiples modificaciones. El mismo autor las resume entres variables: dispersión institucional, instrumentos que no obedecen a una política global y falta de claridad respecto de las responsabilidades políticas debido a las variables anteriores. Concluye y recomienda este autor que la falta de una política al respecto merma la efectividad de la planificación, atenta contra el control ciudadano de las políticas públicas y se presta para arbitrariedades y corrupción. Se impone, en consecuencia, un cambio de paradigma al respecto.

Para ello, resulta conveniente una ley marco de ordenamiento territorial que regule la planificación física y económica del suelo que incluya el requerimiento de que la evaluación de proyectos específicos considere las opciones en materia de ordenamiento territorial regional, incorporándose a la evaluación de impacto territorial (Vergara, 2008). Agregamos nosotros que las cuestiones relacionadas con el ordenamiento territorial debieran replantearse en el actual sistema de evaluación de impacto ambiental, especialmente con relación a los proyectos energéticos, pues si bien se encuentra contemplado, resulta evidente, a la luz de los últimos acontecimientos, que las consideraciones territoriales otorgan márgenes de discrecionalidad poco favorables para el medio ambiente así como para los inversionistas y la necesidad de éstos de contar con certeza jurídica.⁶¹

En relación con lo anterior, la política energética de Chile deberá tener en cuenta el Convenio 169 de la OIT que reconoce y protege los derechos de los pueblos indígenas y que entrará en vigencia en septiembre de 2009. De acuerdo con el artículo 15 N° 1 del Convenio, se establece que cada vez que se deseen extraer recursos naturales de las tierras de pueblos indígenas y tribales, los pueblos interesados deberán participar, siempre que sea posible, en los beneficios que reporten tales actividades, y percibir una indemnización equitativa por cualquier daño que puedan sufrir como resultado de esas actividades. Pues bien, las inversiones de carácter energéticas que busquen ubicarse en tierras indígenas, deberán sortear los eventuales conflictos que supondrá negociar con los pueblos originarios y ver el modo de hacerlos participe en los beneficios, cuestión complicada cuando se refiere al sector eléctrico, pues muchas líneas de transmisión son de electricidad continua, impidiendo precisamente beneficiar a las localidades donde se genera la energía.

60 Véase Ley N° 19.175, Orgánica Constitucional de Gobierno y Administración Regional (LOCGAR) de 1993, Ley General de Urbanismo y Construcción y, en particular, el Decreto N° 143 Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones, que define al Plan Regional de Desarrollo Urbano (PRDU) y los Planes Reguladores Intercomunales o Metropolitanos.

61 Al respecto, es de sumo interés la reciente sentencia de la Corte de Apelaciones de Valparaíso en el caso Central Termoeléctrica Campiche (de fecha 24 de junio de 2009, Rol 317-2008), donde los aspectos territoriales fueron vinculados a los ambientales y determinantes para que el recurso de protección fuera confirmado por la Corte Suprema el día 22 de junio de 2009, lo que implicó paralizar la central termoeléctrica en fase adelantada de obras.



8.8.3 Las ERNC destinadas a la generación eléctrica

De la revisión desarrollada en este capítulo resulta evidente que en el marco regulatorio de las ERNC existen muchas barreras de entrada e incentivos mal diseñados para un cabal desarrollo de este tipo de energías. En un ejercicio descriptivo, es posible identificar al menos las siguientes.⁶²

8.8.3.1 Metas

Limitar a que solo el 10% de la nueva capacidad instalada provenga de ERNC hacia el 2024. Esto no sólo no está en línea con la tendencia de los países desarrollados en donde este límite es del 20% y a menores plazos, sino que no se condice con el propio Plan de Seguridad Energética diseñado por el ejecutivo en donde se establece, como una misión a mediano plazo, alcanzar que el 15% de la nueva capacidad instalada hacia el 2010 se genere con ERNC. Cabe recordar que en el último tiempo se han encargado diversos estudios independientes, como el lanzado durante el 2008 en conjunto las Universidades de Chile y Técnica Federico Santa María, en donde se ha demostrado con datos duros la capacidad nacional en materia de ERNC. Los resultados señalan un potencial bruto de ERNC del orden de 191.000 MW, con un potencial técnicamente factible de instalar equivalente a 10.803 MW. De este potencial instalable, se estima económicamente factible al año 2025 en 3.332 MW en el escenario conservador, en 4.402 MW en el escenario dinámico, y en 5.753MW en el escenario dinámico-plus, correspondiendo a un 16,8%, un 20,8% y un 28,1% de la demanda esperada del SIC de 105.560 GWh para el año 2025 (Maldonado et al., 2008).

8.8.3.2 Multas

El régimen de multa ha sido criticado por diversos autores. Como se vio, en caso de incumplimiento el nuevo cuerpo legal impone una sanción equivalente a 0,4 UTM por cada megawatt/hora de déficit, la que aumenta en caso de reincidencia a 0,6 UTM por cada megawatt/hora de déficit. Pues bien, como apunta Moraga (2008), el monto establecido por el legislador no sería suficiente para incentivar el cumplimiento de la obligación, pues el pago de la multa podría resultar menos oneroso que la obligación de suministro a partir de fuentes renovables no convencionales. En otras palabras, el sistema de multa no responde a un auténtico sistema de sanción disuasorio.

8.8.3.3 Investigación

Otro defecto considerable del actual marco regulatorio es la carencia de incentivos a la investigación para las ERNC, lo que se considera una de las principales barreras de entrada para este tipo de energía, y la eficiencia energética.⁶³ Relacionadamente, la innovación y la transferencia tecnológica son cuestiones claves para nuestro sector energético, no sólo para las ERNC y la eficiencia energética, sino que también para las fuentes convencionales de energía, como las termoeléctricas a base de carbón, en donde avances tecnológicos pueden llegar a capturar porcentajes importantes de carbón

62 Sobre las barreras de entrada identificadas antes de la Ley 20.257, pero posteriores a la Ley Corta I y II, ver Galaz (2004).

63 Lo más cercano a esta observación en términos legales concretos, es el Boletín N° 4636-08 del 18 de octubre de 2006, sobre Proyecto que crea el fondo nacional de Investigación y Desarrollo de Energías Renovables Limpias y No Convencionales, recién en primer trámite constitucional y sin urgencia alguna.



emitido al aire así como de material particulado, contaminante sumamente nocivo para la salud humana.

8.8.3.4 Sistema de incorporación a la matriz eléctrica

El sistema escogido en Chile para incorporar a su matriz eléctrica las ERNC es el sistema de cuotas (metas en función de porcentaje a un tiempo determinado). Esto se diferencia de España y Alemania, y en general de Europa, que escogieron el sistema de tarifa mínima. En términos generales, el principal defecto es que, al no incorporar incentivos necesarios y bien ubicados, el sistema de cuota fortalece a los actuales actores del sistema impidiendo el ingreso de pequeños generadores. En términos particulares, bajo este esquema "los compradores mayoristas y distribuidores de electricidad (en términos generales, operadores de red) quedan obligados por un conjunto de normas cuyo objetivo principal es equilibrar la situación de desventaja competitiva en la que los productores de electricidad con ERNC se encuentran, respecto de los generadores convencionales de electricidad" (Pirazzoli, Polanco y Gleason, 2009).

8.8.3.5 Créditos de carbono

Otro defecto importante, como apunta al respecto Moraga (2008), son las limitaciones que impondría el nuevo cuerpo legal respecto de los créditos de carbono. En efecto, un proyecto de inversión destinado a generar ERNC que reduce emisiones de gases de efecto invernadero, podría *a priori* beneficiarse de los créditos de carbono en la medida que éste cumpla con el criterio de adicionalidad. Sin embargo, al existir una obligación legal, este criterio ya no aplicaría de manera tan evidente, impidiendo beneficiarse de estos créditos. Mirado desde otro punto de vista, la limitación originada por la existencia de esta obligación legal destinada a fomentar las ERNC podría constituir un incentivo para generar un porcentaje mayor al previsto por ley o para adelantarse a su entrada en vigencia (2010).

8.8.3.6 Cogeneración

La letra ab) añadida al artículo 225 de la LGSE contempla la cogeneración en las ERNC al definir la instalación de cogeneración eficiente 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 KW y que cumpla los requisitos establecidos en el reglamento". Con esto, la ley discrimina positivamente en relación con las energías convencionales, pues éstas, cuando son producidas vía cogeneración por la industria, sólo pueden ingresar al CDEC si poseen una capacidad instalada de generación superior a los 9 MW (Artículo 169 del Reglamento Eléctrico, Decreto Supremo 327, Ministerio de Minería).⁶⁴

Esto restringe la entrada de estos actores al sistema ya que la gran mayoría de los potenciales cogeneradores se ubican en el rango de 0.1 - 5 MW. Esta discriminación, si bien representa un aspecto positivo, denota también la falta de regulación en materia de cogeneración en Chile. Las barreras de entrada a la misma deberían ser removidas cuanto antes, ya que la cogeneración permite ahorrar energía en la medida que durante la transmisión se suele perder un porcentaje elevado de energía que la cogeneración lo

64 Sobre la cogeneración en Chile y su marco regulatorio, ver Vargas y La Fuente (2000).



evita, permite ser más eficiente energéticamente, y da seguridad a la actividad productiva, entre otros beneficios.

8.8.4 Biomasa

Como se señaló anteriormente, el uso de la leña está principalmente masificado en los sectores más pobres del país, perjudicando en mayor medida su salud debido a la exposición e inhalación del humo. Esto constituye igualmente un problema de desigualdad social grave, ya que por motivos de precio, los sectores rurales más vulnerables no tienen acceso a otras alternativas energéticas, ni tampoco acceso a tecnologías más limpias. Por lo tanto, el país debería apuntar a mejorar la eficiencia e introducir tecnologías más limpias para el uso de la leña.

En este sentido, la innovación e introducción de tecnología apropiada al sector de la leña es una cuestión clave para abordar el desafío que representa esta fuente de energía. Tal como apunta Chile Ambiente (2008):

“La experiencia internacional da cuenta de interesantes casos en la utilización del *pellets*, la briqueta, el desarrollo de la calefacción distrital y la producción de artefactos y calderas apropiadas para la combustión de estos derivados de la leña. Todas estas opciones tecnológicas han permitido a países como Suecia, líder en el uso de la biomasa, cubrir cerca del 20% del consumo de energía primaria, disminuir su dependencia de los hidrocarburos y externa, y cumplir con sus objetivos y compromisos internacionales ligados a la disminución de CO₂. De las opciones mencionadas, el *pellets* es el combustible que se ha convertido en una opción viable en gran parte de Europa y Norteamérica, tanto para el uso industrial como doméstico, ello gracias a su gran poder energético, menor precio y bajo impacto ambiental y relativo fácil manejo”.

Con respecto a los biocombustibles, en el ámbito nacional los de primera generación no parecen tener un potencial merecedor de fomento, pues consideraciones de seguridad alimentaria y ambientales, adicionadas a nuestra falta de competitividad en relación con países vecinos, no recomiendan que se gasten recursos y esfuerzos en esa dirección.⁶⁵ En consecuencia, creemos que los biocombustibles que debieran potenciarse en Chile son los denominados de segunda generación, básicamente los derivados de productos oleaginosos y lignocelulósicos y, en particular, dada la gran extensión de nuestra costa marina, el biodiésel producido a partir de microalgas.

8.8.5 Eficiencia energética

Si bien es cierto el uso eficiente de la energía rebasa las competencias del sector eléctrico, es precisamente en este sector donde se ubican las mayores barreras, principalmente relacionadas con el actual funcionamiento del mercado y los aspectos institucionales del sector. Sin embargo, algunas iniciativas dan señales de cambios en esta materia. Por ejemplo, la noticia acerca de que las distribuidoras de electricidad y la CNE encargaron estudios paralelos para analizar la opción de que una parte de los ingresos de las firmas provengan de incentivos económicos basados en el ahorro de energía que logren sus clientes.⁶⁶ Esto supone un avance en lo que se conoce como

65 Sobre la situación de Chile y los biocombustibles, ver CEPAL (2008) e Iglesias (2008).

66 Ver: http://www.revistaei.cl/noticias/index_neo.php?id=15884



desacoplamiento entre los ingresos de las empresas distribuidoras y la provisión de energía, cuestión hasta el momento descartada en el sector distribución de la electricidad.

En materias más institucionales, la ACHEE será una creación de la CNE, representada para estos efectos por el Ministro de Energía, mandatado para crearla bajo la figura de una persona jurídica de derecho privado sin fines de lucro. En consecuencia, la ACHEE no se inserta dentro de lo que en su oportunidad se consideró oportuno para abordar las cuestiones de eficiencia energética, a saber, una *ley marco de eficiencia energética*, que regulara todas las cuestiones generales, entre ellas, la institucionalidad. Una ley marco tiene la ventaja de ser precisamente eso, un marco de acción que determina los principios y pautas generales, de manera que por medio de leyes y reglamentos se implementen los aspectos más puntuales y diversos, propios de una cuestión como la eficiencia energética, que cruza todo el espectro nacional, vertical y horizontalmente entendido. Por otro lado, es imprescindible que la política de eficiencia energética tenga objetivos claros y ambiciosos y cuente con indicadores para poder medir su implementación y permita la debida rendición de cuenta.

Se desconoce si el camino enunciado en el documento Programa País de Eficiencia Energética 2006-2007 relativo a una ley marco en la materia fue abandonado o continúa en cartera. Creemos que es imprescindible que las cuestiones de eficiencia energética se aborden precisamente de este modo, cuestión que además ha sido el camino escogido en la legislación comparada (Hacha, 2007).⁶⁷ El año 2002 la ONG ChileSustentable publicó un libro en el cual, dentro de muchas otras cuestiones, se delineó una propuesta de marco normativo para el uso eficiente de la energía que a grandes rasgos se encuentra todavía vigente en sus postulados y podría servir de base para el legislador en caso que el ejecutivo retome su iniciativa a este respecto (Márquez, 2002).

Otro aspecto a considerar para la futura ACHEE es que su misión no parece dar la relevancia que corresponde a reducir la emisión de gases efecto invernadero. Según señala el Incentivos y Metas (2009), "la Misión propuesta es semejante a aquellas definidas para otras AEE internacionales, pero hace mayor hincapié en las medidas de reducción del consumo y menor énfasis relativo en la disminución de los GEI. Esto obedece 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".

Si esto resulta cierto, es pertinente llamar la atención del legislador en cuanto al riesgo que supone estructurar una agencia de esta importancia sin la debida orientación hacia las cuestiones relacionadas con la reducción de gases efecto invernadero. En efecto, y no obstante ser Chile un país que contribuye poco al calentamiento global, las políticas encaminadas en esta dirección deberían estar totalmente alineadas con la de eficiencia energética. Esto responde a los peligros que enfrenta Chile en cuanto a una eventual pérdida de competitividad en el futuro, particularmente debido a los efectos que sobre nuestras exportaciones (Arístegui, 2009).

67 Sobre esto, ver también "Uso Eficiente de Energía Legislación Comparada", autor desconocido, documento electrónico: http://www.bcn.cl/carpeta_temas_profundidad/temas_profundidad.2007-0726.7558737107/pdf/Trabajo%20Uso%20Eficiente%20energia.pdf



Por otra parte, la estructura público-privada⁶⁸ escogida por el ejecutivo para dar vida a la ACHEE ha sido desaconsejada por el mejor y más serio de los estudios que se han realizado hasta el momento, encargado por la propia CNE. En efecto, el Informe para el Grupo de Trabajo sobre Energía de APEC advierte:

“que la participación directa del sector privado en ACHEE mediante una estructura de gestión pública/privada conlleva un alto riesgo de que el diseño e implementación de programas puedan verse sesgados o incluso resulten socavados por los intereses comerciales creados de las organizaciones del sector privado representadas en el consejo directivo. En consecuencia, el equipo de expertos ha recomendado que el Ministro de Energía debiera crear ACHEE pero asignando la responsabilidad de gestión de la agencia al control absoluto del sector público” (Grupo de Trabajo sobre Energía de APEC, 2009).

En consecuencia, si bien es cierto que la presencia y participación del sector privado, así como de la sociedad civil (ONGs, centros de estudios y universidades), es imprescindible, creemos que no se puede soslayar la recomendación apuntada. Estamos en presencia de un contexto global y local que impone cambios estructurales para el sector energético en el sentido de abandonar el rumbo seguido por Chile hasta el momento donde los intereses privados han contrapunteado el devenir de una cuestión estratégica como la seguridad energética del país.

8.8.6 Equidad y acceso a la energía

Si bien uno de los objetivos de equidad energética más relevantes corresponden a la electrificación de viviendas, no es el único. El costo de la energía, el uso de recurso leña para cocinar y calefacción, y las externalidades sociales y ambientales de proyectos energéticos afectan sobre todo a las familias más pobres y constituyen una fuente de desigualdad. En un estudio elaborado para el Ministerio Secretaría General de Gobierno se señala que “en los quintiles más pobres el peso de la energía no sólo aumenta más que en el resto de los quintiles, sino que además, el crecimiento en el costo de la energía no es compensado por el aumento de los ingresos que estos sectores vulnerables percibieron en el mismo periodo” (Márquez, Miranda y Aserta, 2007). En el mismo estudio se consigna a la leña como el energético más utilizado en el sector residencial chileno y responsable de la elevada contaminación en el sur de Chile.

En función de lo anterior, los esfuerzos venideros debieran estar centrados en la calidad y la forma en que se accede a la energía. Partiendo de la base que la energía es un motor para la superación de la pobreza, si se cumple el acceso pero de manera precaria, o utilizando recursos más caros o contaminantes, o si el suministro energético existe pero su costo es disonante con la realidad social, el acceso a la energía puede llegar a ser fuente de mayores inequidades. Para esto es fundamental entonces una

68 A esta estructura se le ha catalogado con la expresión bottom-up, en alusión a los procesos de formación de ideas e instituciones iniciados desde las capas que se ubican en la base de la pirámide social, como sería el sector privado y la sociedad civil, para luego ir “subiendo” hasta el aparato estatal. El proceso a la inversa se le conoce como up-down. Ambas expresiones suelen utilizarse en economía política y relaciones internacionales para graficar cómo surgen las instituciones, sin embargo, creemos que no resulta justa esta expresión para el caso en concreto, pues con ella se puede ocultar la captura de los intereses en materia de uso eficiente de la energía por parte del sector privado, cuando se trata de una cuestión estratégica que debiera estar en manos del Estado, con la necesaria participación de las empresas y la sociedad civil.



revisión de las políticas energéticas y de electrificación que acentúe las realidades particulares de los beneficiarios, no descartando opciones normativas como las empleadas en algunos países que contemplan suministros sin costos o a bajo costo mediante tarifas mínimas o escalonadas (Borregaard y Katz, 2009).

Entre las medidas que se pueden impulsar, reforzar y reorientar para alcanzar el objetivo más cabal de equidad energética, es fundamental aumentar el esfuerzo para que sectores medios y pobres tengan acceso a tecnologías eficientes energéticamente. Por ejemplo, se debe no sólo incluir que las viviendas nuevas cuenten con franquicias a colectores solares, sino que también fomentar el mejoramiento térmico en la construcción y en viviendas ya construidas, impulsar el acceso a las energías renovables y a sistemas híbridos a nivel comunitario, y generar programas de recambio de estufas y uso eficiente y no contaminante de la leña.

La luminaria pública es también muy importante en los sectores más pobres de las zonas rurales y urbanas, constituyéndose en una fuente de desigualdad cuando está ausente. Proteger a los peatones durante la noche y disminuir los focos de delincuencia amparados en la oscuridad debiera ser un objetivo nacional. Considerando que existen sistemas lumínicos alimentados con energía solar o tecnologías como LED que constituyen un ahorro en el largo plazo, los programas que pongan estas tecnologías al alcance de los más pobres pueden tener efectos considerables sobre calidad de vida y la seguridad de las personas (ONU, 2006).

8.9 REFERENCIAS

- Arístegui, J.P. 2009. Los biocombustibles desde la perspectiva del comercio internacional y el derecho de la OMC. *Revista de Derecho*, Universidad Austral (en prensa).
- BCN, 2008. Historia de la Ley N° 20.257. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile. (<http://www.bcn.cl/histley/lfs/hdl-20257/HL20257.pdf>)
- Borregaard, N. y Katz, R. 2009. Opciones para la Matriz Energética Eléctrica: Insumos para la Discusión. Fundación Futuro Latinoamericano, Quito. (http://www.ffla.net/images/stories/PDFS/PUBLICACIONES/ffla_energia_chile.pdf)
- Cámara de Diputados de Chile, 2009. Aprueban ley que otorgará franquicia tributaria a las constructoras que instalen sistemas solares térmicos de agua potable. (http://www.camara.cl/prensa/noticias_detalle.aspx?prmid=35701)
- CEPAL, 2008. Consideraciones ambientales en torno a los biocombustibles líquidos. *Serie Medio Ambiente y Desarrollo* 137. División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos, CEPAL, Santiago.
- Charles, M. B., Ryan, R., Ryan, N. y Oloruntoba, R. 2007. Public policy and biofuels: The way forward? *Energy Policy* 35: 5737–5746.
- Chile Ambiente, 2008. Análisis del Potencial Estratégico de la Leña en la Matriz Energética Chilena. Estudio elaborado para la CNE. Corporación Chile Ambiente, Santiago.
- CNE, 2008. Política Energética: Nuevos Lineamientos. Transformando la Crisis Energética en una Oportunidad. Comisión Nacional de Energía, Santiago.
- CNE, 2009a. Las energías renovables no convencionales en el mercado eléctrico chileno. Comisión Nacional de Energía, Santiago.



- CNE, 2009b. Análisis de Alternativas tecnológicas con Colectores Solares en Escuelas o Internados Rurales. Comisión Nacional de Energía, Santiago.
- CNE/GTZ, 2008. Potencial de generación de energía por residuos del manejo forestal en Chile. Comisión Nacional de Energía, Cooperación Técnica Alemana, Cooperación Intergubernamental Chile – Alemania, Santiago.
- Cubillos, G. 1999. Marco constitucional y legal que incide en los procesos de ordenamiento territorial en Chile. En Serrano, M (ed.), *Apoyo al desarrollo de instrumentos de manejo de los recursos naturales: ordenamiento territorial*. CONAMA/BID/FOMIN, Santiago.
- Delvaux, B. 2004. Promoting Biofuels in Energy Supply: the European Legal Framework. *European Energy and Environmental Law Review* 13: 66–78.
- FAO, 2008. Bioenergía, Seguridad y Sostenibilidad Alimentarias: Hacia el Establecimiento de un Marco Internacional. FAO, Roma.
- 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. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), Santiago.
- Grupo de Trabajo sobre Energía de APEC, 2009. Revisión de expertos sobre la eficiencia energética en Chile. Borrador del informe final, revisado el 14 de abril 2009.
- Hacha, J. 2007. Construyendo la Ley Marco de Eficiencia Energética. En *Programa País de Eficiencia Energética 2006-2007*. Programa País de Eficiencia Energética, Santiago: 24-25.
- Hall, S., Román, R., Cuevas, F. y Sánchez, P. 2009. *¿Se necesitan represas en la Patagonia?, Un análisis del futuro energético chileno*. Editorial Ocho libros, Santiago.
- Hayward, T. 2009. Global Challenges: Latin American Opportunities. Presentación ofrecida en la conferencia "18th Annual Latin American Energy Conference", Institute of the Americas, La Jolla, California, 12-13 de mayo 2009.
- Iglesias, R. 2008. Biomasa, agroenergía, bioenergía, eficiencia energética, ahorro energético: ¿Tiene sentido?. ODEPA, Ministerio de Agricultura, Santiago.
- Incentivos y Metas, 2009. Asesoría para el Diseño de la Agencia Chilena de Eficiencia Energética. Consultora Incentivos y Metas, Santiago. (http://www.ppee.cl/Archivos/INFORME_FINAL_ACHEE.pdf)
- Iturre, M. J. 2008. El debate sobre la seguridad y los límites de la seguridad energética. *Revista Electrónica de Estudios Internacionales* 15: 1-25.
- Iturriaga, J. 2002. Ordenamiento territorial en Chile. Instituciones, instrumentos, problemas y propuestas. Tesis de Magíster en Asentamientos Humanos y Medio Ambiente, FADEU-PUC, Santiago.
- Jank, M. S., Kutas, G., Nassar, A. M. y do Amaral, L. F. 2007. EU and US Policies on Biofuels: Potential Impacts on Developing Countries. GMF study, The German Marshall Fund of the United States, Washington, DC.
- Maldonado, P. et al., 2008. Aporte Potencial de: Energías Renovables No Convencionales y Eficiencia Energética a la Matriz Eléctrica, 2008 – 2025. 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.
- Márquez, M. 2002. Diagnóstico y Potencialidades del uso Eficiente de la Energía en Chile: Una Propuesta de Marco Normativo. En Larraín, S. (ed.) *Las Fuentes Renovables de Energía y el Uso Eficiente*. LOM Ediciones, Santiago.



- Márquez, M., Miranda, R. y Aserta Consultores, 2007. Una estimación de los impactos en los presupuestos familiares derivados del sostenido aumento en los precios de la energía. Universidad Austral de Chile, Valdivia.
- Mohr, R. 2007. Inserción de generadores de energía renovable en redes de distribución. Tesis de Magíster en Ciencias de la Ingeniería, Universidad Católica, Santiago.
- Moraga, P. 2008. El Aporte de las ERNC a la Política Energética Sustentable. Material docente para el Taller "El Marco Jurídico Internacional de la Energía". Escuela de Derecho, Universidad de Chile. (https://www.u-cursos.cl/derecho/2009/1/D129T07107/20/material_docente/objeto/217878)
- ONU, 2002. Informe de la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible Johannesburgo (Sudáfrica). Organización de Naciones Unidas, Nueva York.
- ONU, 2006. Opciones normativas y posibles medidas para acelerar las tareas de aplicación: energía para el desarrollo sostenible. " Informe del Secretario General, 20 de Diciembre de 2006. Consejo Económico y Social, Organización de Naciones Unidas.
- Pirazzoli, A., Polanco, R. y Gleason, J. 2009. Energías renovables: Una nueva política normativa para enfrentar una nueva crisis energética. *Revista de Justicia Ambiental* 1: 9-59.
- PNUD/GEF, 2001. Remoción de Barreras para la Electrificación Rural con Energías Renovables. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Global Environment Facility, Santiago.
- PRIEN, 2008. Aplicación de criterios de eficiencia energética en contrataciones públicas. Programa de Estudios e Investigaciones en Energía, Universidad de Chile, Santiago.
- Reyes, R. y Venegas, A. 2009. Lineamientos para una política dendroenergética: Estado del arte, objetivos y propuestas. Corporación de Certificación de Leña, Castro.
- Rudnik, H. 2006a. Seguridad energética en Chile: dilemas, oportunidades y peligros. Dirección de Asuntos Públicos, Universidad Católica de Chile, Año 1, N° 4.
- Rudnick, H. 2006b. Un nuevo operador independiente de los mercados eléctricos chilenos. *Revista Estudio Públicos* 101: 213-238.
- Seixas, M. 2006. Estrategias para construir una plataforma de cooperación horizontal sobre agroenergía y biocombustibles, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, Costa Rica.
- Silva, M. y Ulloa, J. C. 2009. Explotación de geotermia podría duplicar la generación eléctrica en Chile. Diario El Mercurio, Domingo 7 de junio de 2009.
- Takada, M. y Porcado, J. 2005. Achieving the Millennium Development Goals: The role of energy services - case studies from Brazil, Mali and the Philippines. UNDP/BDP, Energy and Environment Group, New York.
- UNDP, 2005. Energizing the Millennium Development Goals. United Nations Development Programme, New York.
- Vargas, L. y La Fuente, F. 2000. Cogeneración en Chile: Potencialidad y Desafíos. *Revista Chilena de Ingeniería* Marzo 2000: 39-48.
- Vásquez, D. 2004. Posibilidades de la energía geotérmica en Chile. El caso de la Octava Región. *Serie Informes* Año XIV, N° 135, Biblioteca del Congreso Nacional de Chile, Departamento de estudios, extensión y publicaciones.
- Vergara, N. 2008. Ordenamiento Territorial en Chile: Un Análisis Crítico desde los Instrumentos de Planificación Regional. En *Desarrollo Sustentable: Gobernanza y Derecho*, Actas de las Cuartas Jornadas de Derecho Ambiental, Facultad de Derecho, Universidad de Chile, Santiago.



9 INNOVACION Y TRANSFERENCIA TECNOLOGICA

9.1 INTRODUCCIÓN

Este capítulo presenta un análisis de los mecanismos de apoyo a la innovación y la transferencia de tecnologías que existen actualmente en Chile. Con el propósito de contextualizar el estado actual de las políticas en vigor, se presenta una breve historia de la evolución en las políticas de intervención. Más específicamente, el objetivo de este capítulo es presentar los instrumentos vigentes en Chile, principalmente desde una aproximación descriptiva. El capítulo finaliza con una serie de reflexiones relacionadas con el fortalecimiento de la innovación y transferencia tecnológica en materia energética.

A la luz del presente estudio es importante resaltar que en Chile la intervención de la autoridad en materia energética tiene fundamentalmente un rol regulador. Es decir, las intervenciones del Estado en el sector eléctrico se destinan fundamentalmente a corregir las externalidades negativas que se producen con la generación de energía (incluyendo los impactos ambientales y los riesgos de seguridad) y no a capturar las externalidades positivas que se generarían de un proceso innovador en el sector. Como lo resumen Borregaard y Katz (2009), nuestro país carece de "una estrategia clara o programas sistemáticos y de largo plazo frente a la innovación en energía". Aunque piezas claves están siendo colocadas y varias agencias, incluyendo CORFO, CONICYT y la CNE, han enfocado sendos programas e importantes recursos al tema de las ERNC y la eficiencia energética, estos aun no responden a una estrategia de innovación de largo plazo.

Según antecedentes presentados en este estudio, de mantenerse el curso actual en la evolución del mercado energético, en el futuro Chile enfrentará serios desafíos en términos de la seguridad del abastecimiento eléctrico y la sustentabilidad del desarrollo, para lo cual el avance de la eficiencia energética y las ERNC será fundamental. Sin embargo, el enorme potencial nacional para la explotación sustentable de sus recursos energéticos renovables y el desarrollo de proyectos económicamente viables de aumento en la eficiencia energética no se materializará en ausencia de una política coordinada, clara y agresiva de innovación en tecnología energética. Tal como expresa Holdren (2006), uno de los dos objetivos básicos que debe guiar el accionar público en materia energética corresponde a acelerar el proceso de innovación tecnológica, factor aún ausente, o en el mejor de los casos difuso, dentro de la política energética del país.



9.2 DEFINICIONES

9.2.1 Innovación⁶⁹

Transformación que permite la mejora y perfeccionamiento de productos, servicios y procesos existentes con el fin de obtener un beneficio económico y social. Proceso mediante el cual ciertos productos o procesos productivos, desarrollados en base a nuevos conocimientos o a la combinación novedosa de conocimiento preexistente, son introducidos eficazmente en los mercados, y por lo tanto en la vida social. b) Actividad de carácter científico, tecnológico, organizativo, financiero o comercial que se lleva a cabo con la finalidad de obtener productos, procesos y servicios totalmente nuevos o significativamente mejorados. La innovación se define como el resultado de la introducción (o difusión) económica y socialmente útil del nuevo conocimiento o la tecnología.

9.2.2 Transferencia tecnológica⁷⁰

Proceso de transmisión de conocimiento e información de carácter científico y técnico hacia terceros para lograr su absorción, adaptación y reproducción con el fin de producir nuevos productos, prestar servicios nuevos o mejorar los existentes. b) Acción de transferir conocimientos, en forma de maquinaria y equipos o en forma intangible, requeridos para la fabricación de un producto, la aplicación de un procedimiento o la prestación de un servicio. Abarca el conjunto de las siguientes acciones: venta o cesión bajo licencia de cualquier categoría de propiedad intelectual, incluida la transmisión de conocimientos técnicos especializados. Los flujos de transferencia de tecnología provienen del exterior, se dirigen a él, o se producen dentro del territorio nacional.

- Transferencia vertical: proceso por el cual, dentro de un mismo país, se transforman los conocimientos científicos endógenos en innovaciones, con la apropiación de los mismos por los correspondientes agentes económicos y sociales.
- Transferencia horizontal: proceso por el cual las tecnologías se trasladan de un país a otro.

9.2.3 Tecnológica eléctrica

Según Gallagher, Holdren, y Sagar (2006), las tecnologías energéticas comprenden los medios de “localizar, estimar, capturar, transportar, procesar y transformar formas primarias de energía natural (e.g., luz solar, biomasa, petróleo, carbón, uranio, etc.) para la generación de energía directa (e.g., calor) o formas secundarias más convenientes para el uso humano (e.g., carbón, gasolina, electricidad).” Con relación a las energías eléctricas, los autores distinguen entre tecnologías de oferta eléctrica utilizadas para proveer energía a los usuarios y “tecnologías de uso final encargadas de convertir la energía provista en servicios tal como la iluminación o el movimiento.

69 Céspedes (2008).

70 Céspedes (2008).



Como lo prueban estas definiciones, la innovación y la transferencia de tecnología son procesos complejos y amplios que exceden la visión informal de inventar o copiar una tecnología en particular. En este sentido, vale la pena recalcar que la innovación incluye la creación, adopción o modificación de productos, servicios y procesos, y que la transferencia puede ser intangible en la forma de conocimientos o incorporada en una maquinaria o equipo. A su vez, los esfuerzos de innovación pueden dirigirse a cualquiera de las etapas del proceso de generación o uso final. Así, si bien los esfuerzos de innovación generalmente se concentran en las tecnologías de oferta energética, las tecnologías de uso final son igual de importantes y ofrecen en la práctica mayores oportunidades de mejoramiento.

Además, los objetivos de la innovación en tecnologías energéticas son también muy amplios. No sólo puede generar reducciones en el costo directo de generación, transmisión o distribución de la energía, sino que también reducciones de los costos ambientales o políticos (incluyendo la disminución de la dependencia de fuentes importadas y de periodos sin abastecimiento), y aumentos en la calidad de la energía provista (Gallagher, Holdren, y Sagar (2006).

9.3 ANTECEDENTES GENERALES

La literatura de crecimiento económico muestra que a nivel agregado el aumento de la productividad de los factores, y no la diferencia en la dotación o la tasa de acumulación de ellos, es la principal causa de convergencia en el ingreso per cápita entre países (Howitt, 2000; Klenow y Rodríguez-Clare, 2005). Es decir, aquellos países que han convergido a niveles de ingreso similares a los países desarrollados basan su crecimiento en aumentos sostenidos de la productividad, lo que a su vez se basa en la capacidad de la economía de acercarse a la frontera tecnológica mundial. Esta evidencia se contrapone a la llamada "maldición de los recursos naturales" que muestra una correlación negativa entre crecimiento económico y abundancia de recursos naturales. En definitiva, no es la abundancia de factores sino el nivel tecnológico con el que dichos factores se explotan lo que hace a un país elevar su ingreso per cápita y desarrollarse.

La Tabla Nº 9.1 presenta una descomposición del crecimiento económico en Chile entre 1990 y 2008. Esta tabla refleja la relación entre la productividad y el crecimiento económico del país. Así, no sólo muestra el positivo impacto del aumento en la productividad total de los factores entre 1990 y 1997, periodo en el que el PIB del país creció al 7%, sino que también refleja que a partir del 1997 se registra una importante caída en el aumento de la productividad local y del PIB. Esto sugiere que el país se ha estancado en términos de su capacidad de innovar y elevar la productividad con la emplea sus recursos.



Tabla Nº 9.1: PIB y productividad

PERIODO	GDP	CAPITAL	TRABAJO	PRODUCTIVIDAD Total de Factores
1990-2005	5.3	4.5	0.71	2.9
1990-1997	7.1	4.06	1.9	4.3
1998-2005	3,08	4,1	-0,75	1,8

Fuente: Braun, Briones y Jonson (2007).

A nivel desagregado, el rol clave de la innovación como factor productivo determinante de la competitividad microeconómica de las firmas ha sido racionalizado teóricamente por los modelos de crecimiento endógeno y demostrado en la práctica con el despegue económico de sectores, regiones y empresas que han apostado a su creación y difusión como estrategia de desarrollo. Tanto en los modelos como en la experiencia real los insumos tradicionales (capital y trabajo) pierden importancia relativa respecto de factores competitivos derivados del conocimiento, la innovación y el uso de las tecnologías más eficientes. En resumen, no es la dotación de factores lo que determina la sostenibilidad del crecimiento en el ingreso sino la forma en que dichos factores se combinan, lo que a su vez está determinado por los niveles de gasto en investigación y desarrollo.

Esto, que ha sido ya confirmado a nivel de países, regiones y firmas, es también válido a nivel de sectores específicos. El sector energético es un caso particularmente claro de este fenómeno. Mientras la dotación de factores naturales en Chile le permitiría generar parte importante de sus recursos energéticos con base en ERNC, el nivel tecnológico está por debajo del óptimo y se mantendrá a ese nivel mientras no se realicen esfuerzos concertados de cambio tecnológico.

9.4 EL PÉNDULO DE LAS POLÍTICAS INDUSTRIALES EN CHILE

Chile, al igual que la mayoría de los países latinoamericanos, adoptó a mediados del siglo pasado una estrategia de desarrollo industrial basada en la sustitución de importaciones por medio de la creación de conglomerados industriales con participación estatal y trabas al comercio. El acero, las telecomunicaciones, la energía, la prospección y refinamiento de petróleo, la banca, la minería de cobre, y otros sectores considerados claves para la economía nacional, eran provistos por empresas estatales. En este contexto se crea la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO).⁷¹

Entre 1970 y la actualidad Chile transitó desde una economía planificada y basada en la sustitución de importaciones, donde el grueso de las manufacturas y la industria pesada, la totalidad de la banca, y gran número de empresas agrícolas eran operadas por el Estado, hacia otra en donde el Estado asumió un rol regulador e impulsó una

71 También se crea el Banco del Estado de Chile, y un número importante de empresas sectoriales que actualmente se encuentran en manos del sector privado.



estrategia basada en la apertura pro exportadora y la atracción de inversión extranjera. Si bien el Estado regulador considera al mercado como un mecanismo eficiente en la asignación de recursos, reconoce la necesidad de intervenir para corregir las denominadas fallas del mercado.

Uno de estas fallas es la innovación. Bajo esta premisa, el Estado ha intervenido en el mercado laboral (con el Servicio Nacional de Capacitación y Empleo, el Seguro de Desempleo y otras regulaciones), el mercado financiero para pequeñas empresas (con el FOGAPE y el Banco del Estado), y otros con el mismo énfasis corrector. En materia de innovación y transferencia tecnológica, la CORFO y la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICYT) son las agencias públicas encargadas de corregir las fallas en el mercado de la innovación y el conocimiento.

Siguiendo una tendencia mundial, en los últimos años Chile ha comenzado a distanciarse de la visión de un Estado únicamente corrector y ha empezado a asumir un rol coordinador respecto de la estrategia de innovación del país (Agosin, Grau y Larraín, 2009). En la práctica, esto implica moverse de una actitud neutra respecto de que la investigación es útil para el país y escoger sectores estratégicos sobre los que se estima el desarrollo del país se basará. Esta idea está inmersa en el concepto del Sistema Nacional de Innovación (SNI). Según Nelson (1993), un determinante clave en el éxito de la estrategia innovadora de un país, sector o región está dado por la interacción de las agencias públicas y privadas. Además de las fallas de información (los desbordamientos de conocimiento que generan las fallas de asignación en el mercado la innovación) que deben ser corregidas subsidiando el mercado, el Estado debe asumir el rol coordinador en un SIN. Esto es lo que a grandes rasgos se ha hecho desde 2006 tras la creación del Consejo Nacional de Innovación para la Competitividad (CNIC).

9.5 INNOVACIÓN Y DESARROLLO EN CHILE

En Chile entre 2002 y 2004 se gastó en innovación y desarrollo (I+D) menos de un 0,7% del PIB, lo que sitúa al país segundo en Latinoamérica después de Brasil (ver Tabla N° 9.2) Sin embargo, si se considera el gasto en esta materia de los países más desarrollados, la cifra chilena evidencia una brecha importante. Por ejemplo en el mismo periodo, países como Finlandia, Estados Unidos, Suecia, Israel y Japón gastaron en promedio un 3.6% del PIB en I+D y los países de la OECD en promedio un nivel de 2.2% del PIB.



Tabla N° 9.2: Gasto en I+D como porcentaje del PIB

PAÍS	AÑO		
	2002	2003	2004
Brasil	1,00%	0,97%	0,91%
Chile	0,68%	0,67%	0,68%
Argentina	0,39%	0,41%	0,44%
EEUU	2,65%	2,68%	2,68%
Finlandia	3,38%	3,43%	3,48%
Irlanda	1,10%	1,16%	1,20%
México	0,44%	0,43%	Nd
Nueva Zelanda	nd	1,14%	Nd
OCDE	2,24%	2,25%	2,26%

Fuente: <http://www.conicyt.cl/573/fo-article-3962.pdf>

Otro aspecto de interés es el origen del financiamiento destinado a I+D. Mientras en los países más avanzados es el sector privado el mayor proveedor de fondos, en Chile es el sector público el actor más relevante. Así, mientras el promedio de financiamiento privado en I+D en países desarrollados es del 60%, en Chile esta cifra llegó al 46% en 2004, lo que de todos modos refleja un importante aumento respecto del 33% observado en 2002. Por su parte, prácticamente la mitad de los recursos los utiliza el sector privado, un tercio las universidades, y el resto se divide entre los organismos públicos y las instituciones privadas sin fines de lucro. Aproximadamente un 80% de los recursos se destinan a investigación aplicada y el resto a investigación básica.⁷² Como muestra de la carencia de una política energética clara, y de su contraparte en investigación asociada, no existen estadísticas de los fondos destinados a I+D en el sector energético chileno.

72 Ver: <http://www.conicyt.cl/573/propertyvalue-2378.html>



9.6 TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA E INNOVACIÓN EN CHILE: PRINCIPALES ACTORES Y MECANISMOS

En esta sección se presenta una descripción de Sistema Nacional de Innovación (SNI), de los mecanismos de apoyo a la innovación y la transferencia tecnológica en el país, de los centros de investigación abocados a esta tarea y de algunas iniciativas de colaboración internacional.

9.6.1 El Consejo Nacional de Innovación para la Competitividad

El Consejo Nacional de Innovación para la Competitividad (CNIC) es un organismo asesor permanente de la Presidencia de la República constituido por decreto en noviembre de 2005. Entre sus objetivos están el trazar los "lineamientos para una estrategia nacional de innovación para la competitividad de largo plazo", proponer "medidas para fortalecer el Sistema Nacional de Innovación y para mejorar la efectividad de las políticas e instrumentos públicos en el ámbito de la innovación, considerando en particular una propuesta de reordenamiento institucional", y proponer "criterios de asignación, priorización, ejecución y evaluación de los recursos públicos destinados a fondos, programas y proyectos de innovación".

En este sentido, el rol del CNIC es muy amplio, ya que debe asesorar a la autoridad en la identificación, formulación y ejecución de políticas, planes y programas, medidas y demás actividades referidas a la innovación, incluyendo los campos de la ciencia, la formación de recursos humanos especializados y el desarrollo, transferencia y difusión de tecnologías. El CNIC no es un ente ejecutor, sino una entidad coordinadora que planifica los esfuerzos en materia de innovación.

El primer informe del CNIC, publicado en febrero de 2006, recomiendan diversas propuestas estratégicas tendientes a fortalecer este campo en Chile, destacándose las siguientes: 1) selectividad como premisa competitiva, 2) promoción de una cultura de emprendimiento e innovación a nivel individual y empresarial, 3) creación de capacidades regionales de innovación, 4) un esfuerzo de difusión tecnológica y promoción de empresas innovadoras, 5) la atracción al país de unidades de investigación, desarrollo o provisión de servicios intensivos en tecnología de empresas internacionales, 6) el fortalecimiento de redes que vinculen los esfuerzos de innovación de diversos actores, 7) un esfuerzo nacional enfocado al capital humano tanto en capacidades básicas (ciencias, lectura, idioma inglés, etc.) como de la investigación avanzada científico-técnica, y 8) el uso de incentivos para promover la innovación en la empresa privada (subsídios, fondos de capital semilla y de riesgo, los aportes minoritarios de capital de CORFO, y la aplicación de incentivos tributarios) (CNIC, 2006).

Llama poderosamente la atención en el informe citado la ausencia de un lineamiento o consideración explícita del tema energético del país. En él no hay referencia alguna a las necesidades tecnológicas en materia de energía o las necesidades de reforzar la competitividad del país en dicha área. Ni las energías renovables, ni la eficiencia energética, ni el mercado eléctrico aparecen mencionados en el documento. En efecto, la palabra "energía" aparece mencionada sólo una vez en el documento y de manera



tangencial. Esta omisión da cuenta de la escasa relevancia del tema energético para las autoridades a cargo de la innovación tecnológica en el país.

En 2008, en la segunda parte de Estrategia Nacional de Innovación, el CNIC formula un conjunto de recomendaciones específicas para los tres pilares de la estrategia: 1) un sistema de aprendizaje para toda la vida, accesible y de calidad, 2) una plataforma de generación, difusión y aplicación del conocimiento que se funde en un esfuerzo permanente y robusto de investigación científica y tecnológica, coherente con los problemas productivos y sociales del país, y 3) un sistema empresarial innovador, orientado a la creación de valor como estrategia de competencia en los mercados globales, con empresas que estén dispuestas a asumir el rol protagónico que les cabe en las actividades de investigación y desarrollo e innovación (CNIC, 2008).

Este documento identifica ocho sectores productivos prioritarios - acuicultura, turismo, minería del cobre, offshoring, alimentos procesados, fruticultura, porcicultura y avicultura, y servicios financieros - en donde se priorizarán los esfuerzos de innovación. El fin es apoyar su desarrollo y así convertirlos en verdaderos clusters con ventajas competitivas sostenibles en el tiempo basadas en conocimientos específicos generados en torno a ellos. A su vez, identifica tres sectores amplios que servirían como plataforma para el desarrollo de los clusters: 1) infraestructura habilitante (incluyendo generación y suministro de energía), 2) marco normativo y legal, y 3) servicios financieros y de comercio.

Nuevamente sorprende el rol secundario que la autoridad le asigna al sector energético dentro de la estrategia de competitividad del país y la carencia de una estrategia explícita de innovación en tecnología energética. Relegar el tema de la energía a un ámbito "habilitante" es ignorar la relevancia del sector energético tanto para el país en general como para los clusters seleccionados. Dentro de estos últimos, sectores como la gran minería y el procesamiento de alimentos son intensivos en energía y por ende muy sensibles al costo y la disponibilidad de electricidad. Lo mismo ocurre en sectores como el forestal, el transporte y la industria en general.

9.6.2 Mecanismos horizontales de apoyo a la innovación

En esta sección presentamos algunos mecanismos de intervención pública que hemos catalogado como horizontales. Estos existen como fondos disponibles para financiar I+D en general. En cambio, los mecanismos verticales son aquellos especialmente destinados a la promoción de I+D en sectores determinados. Estos últimos se discutirán en la sección siguiente.

Los principales mecanismos horizontales de apoyo a la innovación y transferencia tecnológica en Chile son los siguientes: 1) el programa InnovaChile de CORFO, (2) el Fondo al Desarrollo Científico y Tecnológico (FONDEF) de CONICYT y (3) los Créditos impositivos para gastos en I+D.



9.6.2.1 InnovaChile

InnovaChile, división de CORFO encargada de promover la innovación y acelerar la transferencia tecnológica en el país, comenzó operaciones en 2005 tras la fusión de dos fondos administrados por la CORFO: el Fondo Nacional de Desarrollo Tecnológico y Productivo (FONTEC) y el Fondo de Desarrollo e Innovación (FDI). Entre 2005 y 2008 la inversión público privada de InnovaChile alcanzó los US\$ 463 millones, contando para el 2009 con un presupuesto de US\$ 105 millones (CORFO, 2009).

InnovaChile se organiza en función de cuatro áreas etapas del "ciclo innovador, en donde cada etapa es supervisada por un Subcomité que decide los recursos a ser asignados. Las etapas definidas son las siguientes:⁷³

- **Innovación Precompetitiva y de Interés Público:** orientada a abordar tempranamente los desafíos productivos, y a mejorar las condiciones de entorno de mercados y sectores productivos. Son elegibles para estos recursos aquellos proyectos de innovación presentados por asociaciones gremiales, un grupo de empresas o centros de estudio e investigación (a condición de que los proyectos sean "de interés público".)
- **Innovación Empresarial:** apoya la innovación tecnológica de procesos productivos y nuevos productos. Son elegibles para estos recursos empresas individuales o en consorcios.
- **Transferencia Tecnológica:** orientada a mejorar el conocimiento de alternativas tecnológicas y a facilitar la adaptación de nuevas tecnologías.
- **Emprendimiento:** apoya el desarrollo de nuevos negocios y empresas. Esto incluye el apoyo a incubadoras de negocios e inversionistas "ángeles".

Estas áreas de apoyo no discriminan los proyectos en función del sector productivo que provengan, y en ese sentido ofrecen apoyo "horizontal". Sin embargo, InnovaChile también trabaja sobre áreas temáticas que corresponden a los sectores estratégicos definidos por el CNIC. Las áreas sectoriales de InnovaChile son las siguientes:

- Biotecnología, Energía y Medioambiente;
- Tecnologías de la Información y las Comunicaciones;
- Industria Alimentaria;
- Minería e Infraestructura; y
- Turismo de Intereses Especiales.

Más específicamente relacionado con el sector energético, entre 2004 y 2008 InnovaChile invirtió US\$ 7,4 millones distribuidos en 27 proyectos energéticos. Dentro de éstos, mientras predominan los relacionados con los biocombustibles y la eficiencia energética, la energía eólica cuenta con dos proyectos, la energía de las olas sólo con uno y la energía solar con ninguno (Borregaard y Katz, 2009).

73 http://www.corfo.cl/acerca_de_corfo/innova_chile



9.6.2.2 Fondo al Desarrollo Científico y Tecnológico (FONDEF)

La Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICYT) “promueve, fortalece y difunde la investigación científica y tecnológica en Chile, para contribuir al desarrollo económico, social y cultural del país”. Los recursos de CONICYT se invierten fundamentalmente en tres programas: a) el Fondo al Desarrollo Científico y Técnico (FONDEF), b) la Formación de Capital Humano (becas), y c) la Internacionalización del Esfuerzo Innovador (cooperación internacional).

De éstos, el FONDEF es el programa destinado a fortalecer y aprovechar las capacidades de innovación científica y tecnológica de las universidades e instituciones de investigación y desarrollo nacionales, con un énfasis en la vinculación con el sector empresarial. El FONDEF financia proyectos de I+D que promuevan innovaciones en procesos, productos, servicios u otras innovaciones tecnológicas de aplicación industrial. También financia proyectos de transferencia tecnológica destinados a implementar en el sector productivo los resultados obtenidos de proyectos exitosos de I+D.⁷⁴

Así, mientras CORFO se especializa en subsidiar la innovación directamente en las empresas, a través del FONDEF CONICYT apoya preferentemente la investigación en universidades otras entidades especializadas en desarrollo tecnológico de aplicación productiva y otros centros de investigación. En otras palabras, mientras CORFO intenta resolver las carencias asociadas a la demanda por innovación, CONICYT intenta corregir “fallas” en la creación y difusión de conocimiento.

Con relación al sector energético, entre 1991 y 2006 FONDEF destinó US\$ 6,4 millones a temas de energía, aumentando notoriamente estos recursos durante los últimos años. El sector energía en 2006 obtuvo el 10% del presupuesto total del FONDEF, alcanzando US\$ 2,1 millones (Borregaard y Katz, 2009).

9.6.2.3 Créditos impositivos para gastos en I+D

Otro instrumento horizontal es la Ley N° 20.241 de 2008 que establece un incentivo tributario a la inversión privada en investigación y desarrollo. El beneficio es aplicable a empresas que contraten proyectos de I+D con centros de investigación inscritos en el Registro de Centros de Investigación de CORFO. En la actualidad este registro incluye 37 centros aprobados. El beneficio establece un crédito al impuesto de 1ª categoría equivalente al 35% de los pagos en virtud de contratos de I+D celebrados con centros de investigación inscritos en el registro de CORFO. El monto restante (65%) podrá considerarse como “gasto necesario para producir la renta”, independiente del giro de la empresa. El monto total anual del crédito está limitado al 15% del ingreso bruto anual de la empresa o ciento ochenta y cinco millones de pesos.⁷⁵

74 <http://www.conicyt.cl>

75 <http://wapp.corfo.cl/sisrid/>



9.6.3 Mecanismos verticales de apoyo a la innovación

9.6.3.1 Fundación Chile⁷⁶

Si bien Fundación Chile no es una entidad pública sino una institución de derecho privado sin fines de lucro, debido a su impacto en el desarrollo tecnológico del país debe ser incluida en esta revisión. Su objetivo es apoyar la creación y difusión de negocios por la vía de introducir innovaciones tecnológicas y desarrollar el capital humano en sectores claves de la economía. Fundación Chile ejecuta principalmente proyectos de transferencia tecnológica, articulación institucional y agregación de valor en sectores productivos basados en recursos naturales renovables (agroindustria, recursos marinos, industrias forestales, y medio ambiente y energía) y capital humano.

Esta institución utiliza cuatro modalidades en su gestión de difusión y transferencia de tecnologías:

- participa en empresas innovadoras, usualmente en asociación con privados, creando nuevas empresas con un fin “demostrativo” de la factibilidad técnica y comercial (de
- nuevos productos o tecnologías);⁷⁷
- desarrolla, adapta y vende tecnología a clientes de los sectores productivo y público, en el país y en el exterior;
- promueve innovaciones institucionales e incorpora nuevos mecanismos de transferencia; e
- identifica y difunde tecnologías a múltiples usuarios (función de antena tecnológica), a través de seminarios, revistas especializadas, asesoría de proyectos, y otras actividades.

A modo de ejemplo hemos identificado tres proyectos desarrollados por Fundación Chile en el sector energético. El primero corresponde al proyecto “Bio-energía forestal”, el cual tiene como objetivo contribuir a diversificar el portafolio energético en Chile mediante la utilización de desechos del proceso forestal en proyectos de co-generación de energía y vapor y la fabricación de productos bio-eco-combustibles. El segundo es el proyecto “Mercado de Energías Limpias”, que tiene como propósito promover el uso de energías renovables y mejorar la eficiencia energética, en particular en pequeñas y medianas empresas. Finalmente, el tercero corresponde al proyecto “Plataforma Solar Atacama” ejecutado en colaboración con la División Salvador de CODELCO, y cuyo fin es explotar el potencial de la energía solar en la región de Atacama y transformarla (al año 2018) en un centro internacional de investigación y desarrollo en esta materia. Entre sus objetivos se encuentra la búsqueda de aplicaciones rentables basadas en el uso de energía solar, como la desalinización de agua en procesos mineros.

⁷⁶ <http://www.fundacionchile.cl>

⁷⁷ Una vez probada la viabilidad, la Fundación vende su participación y sale de la propiedad de la empresa. Alrededor de 60 empresas han sido creadas en esta modalidad, cerca de la mitad han sido vendidas al sector privado.



9.6.3.2 Sector público

En 2007 la CNE creó un Departamento de Estudios que, entre otras cosas, está a cargo no sólo del análisis de las opciones energéticas sino que también de los instrumentos de fomento para I+D. Por su parte, el Ministerio de Relaciones Exteriores creó la Dirección de Energía, Ciencia y Tecnología e Innovación (DECYTI), la que persigue apoyar la formulación y gestión de los aspectos internacionales de las políticas de energía, de innovación, investigación y desarrollo en ciencia y tecnología. (Borregaard y Katz, 2009).

9.6.3.3 Otras iniciativas

Otra iniciativa relevante es el proyecto de cooperación técnica "Energías Renovables no Convencionales" que se inició en Chile en agosto de 2004 y que es dirigido por la CNE y GTZ en el marco de un convenio gubernamental entre Chile y Alemania. En función de su objetivo, a saber, contribuir a que las ERNC adquieran mayor importancia en la matriz energética, las líneas de acción incluyen desarrollar y proponer políticas, regulaciones e instrumentos que promuevan las ERNC y que sean compatibles con el marco económico, social y medioambiental chileno, facilitar las capacidades locales para el desarrollo de ERNC, y establecer mecanismos de difusión e intercambio internacional (CNE-GTZ, 2009).

Por su parte, la Sociedad de Fomento Fabril (SOFOFA), entidad que agrupa a cerca de 2.500 empresas, 38 asociaciones sectoriales y 8 gremios empresariales regionales, participa también en el desarrollo de iniciativas tecnológicas. Fomenta la modernización tecnológica de la industria nacional y la implementación de normas para una mayor eficiencia económica en la administración y operación de las empresas que forman parte de ella. En paralelo, la Confederación de la Producción y del Comercio (CPC) busca promover las condiciones que permitan la creación y mantención de iniciativas empresariales, de manera de alcanzar un desarrollo sustentable en lo económico, social y medioambiental. Para ello trabaja con distintas comisiones, incluyendo la de Medio Ambiente y Energía, y la de Educación e Innovación.⁷⁸

Otros aportes a los temas de innovación en energía son los que realizan instituciones como el Colegio de Ingenieros y el Instituto de Ingenieros. El primero lo hace a través de los informes de sus distintas comisiones, especialmente la de Energía, la de Medio Ambiente y el Comité de Investigación, Desarrollo e Innovación, cuyo fin es colaborar con los responsables y entregar el aporte en forma eficaz y sutil de un punto de vista técnico.⁷⁹ El segundo, utilizando conceptos similares, entrega una visión técnica de los temas fundamentales a través de distintas comisiones, incluyendo la de Estudios de Casos de Innovación y la de Energía.⁸⁰

9.6.4 **Centros de investigación nacionales**

La investigación en temas energéticos en Chile se concentra fundamentalmente en las universidades, las que trabajan generalmente de manera independiente, y en casos

78 <http://www.cpc.cl>

79 <http://www.ingenieros.cl>

80 <http://www.iing.cl>



particulares en asociación con empresas del sector. A 2007, en Chile existían 34 centros de investigación que desarrollaban líneas de trabajo en energía, prácticamente todos ellos radicados en universidades. Mientras 15 de ellos se encontraban en la Región Metropolitana, 4 se encontraban en las Región de Valparaíso, 4 en la de Bío-Bío, 3 en la de Arica y Parinacota, y 3 en la del Maule. La línea de investigación más predominante era la de energías renovables no convencionales, en la cual trabajaban 19 centros. También se destacan la investigación en torno a la energía eléctrica (11 centros) y la investigación sobre materias de energía en general (7 centros) (CONICYT, 2007).

Entre los diversos centros de investigación en energía se destacan los siguientes.

1. El Centro de Innovación en Energía de la Universidad Adolfo Ibáñez, que patrocina, auspicia y organiza actividades como asesorías a empresas eléctricas, plan de obras (matriz energética), catastro de ERNC, publicación de manual de evaluación de micro y mini hidráulicas, entre otras actividades.
2. El Centro Innovo de la Universidad de Santiago, que tiene por objetivo ser una plataforma que promueva, articule, gestione, negocie y comercialice proyectos de innovación y desarrollo tecnológico.
3. El Programa de Estudios e Investigaciones en Energía (PRIEN) de la Universidad de Chile, el cual apunta al establecimiento de las bases conceptuales y empíricas para la instrumentación en Chile de acciones viables en nuevas áreas de desarrollo energético en los ámbitos local, regional y nacional.
4. El Centro de Energía y Desarrollo Sustentable de la Universidad Diego Portales, cuya misión es desarrollar soluciones a desafíos energéticos que provean sustentabilidad económica, social y ambiental, mediante investigación, educación y vinculación con el medio.
5. El Centro de Innovación Energética (CIE) de la Universidad Técnica Federico Santa María, cuyos objetivos se enfocan en fomentar la investigación, desarrollo e innovación tecnológica, con el fin de dar soluciones reales a la problemática energética, realizar certificaciones en el área energética, de productos y servicios, entre otras tantas.
6. El Centro de Estudios de los Recursos Energéticos de la Universidad de Magallanes, cuya misión es el desarrollo y transferencia de tecnología que contribuya al crecimiento sustentable de la Patagonia y de Chile.
7. El Centro de Energía de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile, cuyo propósito es liderar el proceso de innovación tecnológica en el ámbito energético, canalizando el potencial de desarrollo existente y otros actores externos a nivel nacional e internacional.
8. El Centro de Cambio Global de la Universidad Católica, el cual se propone contribuir a la caracterización científica del cambio, estimar su impacto ecológico, social y económico y proponer y evaluar medidas de mitigación.



También se debe mencionar a la Comisión Chilena de Energía Nuclear (CCHEN), creada en 1964 y dependiente del Ministerio de Minería, la que tiene por objetivo atender los problemas relacionados con la producción, adquisición, transferencia, transporte y uso pacífico de la energía nuclear, así como de los materiales fértiles fisionables y radioactivos. Mediante el Departamento de Investigación y Desarrollo de la CCHEN se realizan variados proyectos de investigación centrados principalmente en áreas relacionadas con la ciencia nuclear y sus aplicaciones (Benavente, de Mello y Mulder, 2005).

9.6.5 Colaboración internacional

En términos generales, dentro de esta área se encuentran los anillos de investigación en Ciencia y Tecnología, cuyo objetivo es consolidar líneas de investigación básica y aplicada que trabajen en equipos de excelencia que garanticen su estabilidad en el tiempo y su impacto científico. En Chile existen 34 de estos anillos en las áreas de agricultura, biotecnología y microbiología aplicada, biología de la célula, ecología, genética y herencia, geociencias, ciencias ambientales, medicina, geriatría y gerontología, psiquiatría, neurociencias, farmacología y farmacia, matemáticas, estadísticas y probabilidad, física, ingeniería eléctrica y electrónica y estudios urbanos. Desarrollando líneas de investigación similares también se encuentran los Institutos Milenio y los Núcleos Milenio, que integrados por investigadores asociados e investigadores jóvenes, tienen como objetivo desarrollar investigación tecnológica de punta en Chile (CONICYT, 2007).

A nivel estatal, la CNE ha establecido relaciones estrechas con la Agencia Internacional de Energía (AIE), la Organización Internacional de Energía Atómica (OIEA) y la Cooperación Económica Asia Pacífico (APEC). Esto ha permitido contar con la presencia de expertos de estas agencias en diversas actividades, destacándose una revisión de la situación de eficiencia energética realizada por la APEC en abril de 2009. También es relevante la participación de Chile en la iniciativa de la República Federal de Alemania para la creación de la International Renewable Energy Agency (IRENA), como un mecanismo efectivo para promover el desarrollo mundial de tecnologías basadas en fuentes renovables (CNE, 2008).

Por su parte, con el objetivo de aumentar el conocimiento y difundir buenas prácticas en el desarrollo y uso de biocombustibles, la CNE ha organizado giras técnicas a Estados Unidos, Brasil y Alemania que han permitido interiorizarse de los últimos avances tecnológicos. Del mismo modo, en conjunto con la GTZ de Alemania, la CNE ha realizado estudios y talleres sobre el potencial de la biomasa para producción de biocombustible (CNE, 2008).

La CNE también está desarrollando el Centro de Energías Renovables, el que tiene como objetivo central ser un catalizador tecnológico para aprovechar el desarrollo mundial. Estando asociado a una red de centros de países desarrollados, identificará los desarrollos en tecnologías limpias y las mejores prácticas sobre energías renovables en el mundo, sistematizando y difundiendo esa información en el país. Actuará como punto focal de estas iniciativas a nivel internacional e incluirá convenios de colaboración con países como Alemania, España, EEUU, Francia y Canadá (CNE, 2008).



De hecho, en mayo de 2009 se firmó un acuerdo de cooperación con la "Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie" (ADEME) de Francia con el propósito de favorecer la diversificación de la matriz energética, la promoción de iniciativas de generación a partir de fuentes alternativas y el desarrollo de energías renovables no convencionales.

9.7 ANTECEDENTES INTERNACIONALES: LOS CASOS DE AUSTRALIA, NUEVA ZELANDIA E ISRAEL

9.7.1 Australia

El gobierno australiano introdujo el Fondo de Energía Renovable para fomentar el desarrollo de tecnología para la energía renovable. El Fondo contempla A\$500 millones para una serie de programas de becas concursables que apuntan a demostrar la viabilidad económica y técnica de tecnologías renovables. Si bien gran parte del Fondo está destinado a acelerar la comercialización de nuevas tecnologías en general, contempla recursos específicos para el sector geotérmico y los biocombustibles de segunda generación (RET, 2009).

Otra iniciativa en esta área es el Programa de Desarrollo de la Industria de Energía Renovable, el que otorga subsidios a compañías australianas que desarrollan tecnologías de energía renovable capaces de ser utilizadas de manera amplia y no sólo por una empresa en particular. Hasta el momento ha otorgado A\$6 millones a diferentes compañías (REID, 2008). Un fondo similar, el Programa de Comercialización de Energía Renovable, da subsidios a proyectos que tienen potencial para la comercialización de sus tecnologías (RECP, 2009).

Australia está desarrollando su industria renovable más rápidamente que sus vecinos en Asia, y consiguientemente se ha convertido en un exportador de esta tecnología. Una iniciativa que ha fomentado lo anterior es el Programa Kemitraan Australia/Indonesia de Ciudades Sustentables. Dado que la meta es reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y mejorar las condiciones socio-económico para los ciudadanos indonesios, el Programa pone en contacto a líderes y ciudades de Australia e Indonesia para transferir tecnología y conocimiento sobre energía eficiente y renovable (Clean Energy Council, 2007).

9.7.2 Nueva Zelandia

Nueva Zelandia invierte aproximadamente NZ\$18 millones al año en objetivos específicos de investigación energética. Además, financia investigación energética de carácter general en universidades. En 2007 la Fundación para la Investigación, la Ciencia y la Tecnología financió diversas iniciativas de corto plazo para investigar las oportunidades energéticas futuras, incluyendo asuntos como el potencial de las fuentes energéticas domésticas, el potencial de la bioenergía y el rol del hidrógeno en el sistema energético del país (Ministry of Economic Development, 2007).



Por su parte, Nueva Zelanda tiene un fuerte historial de colaboración internacional en investigación energética. Ha trabajado con la Agencia de Energía Internacional, la Alianza Internacional para la Economía del Hidrógeno, y la Alianza para la Energía Renovable y la Eficiencia Energética. A través del Foro de Cooperación Económico Asia-Pacífico (APEC), Nueva Zelanda conduce una comisión que comparte estándares y regulaciones de energía con Australia, Japón, Tailandia, y EE.UU. (Ministry of Economic Development, 2007).

9.7.3 Israel

Israel, país con una proporción alta de científicos e ingenieros, está a la vanguardia en muchas áreas de la innovación tecnológica. Si bien en materia de energía renovable Israel presenta algunos avances, éstos son bastante menores que los de áreas como la medicina, las comunicaciones y el software (d&a, 2006). Sólo en energía solar Israel es un líder mundial tecnológico. De todos modos, los escasos progresos en energía renovable obedecen en buena parte a diversos esfuerzos del gobierno por avanzar en la investigación y el desarrollo (UNEP, 2006).

Por ejemplo, en 1987 el Ministerio de Infraestructura Nacional fundó el Centro Nacional de Energía Solar Ben-Gurion National para la investigación y el desarrollo de tecnología solar y otras energías renovables. Muchas de las innovaciones en energía renovable de Israel han provenido de esta institución, especialmente las relacionadas con la energía solar (Ben-Gurion University, 2009). Más recientemente, el programa de incubación del gobierno provee de financiamiento, espacio y orientación a nuevos investigadores o empresarios. Aunque este apoyo es para todos los campos tecnológicos, la energía y el medio ambiente reciben el 23% de los beneficios. Durante la última década esta actividad científica se ha visto potenciada por el interés creciente en el campo de las energías renovables, atrayendo mucha inversión proveniente de fuentes públicas y privadas (Renewable Energy in Israel, 2006).

Si bien en Israel existen aproximadamente 100 empresas de energías renovables, sólo Ormat es considerada líder a nivel mundial (d&a, 2006). Especializada en energía geotérmica, Ormat ha instalado plantas de energía geotérmica y de generación de energía rescataada en muchas partes del mundo.⁸¹ Otro ejemplo de exportación de tecnologías renovables corresponde a una empresa israelí que diseñó y construyó una planta solar de generación eléctrica en el Desierto Mojave en California (UNEP, 2006).

9.7.4 Resumen

A grandes rasgos, si bien los ejemplos de Australia, Nueva Zelanda e Israel muestran líneas de acción similares con relación a iniciativas tendientes a fortalecer la investigación, la innovación y la transferencia tecnológica, éstos también reflejan algunas diferencias. Un elemento común corresponde a las iniciativas de Australia e Israel tendientes que financian la investigación en innovación tecnológica con fines claramente comerciales, favoreciendo iniciativas con un alto potencial de replicación no sólo a nivel doméstico sino que global. Mientras Australia procura destacarse en la geotermia y los biocombustibles, Israel tiende a focalizar sus recursos en la energía solar.

81 <http://ormat.com>



Por su parte, de acuerdo a los antecedentes revisados, más que perseguir objetivos comerciales, Nueva Zelandia parece concentrar sus esfuerzos en el desarrollo y la innovación de tecnologías que le permitan diversificar su matriz energética. Otro elemento importante de destacar es que mientras en Australia y Nueva Zelandia estas iniciativas son particularmente financiadas por el Estado, la participación del sector privado en Israel parece ser bastante más relevante.

9.8 REFLEXIONES

La innovación tecnológica en materia energética se ha acelerado fuertemente en los últimos años a nivel mundial. Esto debido a una serie de factores, incluyendo el aumento en las demandas de los consumidores por servicios energéticos más limpios, convenientes y económicos, el incremento en las exigencias ambientales, el reconocimiento de los riesgos del calentamiento global, y la preocupación acerca de la vulnerabilidad del futuro abastecimiento y los costos del petróleo. Nuestro país no es ajeno a ninguno de estos eventos. Esto implica atender de manera sistemática y también estratégica áreas tales como el desarrollo de fuentes renovables de energía, la eficiencia energética, el desarrollo de modos de transporte más limpios y la incorporación de estrategias energéticas en la construcción y operación de edificios, industrias y viviendas (MED, 2004).

Para el sector energético de Chile, progresar tecnológicamente es doblemente relevante. En primer lugar, para avanzar hacia un sistema energético más sustentable a nivel nacional, incluyendo la diversificación de las fuentes de abastecimiento, el aumento de las energías renovables y la reducción de los impactos ambientales de las fuentes energéticas convencionales y en los procesos industriales del país. En segundo lugar, esto debe hacerse a precios razonables para todos los sectores de la sociedad. Progresar en materia tecnológica no sólo ayudará en el desarrollo energético más sustentable, sino que también incrementará la competitividad del sector energético nacional en el mercado global de la energía.

Con fondos cercanos a los US\$500 millones de apoyo fiscal al desarrollo de las ERNC y varias instituciones cubriendo algunas de las diversas aristas, Chile ha dado un paso importante en la dirección correcta en materia de apoyo a las ERNC. Sin embargo, como se ha dicho, el país aun carece de una estrategia definida en materia de innovación en energía. En este sentido, Chile necesita diseñar una estrategia de innovación y adopción tecnológica en materias de energía que encause los esfuerzos públicos y privados en una dirección definida. Esto permitiría alcanzar escalas críticas en la investigación, y acelerar la etapa de proyectos demostrativos que constituyen un punto de inflexión en la transferencia de estas tecnologías.

Adicionalmente, por la forma en que las políticas pro innovación se han desarrollado en el país durante las últimas décadas, falta aun la decisión del gobierno de expandir, acelerar y delimitar sus intervenciones verticales. La decisión de intervenir "verticalmente" en la innovación de ERNC es necesaria y bienvenida, pero es insuficiente. Aunque el potencial de las ERNC en el país es enorme, la mayor parte de la energía generada y consumida en el país provendrá de fuentes convencionales.



Con esto en mente, y la concertación de esfuerzos y recursos que una estrategia nacional permite, deben crearse intervenciones específicas para promover proyectos de investigación en: 1) tecnologías de generación basada en energías convencionales (especialmente carbón y diesel), 2) eficiencia energética (especialmente en construcción y transporte), y 3) transmisión y distribución en base a redes inteligentes (smart grids).

Siguiendo los antecedentes de este capítulo y la experiencia internacional, y asumiendo que dicha estrategia nacional es acordada e implementada, el éxito de Chile en materia de innovación tecnológica energética dependerá de los siguientes elementos: 1) el fortalecimiento de capacidades, 2) la introducción de incentivos económicos, y 3) la aplicación de políticas específicas.

9.8.1 Fortalecimiento de capacidades

Chile es principalmente un "tomador" de tecnologías, que las adopta desde el exterior y las adapta a sus condiciones locales. De este modo, una de las maneras más efectivas para avanzar en esta área es explotar al máximo el potencial asociado a la colaboración extranjera. Si se consideran el importante progreso experimentado por Chile durante los últimos años en materias internacionales, con acuerdos de cooperación con Europa, Estados Unidos y otros países, y ad portas de ingresar a la OECD, esta opción es realista y puede entregar frutos corto plazo.

En este sentido, Chile debe potenciar los acuerdos de colaboración tecnológica vigentes en diversos tratados internacionales. Además, Chile debe crear fondos de investigación diseñados para atraer iniciativas de investigación provenientes del exterior (MED, 2004) y fomentar la inmigración y estadía de investigadores extranjeros y chilenos residentes en el exterior (Benavente, de Mello y Mulder, 2005). Al igual que en otras áreas de la investigación y el conocimiento, la globalización económica y la aceleración de los cambios tecnológicos implican la obsolescencia de abordar el desafío de la energía sustentable a través de enfoques y herramientas provenientes de disciplinas, instituciones o países específicos. Así, se deben establecer contactos y participar de redes globales en esta materia constituidas por gobiernos, empresas, universidades y ONGs que nos permitan no sólo mantener nuestros conocimientos actualizados sino que también difundir y contrastar ampliamente nuestros resultados.

A nivel doméstico, en la actualidad Chile cuenta con diversos mecanismos y destina importantes recursos en materia de innovación y transferencia tecnológica en materia energética. Sin embargo, aun predomina una escasa cultura de creación de unidades de investigación y desarrollo al interior de la industria nacional, lo que ha implicado una baja inserción de capital humano con postgrados al interior de la misma y un efímero desarrollo de plataformas tecnológicas al interior de las distintas compañías.

Si bien esto obedece a diversos motivos, se destacan el desconocimiento y la falta de comprensión de las ventajas de los instrumentos de gobierno. Si se considera que la mayoría de las empresas a nivel nacional corresponden a la categoría PYME, lo anterior denota una carencia de capacitación para la postulación a concursos de gobierno.



9.8.2 Incentivos económicos

Si bien el avance de la innovación y la transferencia tecnológica para el desarrollo de un sistema energético seguro y sustentable requiere de diversas iniciativas, un elemento crucial es el establecimiento de un marco regulatorio basado en incentivos económicos que valorizan las externalidades ambientales y que financian las labores de investigación y desarrollo en base a fondos gubernamentales (Watson, 2008). A pesar de que en Chile la Ley de Bases del Medio Ambiente introduce en el sistema jurídico chileno los incentivos económicos como un instrumento de gestión ambiental, en la práctica éstos son escasos.

En Chile no se ha comenzado a discutir la posibilidad de castigar las emisiones de gases efecto invernadero, práctica común en gran parte de los países desarrollados. Además, si bien hace más de una década que se discute la implementación de un sistema de permisos de emisión transables para contaminantes del aire, el agua y el suelo, actualmente esta iniciativa se encuentra paralizada y con bajas posibilidades de activarse. El establecimiento de un sistema de esta naturaleza para las emisiones de PM10 y óxido nitroso en el marco del Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica de la Región Metropolitana aumentaría la flexibilidad y eficacia a la hora de abordar este gran problema de contaminación del aire (CEPAL/OCDE, 2005).

A pesar de lo anterior, el país tiene en vigencia algunos incentivos económicos para fomentar el ingreso de las ERNC a la matriz eléctrica nacional. Por ejemplo, la Ley 19.940 (Ley Corta I) implementó un beneficio subsidiario para las ERNC por medio de la excepción del pago de peaje de transmisión troncal (CNE, 2008). Posteriormente, la Ley 20.257 estableció que las empresas generadoras del SING y el SIC con capacidad instalada superior a 200 MW deben asegurar una proporción específica de la energía comercializada proveniente de ERNC, cuyo incumplimiento conlleva una multa proporcional a la brecha respecto del porcentaje correspondiente (Borregaard y Katz, 2009). Si bien estas modificaciones apuntan en la dirección correcta, tanto el incentivo de la Ley Corta I (Valencia, 2008) como el desincentivo de la Ley 20.257 (Moraga, 2008) son considerados como insuficientes como para producir alteraciones radicales en los actuales patrones de generación eléctrica.

Con relación a la política tributaria, casi no existe en Chile una utilización de impuestos con fines explícitamente ambientales (CEPAL/OCDE, 2005). La única excepción la constituye un incentivo tributario a la utilización de biocombustibles, eximiéndolos del impuesto que se aplica a los derivados del petróleo en el transporte (CNE, 2008). Sin embargo, existen impuestos relacionados con el ambiente en los sectores energético y transporte. Por ejemplo, los impuestos al diesel y la gasolina son diferentes, los que estimulan el uso del primero por sobre el segundo. Si bien el diesel genera menos emisiones de CO₂, es más dañino para la salud ya que la gasolina emite menos material particulado (CEPAL/OCDE, 2005).



En relación con lo anterior, el alto costo del petróleo corresponde a una señal de alerta para que tanto los consumidores como las empresas reduzcan su demanda, y no a un indicador para que el gobierno adopte medidas tendientes a moderar esta alza. Reducir el precio del petróleo por medio de alteraciones tributarias no sólo llevará a desincentivar el reemplazo del petróleo por otras fuentes energéticas, sino que perjudicará la competitividad del sector productivo nacional para competir en el mercado global cada vez más consciente de los impactos del consumo de petróleo sobre el calentamiento global. Independientemente de la estructura de los impuestos a los combustibles, no es conveniente ceder a las presiones de diversos grupos de la sociedad que demandan la rebaja de estos impuestos.

Considerando que el precio del petróleo tenderá a aumentar durante las próximas décadas y que Chile importa casi el 100% de lo que consume, avanzar hacia un futuro energéticamente sustentable necesariamente pasa por actuar con celeridad en el diseño y puesta en práctica de políticas y estrategias energéticas dirigidas a desacoplar el crecimiento económico del consumo de petróleo. Además, dado que a nivel internacional en la actualidad una de las líneas de innovación tecnológica más importante está asociada hacer el consumo energético más eficiente y limpio (Arunachalam y Fleischer, 2008), retrasar la adaptación de Chile al nuevo mercado internacional del petróleo también implica desincentivar el salto en investigación y desarrollo requerido por nuestro país para competir ágilmente en los mercados internacionales.

9.8.3 Políticas específicas

Si bien la introducción de incentivos económicos corresponde a un elemento crucial para el avance de la innovación tecnológica, a nivel internacional existe acuerdo de que debe ir acompañada de políticas específicas que apunten hacia cambios determinados tanto institucionales y como tecnológicos. En primer lugar, es importante notar que la existencia y permanencia de los actuales sistemas energéticos depende en gran medida del soporte brindado por un conjunto de regulaciones e instituciones que coordinan los flujos de energía, las relaciones comerciales y las decisiones de inversión, incluida las decisiones de inversión en innovación tecnológica. Si estas características institucionales permanecen inalteradas, es probable que se conviertan en una barrera infranqueable para la adopción de innovaciones tecnológicas que apunte hacia la energía sustentable (Watson, 2008).

En segundo lugar, dado que los recursos que el gobierno puede dedicar para estos objetivos son limitados, si no se priorizan se corre el riesgo de que sean distribuidos de manera infectiva y su impacto diluido. En este sentido, se deben diferenciar dos tipos de innovación: la que proporciona mejoras a tecnologías existentes y la que está orientada a desarrollar tecnologías nuevas. Con respecto a la primera, uno de los focos en materia de innovación tecnológica debiese ser reforzar el desarrollo tecnológico en aquellas áreas en que actualmente Chile presenta fortalezas (MED, 2004), tales como la hidroelectricidad y aquellas con mayor impacto esperado, como la generación en base a combustibles fósiles.



Con relación al desarrollo y adopción de nuevas tecnologías, el foco de atención y una parte importante de los recursos debe centrarse en tecnologías aplicables en aquellos recursos energéticos que presentan mayor potencial a nivel nacional, tales como la energía solar, la energía geotérmica, y la energía del mar.

9.9 REFERENCIAS

- Agosin, M., Grau, N. y Larraín, C. 2009. Industrial policy in Chile: shifts in the industrial policy paradigm. Documento de Trabajo No. 294, Departamento de Economía, Universidad de Chile, Santiago.
- Arunachalam, V. S. y Fleischer, E. L. 2008. The Global Energy Landscape and Materials Innovation. *MRS Bulletin* 33: 264-276.
- Benavente, J., de Mello, L. y Mulder, N. 2005. Fostering Innovation in Chile. OECD Economics Department Working Papers N° 454. OCED, París.
- Ben-Gurion University, 2009. Solar Energy Center. (<http://cmsprod.bgu.ac.il/Eng/Units/bidr/Departments/EnvironmentalResearch/solarcenter/>).
- Borregaard, N. y Katz, R. 2009. Opciones para la Matriz Energética Eléctrica: Insumos para la Discusión. Fundación Futuro Latinoamericano, Quito.
- Braun, M., Briones, I. y Johnson, C. 2007. Competitiveness and Growth in Latin America: The Chilean Case. Banco Interamericano de Desarrollo.
- CEPAL/OCDE, 2005. Evaluaciones del desempeño ambiental: Chile. Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos/Comisión Económica para América Latina y El Caribe. París.
- Céspedes, H. 2008. Glosario de Términos sobre Innovación. HC Global Group, Santiago. (www.hcglobalgroup.com)
- Castillo, M. 2008. Instrumentos de apoyo a la inversión en Chile. Presentación en el marco del II Foro Internacional de promoción de oportunidades de negocios para el sector minero. Santiago.
- Clean Energy Council, 2007. Brief on the Kemitraan Australia/Indonesia Sustainable Cities Program. (<http://www.bcse.org.au/default.asp?id=370>).
- CNE-GTZ, 2009. Convenio CNE-GTZ Proyecto "Energías Renovables No Convencionales". (http://www.cne.cl/cnewww/opencms/03_Energias/Renovables_no_Convencionales/convenio_cnegtz.html)
- CNIC, 2006. Lineamientos para la Estrategia Nacional de Innovación: Informe Final. Consejo Nacional de Innovación para la Competitividad, Santiago.
- CNIC, 2008. Hacia una Estrategia de Innovación para la Competitividad. Volumen II. Consejo Nacional de Innovación para la Competitividad, Santiago.
- CONICYT, 2007. El sector de la energía en Chile. Capacidades de investigación y áreas de desarrollo científico-tecnológico. Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICYT) de Chile, Santiago.
- CORFO, 2009. InnovaChile de CORFO: Un socio activo para innovar en Chile. Gobierno de Chile, Santiago.
- d&a, 2006. Renewable Energy in Israel. d&a hi-tech information Ltd. Israel. (<http://www.export.gov.il/Eng/Uploads/4303Renewable.pdf>)
- Gallagher, K., Holdren, J. P. y Sagar, A. 2006. Energy-Technology Innovation. *Annual Review of Environmental Resources* 31:193-237.



- Holdren, J. P. 2006. The Energy Innovation Imperative: Addressing Oil Dependence, Climate Change, and Other 21st Century Energy Challenges. *Innovations* 1 (2): 3-23.
- Howitt, P. 2000. Endogenous Growth and Cross-Country Income Differences. *American Economic Review* 90 (4): 829-846.
- Klenow, P. y Rodríguez-Clare, A. 2005. Externalities and Growth. En Aghion, P. y Durlauf, S. N. (eds), *Handbook of Economic Growth*, Volume 1A. North-Holland, Amsterdam.
- MED, 2004. Sustainable Energy: Creating a Sustainable Energy System for New Zealand. Ministry of Economic Development. Wellington.
- Ministry of Economic Development, 2007. New Zealand Energy Strategy to 2050. New Zealand Government. (<http://www.med.govt.nz/upload/52164/nzes.pdf>)
- Moraga, P. 2008. El Aporte de las ERNC a la Política Energética Sustentable. Material docente para el Taller "El Marco Jurídico Internacional de la Energía". Escuela de Derecho, Universidad de Chile. (https://www.ucursos.cl/derecho/2009/1/D129T07107/20/material_docente/objeto/217878)
- Nelson, R. 1993. *National Innovation Systems. A Comparative Analysis*. Oxford University Press, New York/Oxford.
- RECP, 2009. Renewable Energy Commercialisation Programme. Australian Government Department of the Environment, Water, Heritage and the Arts. (<http://www.environment.gov.au/settlements/renewable/recp/projects.html>).
- REID, 2008. Renewable Energy Industry Development Programme. Australian Government Department of the Environment, Water, Heritage and the Arts. (<http://www.environment.gov.au/settlements/renewable/reid/index.html>).
- Renewable Energy in Israel, 2006. d&a hi-tech information Ltd. (http://www.export.gov.il/Eng/_Uploads/4303Renewable.pdf).
- RET, 2009. Australian Government Department of Recreation, Energy and Tourism. (<http://www.ret.gov.au/Documents/mce/default.html>)
- UNEP, 2006. Israel's Experience in Sustainable Energy. United Nations Environment Programme. (<http://www.unep.org/GC/GCSS-IX/DOCUMENTS/Israel-energy3.pdf>)
- Valencia, L. 2008. New Scenario of the Non-Conventional Renewable Energies on Chile after the Incentives Created on the "Short Law I". *Renewable Energy* 33: 1429-1434.
- Watson, J. 2008. Setting Priorities in Energy Innovation Policy: Lessons for the UK. Discussion Paper 2008-08, Belfer Center for Science and International Affairs. Cambridge, Massachusetts.



PARTE III

RECOMENDACIONES DE POLÍTICAS PÚBLICAS PARA LA ENERGÍA SUSTENTABLE



10 POLÍTICAS ENERGÉTICAS SUSTENTABLES: LA EXPERIENCIA INTERNACIONAL

10.1 INTRODUCCIÓN

Este capítulo sistematiza la recopilación de información acerca de políticas e iniciativas para el desarrollo de la energía sustentable aplicadas en diversos países del mundo. La sección que sigue es más general y persigue atender a las principales tendencias de países desarrollados, concentrándose en los países de América del Norte y la Unión Europea. La siguiente describe de manera más detallada la experiencia de tres países que han visto progresos en esta área y que representan un interés especial para el caso chileno: Australia, Nueva Zelanda e Israel. Luego viene una sección que entrega antecedentes sobre el interesante desarrollo de la energía eólica en España. Finalmente se indican las principales reflexiones surgidas en esta revisión.

Con respecto a la primera parte, la elección de revisar la experiencia de Estados Unidos responde principalmente a revisar los cambios que la nueva administración de Barack Obama en materia de energía sustentable. Los cambios con respecto a gobiernos anteriores no sólo son interesantes desde una perspectiva política, sino que también debido a que es probable que sean influyentes a nivel mundial. Por su parte, la revisión de la experiencia de Canadá se basa en gran parte a que en materia energética este país presenta una tendencia regulatoria similar a la que prevalece en gran parte de la economía chilena, en donde los incentivos económicos juegan un papel predominante y el Estado generalmente se limita a intervenir los precios en caso de mayores ineficiencias. Finalmente, la experiencia de la Unión Europea es consultada debido a diversas razones, incluyendo que posee una de las normativas más progresistas a favor de la energía sustentable, tanto a nivel comunitario como a nivel nacional, y que es el líder mundial en el fomento de las energías renovables. Sin embargo, el caso de la Unión Europea también es examinado por su alta dependencia de combustibles fósiles importados, situación semejante a la chilena.

Con relación a la segunda parte, el caso australiano se revisa principalmente debido a la similitud de dicho país con Chile en el ámbito económico, en donde prevalecen un sistema comercial liberalizado en el cual las exportaciones son la pieza fundamental de la estrategia de desarrollo y una estructura productiva con un alto predominio de la agricultura y la minería. Si bien la experiencia de Nueva Zelanda igualmente se examina por razones de similitud económica con Chile, incluyendo su apertura económica, su amplia liberalización de los mercados y su especialización en la exportación de recursos naturales, también se revisa debido a su progresiva agenda en materia de energía sustentable dentro de un contexto energético altamente dependiente de combustibles fósiles. Finalmente, a pesar de que el caso de Israel se revisa principalmente por su alto desarrollo de la energía solar, tecnología con un alto potencial de ser aplicado en el norte de Chile y que presenta significativas similitudes climáticas a las existentes en ese país, también se examina por su alta importación de petróleo y carbón.



10.2 TENDENCIAS GENERALES EN PAÍSES DESARROLLADOS: EEUU, CANADÁ Y LA UNIÓN EUROPEA

10.2.1 Estados Unidos

10.2.1.1 Razones para avanzar en la energía sustentable

Estados Unidos es uno de los usuarios energéticos más grande del mundo, basando su consumo principalmente en combustibles fósiles. Lo anterior es especialmente relevante en el caso del petróleo, ya que consume cerca del 25% suministrado a nivel mundial (EERE, 2009). En 2007 los combustibles fósiles representaron el 85% de su consumo energético: petróleo 40%, gas natural 23% y carbón 22%. El resto del consumo correspondió a energía nuclear (8%) y energías renovables (7%) (EIA, 2008). Si bien Estados Unidos sólo importa cerca del 4% del carbón que consume y del 20% del gas natural, sus importaciones de petróleo alcanzaron el 66% durante 2006 (IEA, 2009).

Las anteriores cifras reflejan que Estados Unidos es altamente dependiente del petróleo de los países de la OPEP para su abastecimiento energético (EERE, 2009). Considerando que muchos de estos países son políticamente inestables, y que los precios del petróleo han ido en aumento a través del tiempo, no es casualidad que Estados Unidos quiera desarrollar un sistema energético menos intensivo en el uso del petróleo y más independiente de los suministros extranjeros. Esta tendencia se ve reforzada por el esperado crecimiento de la demanda energética en dicho país, el que se estima alcanzará el 30% durante los próximos veinte años (EERE, 2009).

A diferencia de administraciones anteriores, en donde escaseaban iniciativas para el desarrollo de la energía sustentable como una manera de alcanzar los objetivos anteriores, la de Barack Obama se destaca por introducir un programa de este tipo que incluye cambios en la política energética y climática ambiciosos e innovadores. Si bien la actual crisis económica podría enturbiar estas ambiciones, existe evidencia de lo contrario. De hecho, en mayo de 2009 Barack Obama expresó que avanzar en estas materias corresponde a un elemento clave del proceso de repunte económico para EEUU (La Nación, 2009). Como expresa Levine (2008), estas medidas crearán puestos de trabajo en el corto plazo, ayudarán a combatir el calentamiento global, propiciarán el crecimiento económico de largo plazo y restaurarán el balance fiscal. Por su parte, debido a que el modelo energético actual, basado en el aumento del consumo de combustibles fósiles provenientes del extranjero, constituye un factor de vulnerabilidad para la seguridad de EEUU y una detracción de recursos económicos a favor de los países exportadores de recursos fósiles, materializar estos cambios energéticos redundarán en una economía menos dependiente de los combustibles fósiles, más robusta y más competitiva (Energía y Sociedad, 2009).



10.2.1.2 Políticas más relevantes

Estados Unidos está implementando una serie de iniciativas para fomentar el desarrollo de la energía sustentable. El plan de Obama implica la transformación radical de la industria energética nacional y una reducción de su dependencia de los combustibles fósiles, especialmente del petróleo pero también del carbón (Isbell, 2009). A grandes rasgos, este plan incluye la creación de 5 millones de puestos de trabajo en energía limpia por medio de la inversión de US\$ 150.000 millones durante los próximos 10 años, el ahorro de petróleo por sobre lo actualmente importado, la introducción de 1 millón de automóviles híbridos, un 10% del abastecimiento eléctrico en base a fuentes renovables para 2012 y un 25% para 2025, y la implementación de cuotas transables para reducir en 80% las emisiones de gases efecto invernadero para el 2050 (Obama y Biden, 2008).

A nivel federal, el Departamento de Energía (DOE) y la Agencia para la Protección Ambiental (EPA) fomentan la eficiencia energética en vehículos, electrodomésticos, y empresas de servicio público por medio del Plan Nacional de Acción para la Eficiencia Energética, el que desde 2006 ha logrado ahorrar 63.000 millones kWh (EPA, 2008). Este plan, que tiene como meta hacer de la eficiencia energética una práctica rentable, incluye objetivos asociados a disminuir el consumo energético, establecer mecanismos para evaluación de eficiencia energética, fomentar de desarrollo de planes estatales de eficiencia energética, fomentar la inversión en tecnologías energéticamente eficientes y mejorar los sistemas de suministro y facturación (EPA, 2008).

A través de la iniciativa Energy Star, el DOE y la EPA también subsidian el pago de impuestos relacionados con inversiones en tecnologías energéticas eficientes o sustentables. Esta iniciativa incluye subsidios a quienes compran vehículos eficientes en el uso del combustible, electrodomésticos eficientes en el consumo de energía, y a quienes instalan tecnologías sustentables en sus hogares o edificios comerciales (Energy Star, 2009). Por su parte, el DOE otorga rebajas en los impuestos a empresas comerciales que compran nuevas tecnologías energéticamente sustentables y provee subsidios para energías renovables, los que en 2007 totalizaron más de US\$ 4.900 millones (DOE, 2007).

A nivel federal, otra iniciativa significativa es el Programa Federal de Administración Energética (FEMP), que persigue mejorar la eficiencia energética de los programas federales. Tiene un presupuesto anual entre US\$ 20 a 25 millones que se usa para ahorrar energía y dinero en los edificios, la gestión, los vehículos y las adquisiciones. Por ejemplo, el programa ofrece subsidios para las agencias que quieren tener una evaluación de la eficiencia y fomenta la compra de productos Energy Star para ahorrar energía (PePS United States, 2008).

A nivel estatal, muchos estados han implementado un Estándar de Cartera Renovable (RPS) requiriendo que las empresas generadoras de electricidad generen un determinado porcentaje de electricidad en base fuentes renovables. Si bien en algunos estados el programa ha sido bastante exitoso, a nivel nacional los resultados no han sido del todo positivos, principalmente debido a que el programa es voluntario y un número importante de estados no cuentan con un RPS (Pew Climate, 2009).



Otra iniciativa a nivel estatal relevante es la provisión de fondos del DOE por medio del Programa de Energía de Estado (SEP). Con un presupuesto de US\$ 3.100 millones para 2009, este programa provee de fondos para proyectos específicos desarrollados por los estados en diversas áreas, tales como la edificación, el transporte, la industria, la educación, la planificación, la generación de electricidad, y otros (State Energy Program, 2009).

10.2.2 Canadá

10.2.2.1 Razones para avanzar en la energía sustentable

Canadá es el quinto productor de energía en el mundo y el principal abastecedor de energía de Estados Unidos. Tiene abundantes reservas de petróleo, gas natural, carbón y uranio, además de enormes recursos hídricos. Mientras aproximadamente el 75% del suministro energético primario de Canadá proviene de combustibles fósiles, el 15% corresponde a fuentes renovables. La hidroelectricidad y la biomasa, principalmente con fines térmicos, son las principales fuentes renovables. Si bien la contribución de las energías renovables aporta el 60% de la generación de electricidad, esta cifra sólo alcanza el 12% en la generación de calor (Teske, 2008).

Si bien la seguridad energética no es demasiado relevante, el desarrollo sustentable de sus recursos energéticos es una prioridad principal. Dado que la política energética está principalmente estructurada en base a incentivos económicos, el gobierno interviene en aquellas áreas en donde el mercado no propicia un desarrollo energético sustentable (APEC, 2009). Ejemplos relevantes corresponden a iniciativas que financian la investigación, desarrollo, demostración y adopción de tecnologías energéticas limpias, promueven la eficiencia energética y promueven el ahorro energético de edificios en hogares y la industria (APEC, 2009).

Si bien las reservas canadienses de petróleo, gas y carbón tienen el potencial de satisfacer la demanda interna en el corto y mediano plazo, la relevancia de las iniciativas para la energía sustentable se debe en gran parte a que estos recursos fósiles son cada vez más difíciles de ubicar y extraer (Council of the Federation, 2007). A su vez, estas iniciativas se ven reforzadas por la creciente relevancia del calentamiento global, fenómeno cada vez más relevante para la gran mayoría de los canadienses (National Energy Board, 2007).

10.2.2.2 Políticas más relevantes

Canadá ha desarrollado varios programas para fomentar la energía sustentable. El programa ecoENERGY, del Departamento de Energía, ofrece subsidios a empresas y ciudadanos para el uso la generación de electricidad y calor proveniente de fuentes renovables, a la vez que fomenta el uso de combustibles renovables. Este programa también ofrece ayuda para modernizar equipos viejos con tecnología modernas en materia de eficiencia energética (ecoACTION, 2009).



La Oficina de Energía Eficiente (OEE) ha dictado regulaciones para diversos productos, incluyendo los electrodomésticos, los equipos térmicos y los lumínicos. De acuerdo a éstas, todos los productos, tanto importados como producidos en Canadá, deben cumplir con estándares de eficiencia energética específicos (OEE, 2009). Estas medidas ya han ahorrado 321 PJ de energía y C\$ 6.100 millones en costos de energía (NRCan, 2009). La OEE también fomenta la eficiencia energética en el transporte, a través del fomento de biocombustibles, la exigencia de estándares de estándares para combustibles fósiles que persiguen mejorarla en un 25% e instrumentos de apoyo que fomentan prácticas de adquisición, conducción y mantención de vehículos sustentables (OEE, 2009).

La Iniciativa Federal de Edificios (FBI) ha modernizado más de 7.000 edificios federales en Canadá con tecnologías energéticas más eficientes. Contrata a empresas privadas para llevar a cabo las modernizaciones, las que reciben como pago una fracción del valor monetario de los ahorros energéticos correspondientes durante un plazo determinado. Si bien el programa cuenta con un presupuesto anual de C\$ 600.000, se estima que los ahorros se acercan a los C\$20 millones al año. Además, este programa ha permitido que desde 1990 los edificios federales hayan reducido sus emisiones de gases efecto invernadero en un 26% (PePS Canadá, 2008).

La provincia de British Columbia (BC), en particular, está muy interesada en promover la energía sustentable. La Asociación de Energía Sustentable de BC ha publicado recomendaciones para la provincia, las que incluyen reducir las emisiones de gases de efecto invernadero por medio de aumentar los impuestos a los combustibles fósiles, incluir incentivos económicos para la compra y uso de vehículos eficientes, y fomentar el uso de biocombustibles en el transporte. Con respecto a la generación de electricidad, recomienda asegurar el acceso de los productores de energías renovables a la red eléctrica de la provincia, y que éstos puedan venderla a un precio fijo por un plazo de al menos 20 años. Simultáneamente recomienda un moratorio al desarrollo de proyectos nuevos de generación eléctrica en base a combustibles fósiles. Por su parte, recomienda que mientras los edificios deben modernizar los sistemas de agua y calefacción, dando cumplimiento a los estándares Leed Silver, los electrodomésticos deben adoptar el sistema Energy Star (BCSEA, 2005).

10.2.3 Unión Europea

10.2.3.1 Razones para avanzar en la energía sustentable

El actual sistema energético de la Unión Europea (UE) depende enormemente de los combustibles fósiles, llegando en 2005 al 79% de toda la energía consumida. A la vez, la UE importa el 54% de la energía que consume, en donde sobresalen los combustibles fósiles: 87% del petróleo, 59% del gas natural y 42% del carbón. Por su parte, en 2005 la energía renovable abasteció el 6,7% del consumo energético primario y el 14% del consumo eléctrico, en donde se destaca la energía eólica, la que representaba aproximadamente el 75% de la capacidad renovable en 2006. Los principales proveedores de energía eólica son Alemania, España y Dinamarca, los que comprenden el 74% de la capacidad eólica instalada en la UE. Alemania también se destaca en materia de paneles solares fotovoltaicos y sistemas térmicos solares, comprendiendo el 89% y el 42% de toda la capacidad instalada en la región (EEA, 2008).



Con el fin de reducir su dependencia de los combustibles fósiles extranjeros y reducir sus emisiones de gases efecto invernadero, en 2007 la UE presentó una nueva política energética que la compromete decididamente con una economía de bajo consumo de energía y más sustentable. Los objetivos prioritarios consisten en garantizar el funcionamiento adecuado del mercado interior de la energía, la seguridad del suministro estratégico, una reducción concreta de las emisiones de gases de efecto invernadero causadas por la producción o el consumo de energía, así como la afirmación de una voz única de la UE en el ámbito internacional. Para cumplir estos objetivos, esta iniciativa contempla una serie de elementos, destacándose una serie de instrumentos basados en el mercado y el desarrollo de las tecnologías energéticas eficientes, limpias y renovables (Comisión de las Comunidades Europeas, 2007).

Esta política propone reducir en un 20% la emisión de gases efecto invernadero para 2020 con relación a las emisiones de 1990. Si bien este objetivo responde a la necesidad de combatir el calentamiento global, también obedece a consideraciones de corte más económico. Como expresa Marín (2008), en esta oportunidad la Comisión utiliza el medio ambiente como punto de apoyo para articular objetivos e instrumentos de política energética más que de política de preservación medioambiental. Por ejemplo, a través de mejoras en la eficiencia energética y aumentos en el uso de energías renovables, la Comisión deseaba limitar tanto los riesgos asociados a la volatilidad de precios de los hidrocarburos como su dependencia del petróleo y del gas importados, e intentaba también impulsar la competencia interna y el desarrollo de la industria de las tecnologías limpias Marín, 2008).

10.2.3.2 Políticas más relevantes

A nivel comunitario, la UE ha implementado una serie de iniciativas para avanzar hacia un sistema energético seguro y sustentable. Una de las más recientes e importantes corresponde a la iniciativa conocida como "Paquete de Cambio Climático y Energía". Propuesta en enero de 2008 y acordada en diciembre del mismo año, esta iniciativa facilitará que la UE logre los siguientes objetivos para 2020: un 20% de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, un 20% de reducción en el consumo de energía y que la energía en la UE provenga en un 20% de energías renovables (Parlamento Europeo, 2008).

Para cumplir con la meta de reducir en un 20% el consumo de energía al 2020, el Plan de Acción correspondiente contempla diversas acciones. Una de ellas es aumentar la eficiencia energética mediante la adopción de normas mínimas de diseño ecológico destinadas a mejorar el rendimiento energético de 14 grupos de productos (entre ellos las calderas, los televisores y el alumbrado), el reforzamiento de las normas de etiquetado y la inclusión de edificios pequeños a requerimientos de eficiencia energética. Con relación al transporte, el Plan de Acción contempla hacer más exigentes las normas de emisión de los automóviles, normar las características operacionales de los neumáticos, fomentar la compra de vehículos limpios por las autoridades públicas, fomentar la utilización de alternativas al automóvil, como el transporte público, los modos de transporte no motorizado o el teletrabajo, y estudiar la reducción del consumo energético de los otros modos de transporte, tales como el ferroviario, el aéreo, el fluvial y el marítimo.



Para facilitar estas acciones, el Plan de Acción también contempla incluir incentivos económicos, destacándose la promoción de posibilidades de financiación adaptadas a las PYME por parte del sector bancario y la estructuración de la carga de impuestos en función de la cantidad y la calidad del consumo de energía en vehículos, empresas y hogares (Comisión de las Comunidades Europeas, 2007).

Por su parte, para cumplir con la meta de que un 20% del consumo de energía al 2020 provenga de fuentes renovables, el Programa de Trabajo correspondiente también contempla diversas acciones. En primer lugar, incluye la proposición de medidas para mejorar el mercado interior y eliminar los obstáculos al crecimiento de las energías renovables en los sectores de la electricidad, la calefacción y la refrigeración, entre otras cosas mediante la disminución de las cargas administrativas, la mejora de la transparencia y la difusión de información, y la adaptación y el aumento del número de las instalaciones y de los sistemas de interconexión. También contempla la inclusión de medidas de apoyo, incentivo y estímulo en favor de las fuentes de energía renovables, entre las cuales pueden mencionarse la adopción de un sistema de apoyo o incentivo en favor de los biocarburantes, así como el recurso a los contratos públicos, en particular en el ámbito de los transportes. Fomentará una utilización óptima de los instrumentos financieros existentes para la innovación tecnológica, fomentando su investigación, desarrollo y difusión. Finalmente, el Programa de Trabajo velará que los costos externos de las energías fósiles se incluyan en su precio (Comisión de las Comunidades Europeas, 2007).

10.2.3.3 Ejemplos de países específicos

Los miembros de la UE también tienen sus propias políticas de eficiencia energética y energía sustentable. Los ejemplos que siguen son sólo una muestra del progreso de las naciones europeas en esta materia. A continuación se entregan algunos detalles de las experiencias de Alemania, Austria, Dinamarca, el Reino Unido y Suecia.

Alemania es el líder en el campo de la energía renovable en la UE en donde la participación de la energía renovable en Alemania alcanza el 14,2%. El sistema alemán de tarifas de alimentación garantizadas, que obliga a los proveedores de electricidad a comprar electricidad generada en base a fuentes renovables a un precio favorable garantizado por un cierto período de tiempo, ha sido exitoso y es generalmente considerado como el más efectivo en el mundo. Implementado inicialmente en 1979 con el fin de fomentar la hidroelectricidad proveniente de plantas pequeñas y la energía eólica, actualmente tiene como meta que las energías renovables aporten el 12,5% de la electricidad en 2010 y el 20% en 2020. Esta iniciativa no sólo ha impulsado el crecimiento de la industria eólica y de la biomasa en Alemania, sino que también ha hecho que en la actualidad sea el mayor productor mundial de equipos de calor solar (Mendonça, 2008).



Austria ha venido fomentando la energía renovable por décadas, y en la actualidad el 65% del consumo eléctrico proviene de estas fuentes, convirtiéndolo en el país líder de Europa en esta área. La fuente más relevante es la biomasa, seguida de la hidroelectricidad (EREC, 2009). Austria ha implementado una serie de medidas económicas tendientes a fomentar las energías renovables, incluyendo la fijación de precios, la exención tributaria y los subsidios a la inversión. Con relación a la primera, los proveedores de electricidad están obligados a comprar electricidad renovable a un precio fijo mayor al de mercado. Por su parte, mientras la venta de petróleo y carbón deben enfrentar impuestos específicos, los biocombustibles están exentos de estos impuestos. Finalmente, el Estado puede subsidiar, hasta en un 75%, los costos de inversión asociados a la construcción de plantas térmicas en base a biomasa, plantas de biogás y plantas para la producción de biocombustibles (Eder, Schneeberger y Walla, 2005).

Dinamarca es uno de los países más energéticamente eficiente del mundo. Mientras desde 1980 la economía danesa ha crecido en un 78%, el consumo energético se ha mantenido constante y las emisiones de CO₂ se han reducido. La participación de la energía renovable en el consumo final de energía en Dinamarca ha aumentado a un ritmo constante desde 1980, y actualmente aporta más del 19%. Si se considera sólo el suministro eléctrico, hoy en día la energía renovable representa el 28%, lo que se debe principalmente a la incorporación de la energía eólica en la producción eléctrica (Madsen, 2009). Al igual que otros países europeos, Dinamarca cuenta con un sistema de tarifas de alimentación garantizadas para proyectos de generación eléctrica renovable, el que se complementa con la obligación de usar biomasa para las plantas generadoras de electricidad a gran escala. Dinamarca también otorga subsidios para la generación de electricidad en plantas descentralizadas que producen calor y energía, y exime del pago de impuestos a los sistemas de celdas solares para el consumo directo. Con relación al transporte, mientras el uso de petróleo y diesel está afecto a impuesto al carbono, el uso de biocombustibles está exento (EREC, 2009). Estos progresos han potenciado la industria de la energía renovable en Dinamarca, la que en la actualidad es líder mundial en la fabricación de turbinas eólicas, creando empleo y sustanciales ingresos asociados a la exportación de estos equipos (IEA, 2006).

Aunque en el Reino Unido sólo el 2% de la energía es renovable, hay muchas regulaciones nuevas para fomentar su crecimiento. Por ejemplo, el "Acta de Energía 2008", aprobada en noviembre de 2008, establece que para 2020 el 15% del suministro energético debe ser renovable y que para 2050 las emisiones de gases efecto invernadero deberán ser reducidos en un 60%. El Acta también incluye la introducción de un sistema de tarifas de alimentación garantizadas para proyectos de generación de electricidad con bajo carbono menores de 5MW. También contempla medidas para el ahorro de energía en el comercio y los hogares, para aumentar el uso de biomasa para calefacción, y para mejorar los sistemas de agua y calefacción. Adicionalmente incorpora el otorgamiento de subsidios para la instalación de tecnologías energéticamente sustentables y propone planes para aumentar la proporción de biocombustibles en la mezcla de combustibles (DECC, 2008).



En Suecia la generación de electricidad básicamente no usa combustibles fósiles, proviniendo del poder hidráulico y nuclear. A pesar de aumentar su actividad industrial, la participación del petróleo en el suministro energético sueco ha disminuido desde el 70% en 1970 al 30% en la actualidad. La participación de las fuentes de energía renovable ha aumentado durante la década pasada, pasando de 22% en 1994 a 28% en 2008, con la biomasa siendo la principal fuente energética. Una de las medidas más relevantes en esta materia corresponde a la introducción de un sistema de "Certificados Verdes Transables" para la promoción de la electricidad renovable, en el cual todos los consumidores de electricidad, con excepción de procesos manufactureros en industrias intensivas energéticamente, deben comprar certificados equivalentes a un porcentaje de su consumo eléctrico. El gobierno ha aumentado el número de gasolineras para biocombustibles y eventualmente quiere prohibir los vehículos que usan combustibles fósiles. El gobierno también planea subsidiar la construcción de turbinas de viento con el objetivo de generar 20 TWh en la tierra y 10 TWh en el mar (Regeringskansliet, 2009).

10.3 CASOS ESPECÍFICOS: AUSTRALIA, NUEVA ZELANDIA E ISRAEL

10.3.1 Australia

10.3.1.1 Seguridad energética

Un informe acerca de la seguridad energética en Australia de 2007 indica que más del 90% del suministro de energía proviene de combustibles fósiles, destacando el rol predominante del sector transporte. Mientras la totalidad del carbón y del gas natural proviene de fuentes domésticas, el país importa el 20% del petróleo que consume. Se estima que el suministro doméstico de petróleo declinará en un 50% para el 2025, causando un aumento relevante en sus importaciones. Sin embargo, debido a que la mayoría del petróleo importado provendría del Sudeste Asiático, una región relativamente estable, el informe estima que la provisión de combustibles fósiles en Australia sería relativamente segura durante las próximas décadas. Consecuentemente, las razones para avanzar hacia un sistema energético más sustentable en Australia estarían principalmente basadas en consideraciones ambientales (ASPI, 2007).

10.3.1.2 Eficiencia energética

El Ministerio de Recursos, Energía y Turismo de Australia aplica diversas medidas para fomentar la eficiencia energética. Por ejemplo, El Marco Nacional para la Eficiencia Energética, establecido en 2004 y modificado en 2007, establece la utilización de estándares, fomenta la inversión en tecnologías eficientes y ofrece programas de educación y capacitación. También requiere que todos los electrodomésticos tengan una etiqueta de valoración energética, como la Energy Star (Energy Rating, 2009). Por su parte, el programa de Intercambio de Eficiencia Energética provee a las empresas con información sobre las nuevas tecnologías y ofrece capacitación para mejorar la eficiencia de las organizaciones. Las empresas más grandes, las que usan más de 0,5 PJ de energía al año, requieren emprender y publicar una evaluación del uso de energía (RET, 2009).



10.3.1.3 Energía renovable

A pesar de que Australia cuenta con cuantiosas fuentes de energía renovable, tales como la solar, la eólica, biomasa y recursos hídricos, el país no ha logrado avanzar profundamente en su materialización (Kinrade, 2007). De hecho, las fuentes renovables sólo aportan el 5% del abastecimiento primario de energía en Australia y el 8% de la generación eléctrica (IEA, 2009).

Sin embargo, más recientemente el gobierno ha estado impulsando algunas iniciativas para revertir esta situación. En este sentido, la iniciativa más relevante para fomentar el uso de energías renovables en Australia es la Meta Obligatoria de Energía Renovable, la que establece que el 20% de la electricidad generada provenga de fuentes renovables para el año 2020. Para lograr este objetivo, esta iniciativa obliga a los proveedores y grandes consumidores de electricidad a contribuir proporcionalmente a la meta por medio de la adquisición de electricidad a fuentes renovables acreditadas. Una vez comprobada la contribución, se emiten certificados de energía renovable (RECs) a favor del contribuyente, los que son transables, de modo que los contribuyentes que han sobrepasado sus metas pueden vender sus excedentes a quienes no hayan cumplido sus obligaciones (MRET, 2006).

10.3.1.4 Energía nuclear

Si bien Australia es uno de los principales exportadores de uranio, el país no produce energía nuclear y sus ciudadanos han expresado que se oponen energéticamente al desarrollo de esta industria (Lewis y Kerr, 2006). Tal como expresa IEA (2005), el gobierno australiano no contempla el desarrollo de esta energía.

10.3.2 Nueva Zelandia

10.3.2.1 Seguridad energética

La seguridad energética es un tema importante en Nueva Zelandia. Si bien el país cuenta con un suministro doméstico de petróleo y gas natural, las reservas se están agotando rápidamente, lo que genera un alto grado de preocupación. De hecho, en 2005 el petróleo contribuyó con el 51% del abastecimiento total de energía y fue importado en un 93%. Por su parte, dado que el sistema eléctrico descansa en gran medida en el poder hidráulico, éste es muy vulnerable a períodos de sequía o escasa precipitación. En función de estas condiciones, Nueva Zelandia debe aumentar considerablemente tanto la eficiencia energética como la participación de las fuentes renovables tanto para reemplazar a los combustibles fósiles como para suplir la generación de electricidad (Ministry of Economic Development, 2007).



10.3.2.2 Eficiencia energética

Nueva Zelanda ha implementado diversas medidas para fomentar la eficiencia energética. Una de las principales corresponde al Acta de Eficiencia y Conservación Energética de 2000, que estableció la Autoridad de Eficiencia y Conservación Energética (EECA) de Nueva Zelanda para fomentar, estimular y apoyar la eficiencia y conservación energética y las energías renovables. El Acta proveyó una base legislativa para el uso de productos eficientes e introdujo regulaciones que requieren de las industrias publicar estadísticas sobre su consumo de electricidad. Usando estos datos, la EECA preparó estándares de eficiencia energética (EECA, 2000).

En 2007 la EECA también publicó una estrategia nacional para mejorar la eficiencia energética en las siguientes áreas:

- Hogares: préstamos sin interés para materiales aislantes, medidas de eficiencia energética, sistemas de calefacción “limpia” y la instalación de sistemas para calentar agua por poder solar.
- Empresas: capacitación en eficiencia energética para trabajadores, promoción del uso de biocombustibles, madera y energía geotérmica para calefacción, y fomento de la eficiencia energética en el sector rural y en la industria del turismo.
- Transporte: utilización de vehículos eléctricos, reducción de las emisiones en vehículos, y aumento de la proporción de biocombustibles en combustibles.
- Agencias gubernamentales: implementación de un programa para que no contribuyan al calentamiento global, reducción de las emisiones de vehículos públicos, reducción en el uso de energía, viajes y uso de consumibles en las labores negocios de las agencias (NZECS, 2007).

Otros planes del gobierno relacionados con la eficiencia y el ahorro energético incluyen aumentar fondos para el transporte público y las vías de peatones y ciclistas, cambiar el transporte de carga desde camiones a ferrocarriles, mejorar la eficiencia de las aerolíneas, implementar una obligación para que las estaciones de gasolina vendan biocombustibles, y desarrollar la tecnología del hidrógeno. El gobierno también provee subsidios para compañías que usan tecnologías eficientes en sus lugares de trabajo (NZECS, 2007).

10.3.2.3 Energía renovable

Nueva Zelanda ha desarrollado diversas fuentes energéticas renovables. En 2006, el 32% de la producción energética primaria venía de fuentes renovable. Aproximadamente el 66% de la generación de electricidad proviene de energías renovables, en donde el poder hidráulico a gran escala es la principal fuente. Recientemente el enfoque ha cambiado a proyectos hidroeléctricos a pequeña escala por razones ambientales. La energía geotérmica se comenzó a usar para calefacción y electricidad en los 1950s, y hoy es la segunda fuente para la generación de electricidad.



Si bien el calentador geotérmico más grande en el mundo está en Kawerau, el crecimiento en este sector ha sido lento a causa de los altos costos de instalación. La energía eólica es el sector con mayor crecimiento, con muchos desarrollos a gran escala y proyectos en el mar. La biomasa se usa sólo para la calefacción. El uso de energía solar ha aumentado en un 900% desde 2000, pero este sector también enfrenta altos costos de entrada. Actualmente hay poca capacidad instalada para energía marina (EECA, 2009).

Nueva Zelanda tiene como meta que en 2025 el 90% de la electricidad provenga de fuentes renovables. Para apoyar este objetivo, el gobierno proveerá un marco económico apropiado y eficiente, basado principalmente en la introducción de un sistema de permisos de emisión transables que castigue las fuentes energéticas que contribuyen a la generación de gases efecto invernadero y que premie a las renovables. También introducirá una estructura económica y regulatoria que permita y fomente la inversión en proyectos de energía renovable. Invertirá en la infraestructura de transmisión que fomente el desarrollo de energías renovables distantes de los grandes centros de consumo energético. Además incentivará el ahorro y la eficiencia energética a través de la gestión de la demanda. Con relación al transporte, Nueva Zelanda implementará medidas para diversificar los combustibles por medio de obligaciones que requerirán el aumentar progresivamente el uso de biocombustibles en automóviles y otros medios de transporte (Ministry of Economic Development, 2007).

Dado que es de suma importancia mantener los costos de la energía renovable a un nivel competitivo, tanto para fomentar la independencia de los combustibles fósiles como para proteger a las familias de bajos ingresos, el gobierno de Nueva Zelanda ha invertido NZ\$18 millones al año en investigación. Además está estableciendo un fondo de NZ\$8 millones para el despegue de la generación de electricidad en base a energía marina (Ministry of Economic Development, 2007).

10.3.2.4 Energía nuclear

Nueva Zelanda no presenta mayor interés en la energía nuclear. Aunque el gobierno no prohíbe el uso del poder nuclear, la idea es muy impopular (Nuclear Power, 2008). De hecho, las inquietudes sobre las consecuencias de accidentes, terremotos o ataques terroristas, al disposición de los residuos radioactivos y el uso de materiales nucleares en armas, el gobierno mantiene una actitud opuesta al desarrollo de la energía nuclear (Ministry of Economic Development, 2007).

10.3.3 Israel

10.3.3.1 Seguridad energética

Israel depende mayoritariamente de combustibles fósiles para satisfacer sus necesidades energéticas. En 2006, su consumo primario tenía la siguiente composición: petróleo 52%, carbón 36%, gas 9% y renovables 3%. Por su parte, si bien durante el mismo año importó el 100% tanto del petróleo como del carbón, todo el gas provino de



fuentes domésticas (IEA, 2009). En pocas palabras, Israel es un país altamente dependiente de combustibles fósiles importados.

La inseguridad asociada a esta dependencia no es algo nuevo para Israel, ya que desde su independencia en 1948 el acceso al petróleo ha sido causa de altos grados de ansiedad, principalmente debido a que los principales países productores eran árabes y exhibían animosidad hacia Israel. Después de la guerra del Golfo Pérsico, en donde las relaciones entre los países árabes e Israel se vieron deterioradas, éste último ha obtenido su petróleo mayoritariamente desde los países de la antigua Unión Soviética (Murinson, 2008).

De este modo, y al igual que muchos países, Israel está empeñado en reducir su dependencia de combustibles fósiles importados por medio del aumento de la eficiencia energética y el desarrollo de la energía renovable tanto para el transporte como la electricidad (Renewable Energy in Israel, 2006), la que se espera doble su demanda para 2030 (MNI Fuel, 2009).

10.3.3.2 Eficiencia energética

Israel posee una diversidad de iniciativas tendientes a aumentar el ahorro y la eficiencia energética. Bajo el alero de la Ley de Fuentes de Energía de 1989, el Ministerio de Infraestructura Nacional ha publicado una serie de regulaciones que apuntan a modificar el comportamiento de los consumidores, de modo que sus elecciones conlleven a un consumo energético eficiente. Abordando el etiquetado y el desempeño de hornos eléctricos, equipos térmicos, calderas, motores eléctricos, bombas, calefactores a gas y a petróleo, y sistemas de aire acondicionado, se estima que estas regulaciones han significado importantes ahorros energéticos y económicos (MNI Legislation, 2009).

El Ministerio de Infraestructura Nacional también está impulsando un método que permite la disminución del riesgo que enfrentan los empresarios que desarrollan proyectos energéticamente eficientes por medio del financiamiento de parte de las inversiones correspondientes (MNI Legislation, 2009). Por ejemplo, en 2002 dio un subsidio de US\$95.000 a un proyecto para mejorar la eficiencia del sistema de bombas de agua en el Valle Harod. El proyecto ha visto ahorros de US\$285,000 al año (Emeq Harod Water Association, 2007). Además, el gobierno tiene planes para mejorar la eficiencia de las centrales eléctricas que usan gas natural, sustituyendo plantas viejas con un 40% de eficiencia por plantas nuevas que alcanzan un 75% de eficiencia (UNEP, 2006).

10.3.3.3 Energía renovable

Debido a que Israel no posee muchos recursos energéticos, el país se ha impuesto importantes metas en materia de energía renovable. Mientras para 2016 el 5% de la electricidad deberá provenir de fuentes renovables, la meta para 2020 es del 10% (Seroussi, 2008). No obstante, la implementación tanto de regulaciones (d&a, 2006) como de incentivos económicos (Seroussi, 2008) ha sido débil en esta área.



Sin embargo, durante los últimos años el gobierno israelí ha incrementado notoriamente sus esfuerzos por fomentar las energías renovables. La iniciativa más importante comenzó en 2006, por la cual toda generación eléctrica en base a renovables recibe un premio económico. Este premio es diferenciado, favoreciendo la generación durante horas de alta demanda y la proveniente de sistemas solares (Seroussi, 2008). Por otra parte, el gobierno actualmente requiere que todo edificio nuevo esté equipado con colectores solares para calentar agua (UNEP, 2006).

10.3.3.4 Energía nuclear

Aunque Israel ha desarrollado armas nucleares por muchos años, nunca ha construido una planta de energía nuclear. Considerando que la mayoría de los países que poseen armas nucleares generalmente se abastecen de energía nuclear, resulta extraño el caso de Israel. Si bien Israel ha intentado en más de una ocasión avanzar en esta materia, aspectos geopolíticos parecen explicar en buena parte porqué éstos han fallado. No sólo Israel enfrenta dificultades para adquirir materiales nucleares, principalmente debido a que no ha firmado el Tratado de No Proliferación Nuclear, sino que existe el riesgo de que una planta de energía nuclear sea atacada por países vecinos. A pesar de estas inquietudes, en 2007 el director de la Corporación Eléctrica de Israel dijo que su país estaba pensando en construir una de estas plantas. Si bien todavía no ha ocurrido, es una posibilidad para el futuro próximo (Hundman, 2007).

10.4 LA EXPERIENCIA DE ESPAÑA CON LA ENERGÍA EÓLICA

Recientemente en España el sector de la energía eólica ha experimentado un rápido crecimiento, convirtiéndose en un sector económico relevante. En 2008, mientras la capacidad instalada del sector eólico alcanzó los 16.740 MW, situando a España como la tercera potencia mundial en esta materia después de Alemania y Estados Unidos, esta fuente energética cubrió el 11,5 por ciento de la demanda eléctrica de este país.⁸² El sector eólico provee aproximadamente 45.000 puestos de trabajo en España y empresas como Iberdrola, Gamesa y Acciona están expandiendo sus operaciones de manera global.⁸³

A grandes rasgos, lo anterior se debe a la combinación de exigencias de la Unión Europea en materia de energías renovables y de la correspondiente implementación por parte de España de un marco normativo que no sólo provee de un clima que favorece la participación del sector privado, sino que también apoya la investigación, el desarrollo tecnológico, la educación y las exportaciones. Sin embargo, la implementación en España de normativas tendientes a fomentar las energías renovables, y en especial la eólica, también responde a factores de orden socioeconómico, destacándose la creación de empleo, la independencia energética y la creciente demanda ambiental.⁸⁴

82 López, M. S. 2009. Apoyo público a la energía eólica en España. Revista de Derecho 31: 224-255, Barranquilla.

83 Rymer, C. 2008. Key Factors Leading to Wind Energy Development in Spain. MPA-Environmental Science and Policy, School of International and Public Affairs, Columbia University, Nueva York.

84 Rymer, C. 2008. Key Factors Leading to Wind Energy Development in Spain. MPA-Environmental Science and Policy, School of International and Public Affairs, Columbia University, Nueva York.



En el ámbito de la Unión Europea, el Libro Blanco sobre las fuentes de energía renovables estableció el objetivo global de que el 12 por ciento del consumo interior bruto de energía primaria al 2010 debe ser abastecido por energías renovables. Por su parte, el anexo de la Directiva 2001/77/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, relativo a la promoción de la electricidad generada a partir de energías renovables, estableció que al 2010 en España el 29,4 por ciento de la electricidad debe provenir de estas fuentes. Por medio de su incorporación tanto en la legislación como en la política energética de España, ambos objetivos han contribuido al desarrollo de la energía eólica española.⁸⁵

Uno de las principales normativas en esta materia fue La Ley del Sector Eléctrico 54/1997 (LSE), la que establece un tratamiento jurídico y económico diferenciado para las energías renovables, cuando su potencia instalada no exceda de los 50 MW.⁸⁶ Más específicamente, mediante un sistema de tarifa mínima esta Ley establece que estos generadores recibirán una prima, de modo que el precio al cual venderán la electricidad se encuentre dentro de una banda porcentual comprendida entre el 80 y el 90 por ciento de un precio medio de la electricidad, garantizándoles un precio superior al precio de mercado por cada unidad de electricidad producida.⁸⁷ En 2004 esta normativa fue modificada para permitir variabilidad en las primas en función de las dimensiones de los proyectos.⁸⁸

El régimen jurídico-económico actual lo determina el Real Decreto 661/2007, el que modifica el sistema de primas. En lugar de los anteriores porcentajes, esta normativa establece tablas con una tarifa regulada y primas de referencia fijas para cada tecnología, expresadas en céntimos de euro por kilovatio/hora. Además, se establecen unos límites inferior y superior para la suma del precio de mercado más la prima de referencia, a partir de los cuales el productor tendrá asegurada una retribución mínima o dejará de percibir la prima, respectivamente. Por su parte, esta normativa da la opción a los titulares de las instalaciones renovables de elegir entre ceder la electricidad a la empresa distribuidora de energía eléctrica por un precio expresado en forma de tarifa regulada, o venderla libremente en el mercado al precio que resulte.⁸⁹

10.5 REFLEXIONES

Si bien la revisión de la experiencia internacional demuestra importantes diferencias en las iniciativas impulsadas por los países examinados para avanzar hacia sistemas energéticos sustentables, también refleja diversas tendencias generales comunes a una buena parte de ellos. En este sentido, una de las principales tendencias comunes corresponde a la concordancia entre los objetivos de la seguridad energética y el avance de la energía sustentable. Por su parte, también se aprecia como un elemento común la

85 López, M. S. 2009. Apoyo público a la energía eólica en España. *Revista de Derecho* 31: 224-255, Barranquilla.

86 Iranzo, J. R. y Colinas, M. 2008. La energía en España: un reto estratégico. *Economía de la Energía* 842: 141-154.

87 López, M. S. 2009. Apoyo público a la energía eólica en España. *Revista de Derecho* 31: 224-255, Barranquilla.

88 Rymer, C. 2008. Key Factors Leading to Wind Energy Development in Spain. MPA-Environmental Science and Policy, School of International and Public Affairs, Columbia University, Nueva York.

89 López, M. S. 2009. Apoyo público a la energía eólica en España. *Revista de Derecho* 31: 224-255, Barranquilla.



introducción de incentivos económicos tanto para reducir las emisiones de gases efecto invernadero como para fomentar las energías renovables. Además, esta revisión permite reflexionar sobre algunos aspectos más específicos, tales como las tendencias en materia de innovación tecnológica y la energía nuclear.

10.5.1 Concordancia entre seguridad energética y energía sustentable

La mayoría de los países revisados consume importantes cantidades de combustibles fósiles importados, especialmente petróleo. Debido al esperado aumento de su demanda y precio a nivel global, a la concentración de su abastecimiento en regiones políticamente inestables y a la creciente oposición de sus efectos sobre el calentamiento global, la sustentación de esta dependencia constituye un riesgo real y progresivo para la seguridad energética de estos países. A pesar de que el camino hacia mayores grados de independencia de petróleo importado requiere de diversos esfuerzos, esta revisión refleja que tres elementos claramente relacionados con el desarrollo de sistemas energéticos sustentables son cruciales dentro de las estrategias previstas por la mayoría de los países examinados:

- avanzar hacia un mayor nivel de ahorro y eficiencia energético;
- ampliar la participación de las energías renovables en la generación de electricidad y en los combustibles para el transporte; e
- introducir metas de reducción de emisión de gases efecto invernadero.

10.5.2 Introducción de incentivos económicos

Otra tendencia común dentro de los países revisados es la introducción de incentivos económicos para el desarrollo de la energía sustentable. Una de las iniciativas más comunes corresponde a ponerle precio a las emisiones de gases efecto invernadero, ya sea por medio de impuestos específicos a los combustibles fósiles (provincia de British Columbia de Canadá, Austria y Dinamarca), o a través de un sistema de permisos de emisión transables (Estados Unidos, Unión Europea y Nueva Zelandia). Otra iniciativa es promover la generación de electricidad en base a energías renovables por medio de un sistema de certificados transables que reflejan el aporte que los consumidores de electricidad en esta materia (Suecia y Australia). Finalmente, la revisión permitió visualizar que muchos de estos países fomentan la energía sustentable por medio de diversos subsidios a la adquisición de productos de consumo y tecnologías energéticamente eficientes (Estados Unidos, Reino Unido, Nueva Zelandia e Israel) y a la generación de electricidad renovable (Canadá, Austria, Dinamarca y Australia).



10.5.3 Energía nuclear

En la actualidad, ni Australia, ni Nueva Zelanda, ni Israel se abastecen de energía nuclear. A pesar de esta similitud, la revisión de estas experiencias permite distinguir algunas diferencias. Así, a pesar de que todos manifiestan razones de carácter político para no avanzar en esta materia, mientras las de Australia y Nueva Zelanda son de orden doméstico, las de Israel obedecen a factores externos. Por su parte, mientras Australia y Nueva Zelanda presentan una actitud claramente en oposición a desarrollar esta opción, principalmente debido a la impopularidad de la misma a nivel ciudadano, Israel refleja una actitud más ambigua, en donde se encuentran en tensión sus deseos de lograr una mayor independencia de energías extranjeras con sus intenciones de no aumentar la inseguridad imperante en el área geográfica que lo hospeda.

10.6 REFERENCIAS

- APEC, 2009. APEC Energy Overview 2008. Asia Pacific Energy Research Centre, Tokyo.
- ASPI, 2007. Power Plays: Energy and Australia's Security. Australian Strategic Policy Institute.
(http://www.aspi.org.au/publications/publication_details.aspx?ContentID=142&pubtype=5).
- BCSEA, 2005. Sustainable Energy Policies for British Columbia. British Columbia Sustainable Energy Association.
- Comisión de las Comunidades Europeas, 2007. Comunicación de la Comisión al Consejo Europeo y al Parlamento Europeo. Una política energética para Europa, COM/2007/0001 final, Bruselas.
- Council of the Federation, 2007. A Shared Vision for Energy in Canada. Council of the Federation Secretariat, Ottawa. (www.councilofthefederation.ca)
- d&a, 2006. Renewable Energy in Israel. d&a hi-tech information Ltd. Israel.
(<http://www.export.gov.il/Eng/Uploads/4303Renewable.pdf>)
- DECC, 2008. Energy Act 2008. Department of Energy and Climate Change.
(http://www.decc.gov.uk/en/content/cms/legislation/energy_act_08/energy_act_08.aspx)
- DOE, 2007. Loan Guarantee Program. US Department of Energy.
- EEA, 2008. Energy and environment report 2008. EEA Report No 6/2008. European Environment Agency, Copenhagen.
- ecoACTION, 2009. ecoENERGY Initiative. Government of Canada.
(<http://ecoaction.gc.ca/ecoenergy-ecoenergie/index-eng.cfm>).
- Eder, M., Schneeberger, W. y Walla, C. 2005. Efforts to increase energy from biomass in Austria. En M. Svatos (Ed.) *Bioenergy in Agriculture*. Czech University of Agriculture, Praga: 55-67.
- EECA, 2000. Energy Efficiency and Conservation Act 2000. New Zealand Government.
- EECA, 2009. Renewable Energy. Energy Efficiency and Conservation Authority. New Zealand Government. (<http://www.eeca.govt.nz/efficient-and-renewable-energy/renewable-energy>).
- EERE, 2009. Energy Efficiency and Renewable Energy. U.S. Department of Energy.
(<http://www.eere.energy.gov/>).
- EIA, 2008. How much renewable energy do we use? Energy Information Administration. Washington, DC.



- (http://tonto.eia.doe.gov/energy_in_brief/print_pages/renewable_energy.pdf)
Emeq Harod Water Association, 2007. Energy Conservation Demonstration Project. (<http://www.mni.gov.il/mni/en-US/Energy/EnergyConservation/ECProjects/WaterPumpingSystemHarodValley.htm>).
- Energía y Sociedad, 2009. La nueva política energética de Obama. (http://www.energiaysociedad.es/pdf/nueva_politica_energetica EEUU.pdf)
- Energy Rating, 2009. Energy Rating Program of Australia. Australian Government Department of the Environment, Water, Heritage and the Arts. (<http://www.energyrating.gov.au/index.html>).
- Energy Star, 2009. Federal Tax Credits for Energy Efficiency. (http://www.energystar.gov/index.cfm?c=products.pr_tax_credits).
- EPA, 2008. National Action Plan for Energy Efficiency: Executive Summary. US Environmental Protection Agency. (http://www.epa.gov/cleanenergy/documents/vision_execsumm.pdf).
- EREC, 2009. National Policy - Overview of EU Member States: RES National Policy Reviews. European Renewable Energy Council, Bruselas. (<http://www.erec.org/policy/national-policy.html>)
- Hundman, E., 2007. Israel seeks civilian nuclear power. Foreign Policy, Marzo 5, 2007. (http://blog.foreignpolicy.com/posts/2007/03/05/israel_seeks_civilian_nuclear_power).
- IEA, 2009. IEA Statistics. (<http://www.iea.org/Textbase/stats/index.asp>)
- IEA, 2006. Energy Policies of IEA Countries: Denmark, 2006 Review. The International Energy Agency, Paris.
- IEA, 2005. Energy Policies of IEA Countries: Australia, 2005 Review. The International Energy Agency, Paris.
- Iranzo, J. R. y Colinas, M. 2008. La energía en España: un reto estratégico. *Economía de la Energía* 842: 141-154.
- Isbell, P. 2009. Una visión preliminar de la futura política energética de Obama. Documento de Trabajo 2/2009 (traducido del inglés). Real Instituto Elcano, Madrid.
- Kinrade, P. 2007. Toward a sustainable energy future in Australia. *Futures* 39: 230 – 252.
- La Nación, 2009. Para Obama, energía y salud son los dos pilares de la recuperación. (http://www.lanacion.com.ar/nota.asp?nota_id=1128883)
- Levine, B. 2008. The Economic Imperative for Clean Energy. Center for American Progress, Washington, D.C. (http://www.americanprogress.org/issues/2008/12/pdf/energy_econ.pdf)
- Lewis, S y Kerr, J, 2006. Support for N-power falls. *The Australian*. Diciembre 30, 2006.
- López, M. S. 2009. Apoyo público a la energía eólica en España. *Revista de Derecho* 31: 224-255, Barranquilla.
- Madsen, T. 2009. "El ejemplo danés": hacia una economía de eficiencia energética y ecología climática. Ministry of Climate and Energy of Denmark. (<http://es.cop15.dk/files/images/Articles/Danish-example/danske%20eksempel-spansk.pdf>)
- Marín, J. M. 2008. Política Energética en la UE: el Debate entre la Timidez y el Atrevimiento. *Economía de la Energía* 842: 65 – 76.
- Mendonça, M. 2008. Success story: Feed-In Tariffs Support renewable energy in Germany. (<http://www.e-parl.net/eparlimages/general/pdf/080603%20FIT%20toolkit.pdf>)



- Ministry of Economic Development, 2007. New Zealand Energy Strategy to 2050. New Zealand Government. (<http://www.med.govt.nz/upload/52164/nzes.pdf>)
- MNI Fuel, 2009. The Gasoline Fuel Industry. Ministry of National Infrastructure. Israeli Government. (<http://www.mni.gov.il/mni/en-US/Energy/Fuel/>).
- MNI Legislation, 2009. Legislation in the Energy Conservation Field. Ministry of National Infrastructures. Israeli Government. (<http://www.mni.gov.il/mni/en-US/Energy/EnergyConservation/ECLaws/>).
- MRET, 2006. Mandatory Renewable Target Overview. Australian Government Office of the Renewable Energy Regulator. (<http://www.orer.gov.au/publications/pubs/mret-overview0306.pdf>).
- Murinson, A. 2008. Azerbaijan-Turkey-Israel Relations: The Energy Factor. *Middle East Review of International Affairs* 12 (3): 47-64.
- National Energy Board, 2007. Canada's Energy Future: Reference Case and Scenarios to 2030. National Energy Board, Calgary.
- NRCan, 2009. Renewable Energy. Natural Resources Canada. Government of Canada. (<http://www.nrcan.gc.ca/eneene/renren/aboaprren-eng.php#key>).
- NZEECS, 2007. New Zealand Energy Efficiency and Conservation Strategy. New Zealand Government. (<http://www.eeca.govt.nz/node/2639>).
- Obama, B. y Biden, J. 2008. New Energy for America. (http://www.barackobama.com/pdf/factsheet_energy_speech_080308.pdf)
- OEE, 2009. Guide to Canada's Energy Efficiency Regulations. Office of Energy Efficiency. Government of Canada. (<http://oee.nrcan.gc.ca/regulations/guide.cfm?attr=0>).
- Parlamento Europeo, 2008. El Parlamento Europeo aprueba el paquete de energía y cambio climático. (http://www.europarl.europa.eu/news/expert/background_page/064-44005-343-12-50-911-20081208BKG44004-08-12-2008-2008-false/default_es.htm)
- PePS Canada, 2008. Promoting an energy-efficient Public Sector. (<http://www.peponline.org/countries/canada.html>).
- PePS United States, 2008. Promoting an energy-efficient Public Sector. (<http://www.peponline.org/index.html>).
- Pew Climate, 2009. Renewable Portfolio Standards. Pew Center on Global Climate Change. (http://www.pewclimate.org/what_s_being_done/in_the_states/rps.cfm).
- Regeringskansliet, 2009. Energy Policy. Government Offices of Sweden. (<http://www.ud.se/sb/d/5745/a/19594>).
- Renewable Energy in Israel, 2006. d&a hi-tech information Ltd. (http://www.export.gov.il/Eng/_Uploads/4303Renewable.pdf).
- RET, 2009. Australian Government Department of Recreation, Energy and Tourism. (<http://www.ret.gov.au/Documents/mce/default.html>).
- Rymer, C. 2008. Key Factors Leading to Wind Energy Development in Spain. MPA-Environmental Science and Policy, School of International and Public Affairs, Columbia University, Nueva York.
- Seroussi, S. 2008. Renewable energy incentives. Presentación ofrecida en el taller "NATO Advanced Research Workshop", The London School of Economics and Political Science, London.
- State Energy Program, 2009. U.S. DOE Energy Efficiency and Renewable Energy. (http://apps1.eere.energy.gov/state_energy_program/about.cfm).
- Teske, S. 2008. Energy [R]evolution: A Sustainable Canada Energy Outlook. Greenpeace International, European Renewable Energy Council (EREC).



<http://www.greenpeace.org/raw/content/canada/en/documents-and-links/publications/energy-revolution-report-2009.pdf>

UNEP, 2006. Israel's Experience in Sustainable Energy. United Nations Environment Programme. (<http://www.unep.org/GC/GCSS-IX/DOCUMENTS/Israel-energy3.pdf>).



11 ESTADO DE POLÍTICAS PÚBLICAS A NIVEL NACIONAL

11.1 INICIATIVAS TENDIENTES A REDUCIR EL CONSUMO ENERGÉTICO

11.1.1 Programa País de Eficiencia Energética (PPEE)

La mayor iniciativa pública en materia de eficiencia energética corresponde al lanzamiento en 2005 del Programa País de Eficiencia Energética (PPEE), cuya misión es consolidar el uso eficiente de energía, contribuyendo al desarrollo energético sustentable de Chile. Dentro de los principales lineamientos está la generación de una cultura de eficiencia energética y la formulación de una política nacional, la que incluye la implementación de un sistema de monitoreo y fiscalización, la introducción de un marco económico y regulatorio, la puesta en marcha de un sistema de certificación, el diseño de instrumentos e incentivos económicos, tributarios y financieros, el fomento de la eficiencia energética en las empresas, la incorporación a mecanismos internacionales de eficiencia energética, y el fortalecimiento de la innovación tecnológica. Además considera el desarrollo de programas sectoriales en vivienda, edificios, construcción, transporte, industria (minería, agricultura y comercio), la transformación de energía y el sector público (CNE, 2009a).

El PPEE también incluye alianzas con empresas, quienes colaboran activamente con sus actividades. Por ejemplo, Chilectra, ha colaborado a través de la organización de ferias, la difusión del programa gubernamental de etiquetado de eficiencia energética y la entrega de ampolletas eficientes (Chilectra, 2009). Otra iniciativa relevante en esta área es la participación del PPEE en el Premio Nacional de Eficiencia Energética, que busca galardonar a las empresas que han realizado un significativo aporte al buen uso de la energía (CPC, 2008).

Algunos logros del PPEE son el convenio de eficiencia energética para el alumbrado público, el sistema de certificación térmica en edificaciones nuevas, el programa nacional de certificación, el etiquetado de eficiencia energética en artefactos eléctricos, la creación de la mesa de eficiencia energética en la gran minería y el instrumento CORFO de preinversión de eficiencia energética, entre otros (PPEE, 2007). Otro logro importante es el programa "Ilumínate con Buena Energía", llevado a cabo por la Comisión Nacional de Energía (CNE), a través del PPEE, el que consta de la entrega de ampolletas eficientes a familias de escasos recursos (CNE, 2009a).

Hasta el momento, el PPEE sólo ha establecido objetivos de procesos para sus programas de eficiencia energética. Si bien esto es apropiado para una primera etapa, a medida que se intensifican las metas de los programas y se tiene acceso a indicadores y estadísticas más precisas sobre el consumo energético, el PPEE debe establecer metas cuantitativas que especifiquen la energía que se espera ahorrar en cada uno de ellos (Grupo de Trabajo sobre Energía de APEC, 2009).



A continuación se revisan iniciativas de eficiencia y ahorro energético para diversos sectores y actividades del país, incluyendo tanto las fomentadas por el PPEE como el resto.

11.1.2 Sector eléctrico

La reforma a la ley eléctrica, que trajo consigo la llamada Ley Corta II de 2005, incluye un estímulo para reducir la demanda de electricidad durante situaciones de contingencia eléctrica. Esta permite a los generadores ofrecer premios a los clientes regulados para que disminuyan su consumo de electricidad cuando el costo de generarla exceda el precio (CNE, 2006). De hecho, en marzo de 2008 AES Gener, Endesa Chile y Colbún, las mayores generadoras del Sistema Interconectado Central (SIC), implementaron esta opción al ofrecer a las tres distribuidoras más importantes del país - Chilectra, Chilquinta y CGE Distribución- las primeras propuestas en esta materia. La propuesta de AES Gener fue la más alta al ofrecer \$56 por kWh en caso de que el cliente disminuya su consumo un 3%, mientras que la oferta más extensa fue realizada por Endesa Chile (Chilecológico, 2008).

Por su parte, gracias a un esfuerzo conjunto entre el PPEE y las empresas de distribución, éstas han introducido una serie de programas de eficiencia energética dirigidos a los usuarios finales, incluyendo auditorías de energía gratuitas, ventas de artefactos eficientes, y otros. Sin embargo, de acuerdo con el Grupo de Trabajo sobre Energía de APEC (2009), el apoyo brindado por las empresas distribuidoras podría ser mucho más amplio, principalmente debido al manifiesto apoyo de estas empresas a las iniciativas de eficiencia energética y a su disposición de actuar como agentes de entrega de éstas. Entre otras medidas recomendadas, el Grupo de Trabajo sobre Energía de APEC (2009) destaca seguir la experiencia internacional e introducir una regulación para desacoplar los ingresos de las distribuidoras eléctricas de sus volúmenes de ventas, incorporando así un incentivo para que las éstas promuevan la eficiencia energética en sus usuarios finales.

11.1.3 Construcción

Dentro de las iniciativas del sector privado tendientes a reducir el consumo energético, se encuentra la construcción de fábricas que incorporan en sus faenas productivas y en las oficinas corporativas el uso de tecnologías y energías bioclimáticas. Un claro ejemplo corresponde a Cristalerías Chile, que utiliza energía geotérmica, eólica, aeronáutica, lumínica y acústica (Revista TC, 2008a). También se destaca la creación del hormigón celular por parte de la empresa Xella Chile S.A., filial de Xella Internacional. Este material se encuentra dentro de las iniciativas del sector por ahorrar energía, ya que funciona como un excelente aislante térmico, ayudando a disminuir el consumo de energía considerablemente por concepto de calefacción (Revista TC, 2009).

Por su parte, también existen algunos ejemplos en Chile de construcción energéticamente sustentables. Un caso es el edificio Varela ubicado en la Ciudad Empresarial, Huechuraba, Santiago, del arquitecto Horacio Sotomayor, el que cuenta con un sistema de climatización por agua que aprovecha la temperatura natural del suelo y recibe la máxima iluminación natural.



Otro ejemplo es el edificio institucional Isapre Consalud, que también ubicado en Huechuraba, de los arquitectos May & Soler de Santiago y dell' Aquila & Voerzio de Italia, diseñado con un sistema de climatización por aire que aprovecha temperatura natural del suelo (Goijberg, 2009).

El sector público también ha desarrollado iniciativas relevantes en esta materia. Por ejemplo, en 2008 se construyó en Punta Arenas el primer edificio bioclimático del país para una institución pública, ENAP, con tecnología que retiene el calor y la luz natural, permitiendo un ahorro de energía de un 68% en comparación a un edificio convencional (ENAP, 2009). Asimismo, se acaba de anunciar la creación del primer "barrio solar" de Chile, proyecto Portal de Chile en la Comuna de Combarbalá, con financiamientos del MINVU y la Comisión Nacional de Energía (Portilla, 2009).

Un proyecto de similares características corresponde al nuevo aeropuerto de La Araucanía, que será construido en la comuna de Freire, ubicada a 30 kilómetros de Temuco. El edificio terminal de pasajeros es la estructura más importante del complejo aeroportuario y en términos generales, la propuesta arquitectónica incorpora el concepto de construcción sustentable, ya que su diseño contempla el ahorro de energía y la utilización de los recursos renovables para la disminución de gases efecto invernadero. En este sentido, el proyecto contempla aperturas para ventilación, un espacio central con vegetación que potencie la estabilización climática a través de la ventilación cruzada, una orientación del edificio hacia la salida y puesta de sol, la utilización de materiales que aportan ganancia térmica, y vidriado de doble termo panel. Se estima que estas medidas permitirán ahorrar hasta un 42% de energía frente a una construcción normal (Araucanía Chile, 2009).

Otras iniciativas implementadas por el sector público son la construcción de 125 viviendas sociales con criterios de eficiencia energética en la comuna de Lo Espejo, programa impulsado por un acuerdo entre GTZ, PPEE y Fundación Un Techo para Chile, y el proyecto de reacondicionamiento térmico de 1000 viviendas sociales en Temuco y Padre Las Casas, subsidiado a través del Programa de Protección al Patrimonio Familiar del MINVU. Estas iniciativas serán complementadas por una segunda etapa del proyecto de reacondicionamiento térmico en 10.000 viviendas sociales (2300 en 2009 y el resto en 2010), y el mejoramiento de estándares térmicos en 400 viviendas sociales, subsidiado a través del Fondo Solidario de Vivienda del MINVU (Grupo de Trabajo sobre Energía de APEC, 2009).

En el plano normativo, se destaca la incorporación de normas obligatorias sobre aislamiento térmico para las viviendas nuevas a partir del año 2007. También es significativo el trabajo que actualmente se realiza para diseñar un sistema de certificación energética de viviendas, equivalente al etiquetado de artefactos domésticos, con el propósito de entregar la información a los usuarios de cuánto consume su vivienda en calefacción, iluminación y agua caliente sanitaria. Finalmente, se destaca la futura incorporación de criterios de eficiencia energética en diseño de hospitales públicos (Grupo de Trabajo sobre Energía de APEC (2009).



A pesar de estos avances, el desarrollo en materia de construcción es básicamente de origen voluntario y financiado por los mandantes, ya que los incentivos económicos por parte del gobierno para acelerar el proceso son escasos. Al parecer, sólo existe un subsidio del Ministerio de Vivienda para el mejoramiento técnico de viviendas sociales que varía entre 100 y 200 UF. No sólo no existen exenciones tributarias que fomenten el ahorro energético en la construcción de edificios y viviendas, sino que en muchas ocasiones estas iniciativas se ven disuadidas económicamente. Por ejemplo, si una construcción instala ventanales con termopaneles, es probable que el permiso municipal sea más caro al considerar que la construcción es de lujo e incluso las contribuciones sean más onerosas (Revista TC, 2008b).

11.1.4 Transporte

En materia de transporte, una iniciativa relevante corresponde a incentivar el uso de la bicicleta. En 2008 se conformó una mesa de trabajo que busca hacer partícipe a la ciudadanía del proyecto de ley que fomenta el uso de bicicletas (Bicicultura, 2009). El proyecto, aún en trámite, que busca incentivar el uso y la integración de la bicicleta, tiene como principio inspirador fomentar un medio de transporte saludable, no contaminante y económico. Además, expresa que el uso de la bicicleta como medio de transporte constituye un componente clave de los planes, programas y políticas de descontaminación del país (Senado, 2009).

En materia de incentivos económicos, mientras en 2008 el gobierno introdujo un estímulo a la compra de vehículos híbridos mediante la exención del pago del permiso de circulación por un plazo de tres años, a futuro se contempla un programa de fomento al recambio de flotas de camiones ineficientes y antiguos por modelos nuevos más eficientes y amigables con el medio ambiente. Además, se han desarrollado estudios de diagnóstico, definición e implementación de un sello de eficiencia energética para vehículos livianos que entregará información a los compradores, cuya normativa está en desarrollo por parte de la División de Normas de la Subsecretaría de Transportes (Grupo de Trabajo sobre Energía de APEC, 2009).

Otra iniciativa es el Programa de Capacitación en Gestión Eficiente de Flotas a la Confederación Nacional de Dueños de Camiones (CNDC), impulsada por el PPEE y cuya meta es la reducción de los consumos de combustibles en sus flotas a una tasa aproximada de un 10%. Mientras en mayo de 2009 se graduaron 15 empresarios transportistas como parte del programa piloto, quienes recibieron las herramientas principales para gestionar sus unidades productivas, la idea ahora es extender la iniciativa a 100 empresas de todo el país durante 2009. Otras iniciativas paralelas son un Programa Nacional de Recambio de Camiones, para reemplazar a nivel nacional 500 máquinas antiguas, y el Programa de Capacitación en Conducción Eficiente para 1.000 chóferes de camiones. Para apoyar el conjunto de estas iniciativas, el PPEE ha publicado dos guías: la Guía de Operación Eficiente para el Transporte Carretero y la Guía de Conducción Eficiente para el Transporte Carretero (PPEE, 2009a).



A pesar de estos logros, se considera que las iniciativas de ahorro y eficiencia energética en el sector transporte son unas de las más débiles a nivel nacional. Considerando que este sector es el principal consumidor de petróleo en el país, recurso que proviene en su totalidad del extranjero y que probablemente se irá encareciendo en el futuro, usarlo de manera eficiente corresponde a una prioridad urgente. No hacerlo no sólo incrementará la exposición de Chile a la volatilidad de este mercado, sino que le restará competitividad internacional y lo hará aumentar sus emisiones tanto de gases efecto invernadero como de contaminantes de impacto local.

Si bien los caminos para avanzar en esta materia son numerosos y variados, a continuación se resumen algunos de los más importantes destacados por el Grupo de Trabajo sobre Energía de APEC (2009). En términos generales, se debe respaldar robustamente el uso eficiente de la energía en todos los tipos de transporte, incluyendo el transporte público, ferroviario, marítimo, no motorizado y la gestión integrada del transporte y el uso del suelo. Más específicamente, se debe aumentar la intensificación urbana y el desarrollo de infraestructura para respaldar modos de transporte no motorizados, respaldar el desarrollo de combustibles renovables a partir de fuentes sustentables, incentivar el uso del transporte público (a pesar de los problemas encontrados con Transantiago) e introducir modificaciones en los precios de los combustibles de modo que reflejen sus impactos en el medio ambiente y la salud.

11.1.5 Minería e industria

El Estado ha introducido una serie de instrumentos económicos tendientes a facilitar la eficiencia energética a nivel industrial. En 2006, CORFO y el PPEE crearon el Programa de Preinversión en Eficiencia Energética (PIEE), instrumento que facilita a empresas con ventas anuales de hasta UF 1 millón desarrollar evaluaciones para cuantificar el potencial de ahorros energéticos y diseñar un plan de mejora, en donde CORFO paga hasta el 70% del costo total, con un máximo de 6 millones de pesos. En 2008 CORFO implementó el crédito de eficiencia energética que financia inversiones con un valor de hasta de UF 25.000 y permite a las empresas financiar las inversiones necesarias para los proyectos de optimización del uso de la energía. A este crédito pueden optar empresas de distintos sectores, tales como la industria, la agricultura, la minería, la pesca, el turismo y la salud. Otra iniciativa es el Programa de Incentivo a la Introducción de Motores Eléctricos Eficientes, el que mediante un subsidio permite igualar el precio de los motores estándar y eficientes (Grupo de Trabajo sobre Energía de APEC, 2009).

También se han materializado una serie de compromisos voluntarios entre el sector público y el sector privado. Entre éstos se destacan la Mesa Minera de Eficiencia Energética de 2006, el Protocolo de Acuerdo para la Eficiencia Energética en la Gran Minería de 2008, el Programa de Fomento a la Gestión Energética en la Pequeña y Mediana Minería de 2007, la incorporación de la eficiencia energética en los Acuerdos de Producción Limpia que se suscriban con el sector industrial en 2006, el Convenio de Cooperación para la Eficiencia Energética con la industria química y los impresores gráficos de 2008, el Convenio de Cooperación para la Eficiencia Energética con la industria metalmecánica de 2007 y la futura Mesa de Eficiencia Energética en Sector Retail (Grupo de Trabajo sobre Energía de APEC, 2009).



Un aporte al ahorro energético por parte del sector minero no vinculado al PPEE fue la aplicación del Decreto Supremo N° 686/1998 del Ministerio de Economía Fomento y Reconstrucción, sobre "Norma de Emisión para regulación de contaminante lumínica". Esta aplicación implicó el cambio de un total de 928 luminarias, equivalentes a 193,2kW de potencia eléctrica, significando una disminución del consumo de energía eléctrica correspondiente a 435MWh/año (PPEE, 2009b).

Por su parte, dado que el ahorro energético es un asunto de mucha relevancia para el sector minero, muchas empresas han desarrollado programas voluntarios en esta área. Un ejemplo privado corresponde a la iniciativa de Anglo American Chile, que creó su propio programa energético y de uso de recursos naturales cuyo objetivo es mejorar en 15% la eficiencia en el uso de energía. Dentro de este esquema, la empresa tiene en marcha un comité de energía que diseñó un cuadro general de consumo y emisiones para el período 2003-2005, con proyecciones hasta el 2013. Por medio de esta actividad, la empresa promueve entre sus empleados una campaña de uso responsable de energía, incluyendo la entrega de ampolletas eficientes y otras iniciativas que buscan involucrar a todos sus trabajadores en el ahorro de energía a través de la sistematización de buenas prácticas, proyectos e inversiones (Anglo American, 2009).

11.1.6 Sector público

En el sector público, el PPEE ha orientado sus acciones en principalmente al mejoramiento de la eficiencia del alumbrado público, a las compras públicas con criterios de eficiencia energética y al mejoramiento de la gestión de la energía en edificios públicos. En materia de alumbrado público, en abril de 2008 se indicó que la existencia de 30 proyectos de recambio con criterios de eficiencia energética en la Región Metropolitana, experiencia a ser replicada en otras regiones (ChileCompra Informa, 2008). En la actualidad el PPEE trabaja con la SEC en el desarrollo de un reglamento que incorpora criterios de eficiencia energética en proyectos de recambio de luminarias públicas en comunas con menos recursos (Grupo de Trabajo sobre Energía de APEC, 2009).

Con respecto a las adquisiciones del Estado, en marzo de 2008 la Dirección de Compras y Contratación Pública del Ministerio de Hacienda lanzó la "Directiva de Contratación Pública N° 9: Instrucciones para la Contratación de Bienes y Servicios Incorporando Criterios de Eficiencia Energética". La directiva va acompañada de una Guía y un Manual que entregan consejos prácticos acerca de cómo incorporar la eficiencia energética en las compras públicas y explican los etiquetados utilizados en Chile para ampolletas y refrigeradores. Sin embargo, la directiva sólo comprende recomendaciones a las distintas reparticiones públicas, ya que su cumplimiento no es obligatorio (Weller, Claro y Blanco, 2008).



Con relación a los edificios públicos, se han desarrollado auditorías energéticas en aproximadamente 20 edificios, tomándose medidas para implementar las recomendaciones resultantes en dos instalaciones (Grupo de Trabajo sobre Energía de APEC, 2009). Complementariamente, durante 2008 el Ministerio de Minería implementó el "Plan de Ahorro Energético Participativo" para sus funcionarios, quienes en cada repartición evalúan y acuerdan formalmente el número de luces necesarias para el desempeño de sus funciones, como también las condiciones de ventilación y horario en que se use el aire acondicionado. Este programa contempla su aplicación no sólo en el Ministerio de Minería, sino que también en COCHILCO y SERNAGEOMIN (Ministerio de Minería, 2008).

Otra iniciativa pública de ahorro energético corresponde al protocolo suscrito en marzo de 2009 entre la Asociación Chilena de Municipalidades y la CNE para reducir el consumo eléctrico en las dependencias municipales. Por medio de instrucciones al personal que corresponda de los edificios, se implementarán medidas rápidas, eficaces y de bajo costo de inversión que se espera lleguen a ahorrar un 5% de la electricidad consumida en 2008 (ACHM, 2009).

11.1.7 Sector residencial

Aparte de las acciones dirigidas a mejorar la calidad térmica de las viviendas nuevas, revisadas en la sección sobre construcción, en el sector residencial el PPEE se ha concentrado en incrementar la eficiencia de los artefactos domésticos. Una de las principales iniciativas corresponde al Programa Nacional de Recambio de Ampolletas, el que comenzó en marzo de 2008, el que favorece a los hogares pertenecientes al 40% de la población más vulnerable del país. El programa entrega dos ampolletas eficientes por hogar que reemplazan a dos incandescentes o ineficientes y se traduce en un ahorro cercano a los 14 mil pesos anuales en las cuentas de electricidad de los hogares beneficiados (Ecoamérica, 2008a).

Otra iniciativa relevante coordinada por el PPEE es el Sistema Nacional de Certificación de Eficiencia Energética. Con el apoyo del Fondo INNOVA Chile y de organismos asociados, el Instituto Nacional de Normalización (INN) elaboró 52 normas chilenas sobre etiquetado de eficiencia energética para diversos artefactos domésticos eléctricos y de combustibles, en el ámbito industrial y minero, y en el de la construcción sustentable (INN, 2008).

En esta misma línea, y con el fin de crear un mercado de artefactos domésticos eficientes energéticamente que estimule a los fabricantes para que incrementen el desempeño energético de sus modelos, se puso en marcha el Programa Nacional de Certificación y Etiquetado de Eficiencia Energética (P3E) en 2005 para ampolletas y refrigeradores. Actualmente está en desarrollo el etiquetado de una serie de otros artefactos, así como la definición de los próximos productos a incorporar al programa (Grupo de Trabajo sobre Energía de APEC, 2009).



11.2 INICIATIVAS PARA EL DESARROLLO DE FUENTES ENERGÉTICAS RENOVABLES

11.2.1 Normativa

En el campo de las regulaciones, durante los últimos años en Chile se han realizado diversos esfuerzos para fomentar el ingreso de las energías renovables no convencionales (ERNC) a la matriz eléctrica nacional. 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 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 ejecutar 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).



Si bien estas modificaciones a la Ley General de Servicios Eléctricos son reconocidas como apuntando en una dirección concordante con el estímulo de las ERNC, no están libres de crítica. Una relativamente corriente señala que los incentivos proporcionados no son lo suficientemente altos como para inducir una penetración profunda de las ERNC, ya que no alcanzan a compensar los altos costos asociados a generar electricidad en base a estas energías (Valencia, 2008). Otra resalta que el monto de las sanciones por incumplimiento de la Ley 20.257 son demasiado bajos como para incentivar el cumplimiento de la obligación, ya que pueden implicar un costo menor que cumplirlas (Moraga, 2008).

11.2.2 Instrumentos de fomento a la inversión privada

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).



El marco conformado por las disposiciones legales y los instrumentos de fomento a la inversión ha permitido un incipiente desarrollo de las ERNC en Chile. Se estima que a mediados de 2008 había aproximadamente 180 proyectos ERNC en diferentes etapas de progreso. Considerando los que habían ingresado al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental desde 2004, éstos totalizaban más de 1.700 MW (CNE, 2008). A continuación se entrega un resumen del desarrollo de las ERNC en Chile por tipo de fuente.

11.2.3 Energía geotérmica

Dado que la energía geotérmica es un bien del Estado susceptible de ser explorada y explotada, la publicación de leyes que regularicen estas actividades es crucial para su desarrollo. De este modo, los últimos gobiernos han promulgado diversas leyes que van en directo beneficio de la exploración y explotación de estas fuentes (CNE, 2009b). Por su parte, el SERNAGEOMIN, institución que realiza estudios de exploración, publicó el año 2000 un reglamento de probables fuentes de energía geotérmica, en el cual identifica una serie de lugares en donde pueda hallarse este tipo de energía (SERNAGEOMIN, 2000). Al reducir los altos riesgos iniciales asociados a la exploración, estos estudios han permitido asignar 26 proyectos tendientes a la exploración de este tipo de energías desde el año 2000.

Actualmente, el Ministerio de Minería se encuentra en el proceso de licitación pública para otorgar concesiones de exploración geotérmica en Chile. Mientras a nivel nacional recientemente se llamó a una licitación pública nacional e internacional por 20 áreas de concesión de energía geotérmica (Ecoamérica, 2009a), en la comuna de Colchane, Región de Tarapacá, se están licitando dos concesiones en las áreas denominadas "Puchuldiza Sur 1" y "Puchuldiza Sur 2". Para estas últimas, se espera que los beneficiarios sean los nuevos y emergentes proyectos mineros de la zona, aprovechando la generación de electricidad y parte de los condensados, como agua industrial en los procesos mineros (Ministerio de Minería, 2009).

11.2.4 Energía eólica

La primera iniciativa de energía eólica del país corresponde a la Central Eólica Alto Baguales en Aysén, por parte de la empresa Saesa en noviembre de 2002 (EdelAysen, 2009). Adicionalmente, en el norte del país, Endesa Chile, a través de su filial EndesaEco, inicia en 2006 el proceso para la construcción de lo que hoy es conocido como el mayor proyecto eólico del país: Parque Eólico Canela, emplazado en la Cuarta Región y aportando un total de 18 MW al SIC. Dentro de las iniciativas para el 2009 por parte de EndesaEco está la ampliación de la central Canela, adicionando otros 40 generadores, con una potencia adicional de 60 MW (EndesaEco, 2009).



La empresa Suez Energy se encuentra construyendo el proyecto Monte Redondo en la Cuarta Región, el que inyectaría 38 MW y estaría operativo en octubre de 2009. Unido a lo anterior, se suma otro parque eólico, Punta Colorada, también en la Cuarta Región y desarrollado por Minera Barrick, el que producirá 20 MW. Además, se encuentran prácticamente listos los estudios para la construcción de un parque de 70 generadores por parte de Ecopower, los que podrían llegar a producir 140 MW en Ancud. En estudios más iniciales, se encuentra el proyecto que la misma empresa desea instalar en La Higuera, con el cual podría generar otros 90 MW (Rivas, 2009). De acuerdo con CNE (2008), para el 2010 se espera contar con al menos 150 MW de capacidad instalada eólica en el sistema interconectado.

11.2.5 Biomasa

Alrededor del 15% de la energía primaria consumida en Chile proviene del uso de leña y residuos madereros. Mientras la primera es utilizada preferentemente a nivel doméstico para calefacción y cocina, los segundos se usan para la generación de electricidad a nivel industrial. Así, esta fuente energética aporta el 47% del consumo final a nivel residencial y el 24% a nivel industrial (Palma, Jiménez y Moraga, 2008). De acuerdo con CNE (2008), aproximadamente el 90% de la calefacción en la zona sur del país proviene de la combustión de la leña, lo que genera un importante dinamismo a las economías locales y campesinas.

Si bien la leña es una fuente energética renovable de gran potencial, su extracción y uso puede conllevar serios impactos ambientales. Por ejemplo, el uso de leña húmeda contribuye a una combustión ineficiente, práctica actualmente responsable de una significativa contaminación atmosférica en diversas localidades del sur de Chile. Además, su extracción en ausencia de planes de manejo es la causa de nefastos impactos sobre el bosque nativo.

De este modo, para que su futura utilización sea sustentable, es necesario regular tanto su extracción como combustión. Actualmente se está elaborando un proyecto de ley que establece la obligatoriedad de certificación tanto de los artefactos que la utilizan, como del combustible en si mismo, especialmente con relación a su porcentaje de humedad. Por su parte, la reciente Ley de Bosque Nativo contempla un sistema de incentivos y regulaciones que permiten el manejo sustentable de los bosques nativos para fines de leña, entre otros (CNE, 2008).

Con respecto al uso de residuos madereros, uno de los sectores que presenta mayor interés es el forestal. Un estudio, cuyo objetivo fue determinar la viabilidad de desarrollar en Chile el potencial de generación de energía a partir de residuos del manejo de la biomasa forestal, indica que el potencial total se acerca a los 470 MW de potencia instalable factible como máximo y 310 MW como mínimo. Este potencial se encuentra concentrado en las Regiones del Maule, del Bio-Bío y de la Araucanía, que son en las que se desarrolla la mayor parte de la industria forestal del país y en donde se concentra la mayor cantidad de superficies de plantaciones forestales. Sin embargo, el estudio también señala que la rentabilidad de esta opción en condiciones de mercado normales no es del todo atractiva, implicado que la mayoría de los interesados en desarrollar esta opción provendrían de empresas del rubro forestal y/o maderero que serían los usuarios directos de la energía generada (Bertran y Morales, 2008).



Un ejemplo de lo anterior corresponde al caso de Arauco, que genera electricidad utilizando como combustibles la biomasa de subproductos forestales, el licor negro y residuos de la industria de la madera y la celulosa (Arauco, 2008). Actualmente se encuentran 6 proyectos de biomasa aprobados por el SEIA, en su mayoría del sector forestal, por un total de 61,1 MW y 150 t/h de vapor de alta presión, tendiente a suministrar energía eléctrica a CMPC y al secado de celulosa de la misma empresa. (E-SEIA, 2009). Sin embargo, empresas como EnergíaVerde, de AES Gener, suministra a terceros energía eléctrica y térmica usando los desechos de sus propios procesos industriales (Energía Verde S.A., 2009).

Otra alternativa de biomasa es el biogás. De hecho, en Chile la planta La Farfana aporta biogás para producir gas de ciudad a partir del tratamiento de aguas servidas provenientes del consumo residencial en Santiago. Esta planta tiene el potencial de aportar hasta el 4% del consumo diario de gas de los hogares capitalinos (CNE, 2008). Existen otros aportes también, como el correspondiente a la empresa Tecnometal, cuyo proyecto busca crear combustible a partir de los desechos orgánicos de las aves. Este proyecto es cofinanciado por CORFO y apoyado por la Universidad de Tarapacá (ProChile, 2009).

11.2.6 Biocombustibles

De acuerdo con Gonçalves (2007), en el norte de Chile existe la posibilidad de producir biodiesel en base a algas, en el centro del país está la posibilidad de producción etanol en base a maíz, y en el sur de biodiesel en base a raps u otras materias primas. Sin embargo, actualmente en Chile no hay una producción ni un uso relevante de biocombustibles, lo que sí está ocurriendo en varios países, tales como Brasil, Estados Unidos, Francia, Suecia y Alemania (CNE, 2008).

El fomento de esta industria llevaría a potenciar al sector agropecuario nacional, incorporando potencialmente vastas zonas del territorio nacional a la generación de combustibles verdes, tanto de primera como de segunda generación, en la cual Chile podría tener ventajas competitivas. En este sentido, las actividades de investigación e innovación tecnológica son fundamentales al momento de desarrollar los biocombustibles en Chile. Por su parte, al Estado le corresponde generar un marco jurídico-legal y de fomento productivo moderno y eficaz, que permita una toma de decisiones apropiadas por parte de los inversionistas y productores nacionales (Ministerio de Agricultura, 2007).

En esta materia se han registrado algunas iniciativas. Por ejemplo, en 2008 se implementó un concurso financiado por CORFO para la conformación de consorcios de investigación en biocombustibles a partir de biomasa forestal. Asimismo, se han realizado estudios sobre el potencial de la biomasa para producción de biocombustibles y se ha organizado, en conjunto con instituciones públicas y privadas, seminarios y talleres especializados en Chile, en los cuales participan expertos de nivel internacional. Un elemento destacable es el seminario sobre la *Jatropha* como biocombustible organizado por la CNE y la Universidad de Chile (CNE, 2008).



Otra iniciativa relevante fue el Segundo Workshop de Ciencia y Tecnología entre Canadá y Chile, realizado en 2008 en Ottawa, en donde se presentaron los avances obtenidos en el proyecto sobre Producción de Biomasa Microalgal para la obtención de Biodiesel en Chile. Esta investigación se orienta a transformar biotecnológicamente la microalga verde *Botry Oococcus Braunii*, la cual puede llegar a tener un 70% de masa para producir Biodiesel. Una de las ventajas de la biomasa microalgal, es que puede duplicarse en 1 a 5 días, dependiendo de la especie. Además se usan terrenos con áreas menores que en cultivos energéticos agrarios como el de la soya (Ecoamérica, 2008b).

Otra actividad paralela el impulso del Ministerio de Agricultura para el cultivo de *Jatropha* para producir biodiésel en Chile. El proyecto, ejecutado por la Universidad de Chile y financiado por el Ministerio a través de la Fundación para la Innovación Agraria (FIA), busca establecer las primeras 9 plantaciones de *Jatropha* nacionales, distribuidas en pequeñas parcelas en las regiones de Atacama, Coquimbo y Metropolitana. La *Jatropha* es una oleaginosa de porte arbustivo que es capaz de combatir la desertificación, sobrevive y crece en las tierras marginales, erosionadas y agotadas, y necesita poca agua para crecer. El proyecto se denomina "Desarrollo y validación del cultivo de *Jatropha* en la zona norte de Chile para la producción de biodiesel" y en él también participan diversas empresas (Ecoamérica, 2009b).

11.2.7 Energía solar

Al comparar la potencia recibida desde el sol en nuestro país con la potencia que es capaz de entregar el sistema de generación de electricidad de Chile, Altbir et al. (2006) indican que mientras este último tiene una potencia de 5,58 GW, la primera corresponde a 166.800 GW a las 9 de la mañana, 500.400 GW a las 12 del día, y a 410.800 a las 3 de la tarde. Así, señalan que la potencia solar total recibida en Chile es muy alta, y que si se pudiera aprovechar una ínfima parte, se solucionarían muchos de los problemas energéticos que ahora tenemos.

Sin embargo, otro estudio indica que el desarrollo de esta fuente energética se ve afectado principalmente por dos factores. Mientras el primero corresponde a límites técnicos asociados a la capacidad de los sistemas de transmisión eléctrica para incorporar energía intermitente sin afectar la calidad y seguridad del suministro eléctrico, el segundo se refiere a que las tecnologías para la conversión de la energía solar a energía eléctrica aún no alcanzan un nivel de costos que las haga competitivas en el país, situación que puede cambiar en un futuro cercano (Departamento de Geofísica de la Universidad de Chile, 2009).

Para ir superando estos inconvenientes, una iniciativa relevante es la creación del Nodo Tecnológico "Fortalecimiento de Redes Tecnológicas y Capacidades del Sector Solar Térmico, como Respuesta a las Necesidades Energéticas de Chile". Impulsado por CORFO y adjudicado a la Corporación de Desarrollo Tecnológico de la Cámara Chilena de la Construcción, este nodo tiene por objetivo fortalecer la transferencia tecnológica a las PYMES de las tecnologías de calentamiento solar para ACS (Agua Calientes Sanitarias) y calefacción, y está conformada por más de 15 actividades diferentes de difusión entre las que se cuentan seminarios, publicaciones, cursos, jornadas técnicas, talleres e



incluso misiones tecnológicas (Yáñez, 2009).

También existen otras iniciativas relevantes por parte del gobierno en esta área. Una es el llamado a concurso en el segundo semestre de 2009 para la instalación de dos plantas piloto de energía solar en el país: una granja solar fotovoltaica de entre 500 KW a 1 MW y una planta de concentración solar de cerca de 10 MW. (CNE, 2009c). Otra se da en el marco del Programa de Electrificación Rural (PER), municipalidades, Gobiernos Regionales y particulares, han instalado sistemas solares para alumbrado y electrificación de viviendas. Entre 1992 y 2000 se han instalado cerca de 2.500 soluciones individuales con sistemas fotovoltaicos, para abastecer de energía eléctrica a viviendas rurales, escuelas y postas (CNE, 2009c). Existen además proyectos ciudadanos en ésta área, como es el caso del Centro Experimental de Energías Renovables impulsado por la Fundación Palma, que estudia la factibilidad de generar electricidad a gran escala a partir del uso de una chimenea solar apoyada en la ladera de una montaña (Fundación Palma, 2009).

Actualmente, se tramitan disposiciones legales que entreguen incentivos para la incorporación a gran escala de colectores solares térmicos en la matriz energética. Se trata de un proyecto de ley que otorga un crédito tributario para viviendas nuevas. Se propone un beneficio para viviendas de hasta 2.000 UF de hasta un 100% de franquicia tributaria, disminuyendo progresivamente el crédito hasta llegar a 0 en viviendas de más de 4.500 UF (CNE, 2008).

11.3 REFLEXIONES

La revisión anterior refleja que en Chile se han implementado diversas iniciativas tendientes a avanzar hacia un desarrollo energético más sustentable, incluyendo la reducción del consumo energético y la promoción de las ERNC. Si bien éstas han sido relevantes y apuntan en la dirección correcta, todavía quedan muchas oportunidades por explotar.

11.3.1 Iniciativas tendientes a reducir el consumo energético

En materia de consumo energético, si bien son muchos los desafíos que enfrenta Chile, a continuación se entregan antecedentes acerca de los relacionados con el PPEE, el sector eléctrico, la construcción y el transporte. Hasta el momento, el PPEE sólo ha establecido objetivos de procesos para sus programas de eficiencia energética. Si bien esto es apropiado para una primera etapa, a medida que se intensifican las metas de los programas y se tiene acceso a indicadores y estadísticas más precisas sobre el consumo energético, el PPEE debe establecer metas cuantitativas que especifiquen la energía que se espera ahorrar en cada uno de ellos (Grupo de Trabajo sobre Energía de APEC, 2009).

Con respecto al sector eléctrico, el Grupo de Trabajo sobre Energía de APEC (2009) recomienda seguir la experiencia internacional e introducir medidas para que las distribuidoras eléctricas promuevan la eficiencia energética en sus usuarios finales. En otras palabras, sugiere implementar regulaciones que desacoplen los ingresos de las distribuidoras eléctricas de sus volúmenes de ventas.



A pesar de los avances revisados en materia de construcción, éstos son básicamente de origen voluntario y financiados por los mandantes, ya que los incentivos económicos por parte del gobierno para acelerar el proceso son escasos. Al parecer, sólo existe un subsidio del Ministerio de Vivienda para el mejoramiento técnico de viviendas sociales que varía entre 100 y 200 UF. No sólo no existen exenciones tributarias que fomenten el ahorro energético en la construcción de edificios y viviendas, sino que en muchas ocasiones estas iniciativas se ven disuadidas económicamente. Por ejemplo, si una construcción instala ventanales con termopaneles, es probable que el permiso municipal sea más caro al considerar que la construcción es de lujo e incluso las contribuciones sean más onerosas (Revista TC, 2008b).

Por su parte, si bien los caminos para avanzar en la reducción del consumo energético en el sector transporte son numerosos y variados, a continuación se resumen algunos de los más importantes destacados por el Grupo de Trabajo sobre Energía de APEC (2009). En términos generales, se debe respaldar robustamente el uso eficiente de la energía en todos los tipos de transporte, incluyendo el transporte público, ferroviario, marítimo, no motorizado y la gestión integrada del transporte y el uso del suelo. Más específicamente, se debe aumentar la intensificación urbana y el desarrollo de infraestructura para respaldar modos de transporte no motorizados, respaldar el desarrollo de combustibles renovables a partir de fuentes sustentables, incentivar el uso del transporte público (a pesar de los problemas encontrados con Transantiago) e introducir modificaciones en los precios de los combustibles de modo que reflejen sus impactos en el medio ambiente y la salud.

11.3.2 Iniciativas para el desarrollo de fuentes energéticas renovables

La información analizada indica que el país ha avanzado positivamente en la promoción de ERNC durante los últimos años, especialmente por medio de modificaciones legales y la introducción de incentivos específicos en materia de estudios. Si bien las modificaciones a la Ley General de Servicios Eléctricos son reconocidas como apuntando en una dirección concordante con el estímulo de las ERNC, no están libres de crítica. Una relativamente corriente señala que los incentivos proporcionados no son lo suficientemente altos como para inducir una penetración profunda de las ERNC, ya que no alcanzan a compensar los altos costos asociados a generar electricidad en base a estas energías (Valencia, 2008). Otra resalta que el monto de las sanciones por incumplimiento de la Ley 20.257 son demasiado bajos como para incentivar el cumplimiento de la obligación, ya que pueden implicar un costo menor que cumplirlas (Moraga, 2008).

11.4 REFERENCIAS

- ACHM, 2009. Alcaldes 100% comprometidos con campaña de ahorro energético. Circuito Municipal 15, 14 - 21 de marzo. Asociación Chilena de Municipalidades (<http://www.munitel.cl/eventos/otros/juridico/informativo/CircuitoMunicipal015.pdf>)
- Altbir, D., Claro, F., Gramsch, E., Domic, H. y Retamal, J. 2006. ¿Cuánta Energía Solar Llega a Nuestro País Diariamente? Departamento de Física, Universidad de



- Santiago de Chile. (<http://solar2008.usach.cl/wp-content/uploads/2008/03/informe.pdf>)
- Anglo American, 2009. Medio Ambiente: Ahorro Energético (<http://www.anglochile.cl/es/medioambiente/ahorro.htm>).
- Araucanía Chile, 2009. Construcción Sustentable Aeropuerto de Temuco. Red Regional de Inversiones de la Araucanía CORFO - Gobierno Regional. http://www.inviertaenaraucania.cl/background/castellano/2007/Construccion_Sustentable_Aerop_Temuco.pdf
- Arauco, 2008. Reporte Anual e Informe de Responsabilidad Social y Ambiental 2008 (<http://www.arauco.cl/pdf/Reporte2008esp.pdf>).
- ASIMET, 2007. ASIMET y PPEE: Firman acuerdo para implementar Eficiencia Energética en la industria metalúrgica y metalmecánica.
- Bertran, J. y Morales, E. 2008. Potencial de Generación de Energía por Residuos del Manejo Forestal en Chile. Comisión Nacional de Energía (CNE), Cooperación técnica alemana, Cooperación Intergubernamental Chile - Alemania. (http://www.cne.cl/cnewww/opencms/11_Accesos_Directos/Accesos/menu_6/)
- Bicultura, 2009. Proyecto de Ley de Fomento del Uso de la Bicicleta y Desarrollo de una Bicultura. Pauta de contenidos marco y principios orientadores (<http://www.bicultura.cl/noticias/bicicletada-aniversario/>).
- Borregaard, N. y Katz, R. 2009. Opciones para la Matriz Energética Eléctrica: Insumos para la Discusión. Fundación Futuro Latinoamericano, Quito. (http://www.ffla.net/images/stories/PDFS/PUBLICACIONES/ffla_energia_chile.pdf)
- Capacidad Instalada de Generación, 2008. CNE. Capacidad Instalada por Sistema Eléctrico Nacional. Sistemas: SING, SIC, Aysén y Magallanes.
- CCHC, 2009. Noticias: Nodo solar comienza a ver la luz.
- Chilecológico, 2008. Incentivos para que los consumidores ahorren energía llegan hasta \$56 por kWh. (<http://www.chilecologico.cl/incentivos-para-que-los-consumidores-ahorren-energia-llegan-hasta-56-por-kwh/205>)
- ChileCompra Informa, 2008. Con el sector público podemos dar el ejemplo. ChileCompra Informa 6 N°3. (<http://foros.chilecompra.cl/mail/informativo/1/n63/Detalles/eficiencia.html>)
- Chilectra, 2009. Eficiencia Energética. Eje Difusión. Colaboración con Programa País de Eficiencia Energética.
- CNE, 2006. Plan Seguridad Energética (PSE). Pág 4. Comisión Nacional de Energía.
- CNE, 2008. Política energética: Nuevos Lineamientos. Transformando la crisis energética en una oportunidad.
- CNE, 2009a. Aprendamos a ahorrar - Guía práctica de la buena energía. Comisión Nacional de Energía, Programa País Eficiencia Energética, Santiago (<http://www.buenaenergia.cl/energia/energia2.pdf>).
- CNE, 2009b. Regulaciones Asociadas a las Concesiones de Energía Geotérmica - Normativas Energías Renovables. (http://www.cne.cl/normativas/f_renovables.html).
- CNE, 2009c. Noticias (www.cne.cl/noticias/electricidad/f_noti22_04_09.html)
- 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)
- CPC, 2008. Comunicado de Prensa. CPC y Ministerio de Energía entregaron Premio Nacional de Eficiencia Energética 2008.



- Departamento de Geofísica de la Universidad de Chile, 2009. Modelación del Recurso Solar y Eólico en el Norte de Chile. Comisión Nacional de Energía (CNE). (http://www.cne.cl/cnewww/export/sites/default/05_Public_Estudios/descargas/ModelacionRecursoSolarEolico.pdf)
- Ecoamérica, 2008a. Gobierno lanza Programa Nacional de Recambio de Ampolletas. Revista Ecoamérica. (<http://www.ecoamerica.cl/sitio/index.php?area=1465>)
- Ecoamérica, 2008b. Desarrollan biocombustible sobre la base de microalgas. Revista Ecoamérica. (<http://www.ecoamerica.cl/sitio/index.php?area=1904>)
- Ecoamérica, 2009a. Ministerio de Minería presenta convocatoria a licitación de 20 concesiones de exploración geotérmica. Revista Ecoamérica. (<http://www.ecoamerica.cl/sitio/index.php?area=2783>)
- Ecoamérica, 2009b. Minagri impulsa proyecto de cultivo de jatropha para producir biodiésel en Chile. Revista Ecoamérica. (<http://www.ecoamerica.cl/sitio/index.php?area=2772>)
- EdelAysen, 2009. Empresa - Historia (www.edelaysen.cl).
- ENAP, 2009. Memoria Anual 2008 Grupo de Empresas ENAP. (www.enap.cl).
- EndesaEco, 2009. Parque Eólico Canela (<http://www.endesa.cl/canela/>).
- ENERGÍA VERDE S.A., 2009. Socio Energético (www.energiaverde.cl).
- E-SEIA, 2009. Sistema de Evaluación e Impacto Ambiental (<https://www.e-seia.cl>).
- Fundación Palma, 2009. Proyectos en proceso. Centro experimental de Energías renovables (www.fundacion.cl)
- Goijberg, N. 2009. Ejemplos en Chile de Construcción Sustentable. (http://normangoijberg.com/edificios_sustentables.html)
- Gonçalves, A. 2007. Biocombustibles Líquidos y su Implementación en Chile: Una Innovación Necesaria. Informe Especial N°176, Instituto Libertad, Santiago. (http://www.institutolibertad.cl/ie_176_biocombustibles.pdf)
- Grupo de Trabajo sobre Energía de APEC, 2009. Revisión de expertos sobre la eficiencia energética en Chile. Borrador del informe final, revisado el 14 de abril 2009. (<http://www.ppee.cl/#>)
- Iglesias, R. 2008. Biomasa, agroenergía, bioenergía, eficiencia energética, ahorro energético: ¿tienen sentido? ODEPA, Ministerio de Agricultura, Santiago. (<http://www.odepa.gob.cl/odepaweb/publicaciones/doc/2106.pdf>)
- INN, 2008. Proyecto INNOVA CORFO: Elaboración de Normas Chilenas sobre Uso Eficiente de la Energía en Sector Industrial y Residencial. Presentación Jefa de División de Normas INN, Leonor Ceruti.
- Ministerio de Agricultura, 2007. Contribución de la Política Agraria al Desarrollo de los Biocombustibles en Chile. Gabinete Ministerial y la Unidad de Bioenergía de la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias, ODEPA, Ministerio de Agricultura. (http://www.odepa.gob.cl/odepaweb/publicaciones/Politica_Agraria_Biocombustibles.pdf)
- Ministerio de Minería, 2008. Ministerio de Minería implementa "Plan de Ahorro Energético Participativo" para sus funcionarios. (<http://www.minmineria.cl/574/article-5724.html>)
- Ministerio de Minería, 2009. Licitación Internacional de Geotermia. Puchuldiza Sur.
- 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, Facultad de Ingeniería, PUC. (<http://www2.ing.puc.cl/power/paperspdf/mohr.pdf>)
- Moraga, P. 2008. El Aporte de las ERNC a la Política Energética Sustentable. Material docente para el Taller "El Marco Jurídico Internacional de la Energía". Escuela de



- Derecho, Universidad de Chile. (https://www.u-cursos.cl/derecho/2009/1/D129T07107/20/material_docente/objeto/217878)
- Palma, R., Jiménez, G. y Moraga, P. 2008. Barreras de Mercado al Fomento de las ERNC. Programa Domeyko Energía, Universidad de Chile. (http://www.derecho.uchile.cl/cda/formulario_jornadas/pdf/PPT/R.Palma.pdf)
- Portilla, P., 2009. Construirán el primer "barrio solar" de Chile en Combarbalá. La Tercera 25/4/09 (http://latercera.com/contenido/680_122364_9.shtml).
- PPEE, 2007. Memoria Programa País de Eficiencia Energética (www.ppee.cl).
- PPEE, 2009a. PPEE y CNDC entregan certificados de proyecto "Transporta con Buena Energía". Noticia 19 de mayo de 2009. Programa País de Eficiencia Energética. (<http://www.ppee.cl/?q=transporte>)
- PPEE, 2009b. Casos de Buenas Prácticas. Caso 5: Aplicación del decreto supremo N°686/1998 (www.ppee.cl).
- Prochile, 2009. Noticias: Empresa Tecnometal desarrolla biodigestión anaeróbica para residuos avícolas
- Revista TC, 2008a. Bial de Arquitectura 2008: Cuatro obras, cuatro empresas y cuatro innovaciones que participaron en la Muestra Nacional de XVI. Noviembre 2008 (<http://www.revistatc.com/?cat=131>).
- Revista TC, 2008b. ¿Edificios sustentables o maquillados de sustentabilidad? Febrero 2008 (<http://www.revistatc.com/?p=1>)
- Revista TC, 2009. Hormigón Celular: Un buen aliado para ahorrar energía y enfrentar mejor los tiempos de crisis. Abril 2009 (<http://www.revistatc.com/?p=1364>).
- Rivas, C., 2009. Puropower. *Revista Capital* 250: 7-9 (<http://www.capital.cl/reportajes-y-entrevistas/verde-un-buen-negocio-9.html>).
- Senado, 2009. Tramitación de Proyectos. Uso, fomento e integración de la bicicleta Boletín N° 6082-15.
- SERNAGEOMIN, 2000. Reglamento Identifica Fuentes Probables de Energía Geotérmica. Decreto N° 142, Ministerio de Minería, 28 de Abril de 2000 (www.sernageomin.cl).
- Valencia, L. 2008. New Scenario of the Non-Conventional Renewable Energies on Chile after the Incentives Created on the "Short Law I". *Renewable Energy* 33: 1429-1434.
- Weller, C., Claro, E. y Blanco H. 2008. Sustainable Public Procurement: Where do we stand in Chile? International Institute for Sustainable Development, Winnipeg. (http://www.iisd.org/pdf/2008/spp_chile.pdf)
- Yáñez, C. 2009. Apertura Nodo Solar 2009. Presentación ofrecida en el "Seminario Inaugural: Energía Solar en Chile". Cámara Chilena de la Construcción, Santiago, 20 de marzo de 2009. (http://www.e-solar.cl/e-solar/uploads/noticias/Apertura_Nodo_Solar_2009_-_Cristian_Yanez.pdf).



12 CHILE Y LA ENERGÍA NUCLEAR

12.1 INTRODUCCIÓN

Aparte de las acciones dirigidas a mejorar la calidad térmica de las viviendas nuevas, revisadas en la sección sobre construcción, en el sector residencial el PPEE se ha concentrado en incrementar la eficiencia de los artefactos domésticos. Una de las principales iniciativas corresponde al Programa Nacional de Recambio de Ampolletas, el que comenzó en marzo de 2008, el que favorece a los hogares pertenecientes al 40% de la población más vulnerable del país. El programa entrega dos ampolletas eficientes por hogar que reemplazan a dos incandescentes o ineficientes y se traduce en un ahorro cercano a los 14 mil pesos anuales en las cuentas de electricidad de los hogares beneficiados (Ecoamérica, 2008a).

En todo desarrollo y uso tecnológico existe una tensión entre los beneficios que reporta y los riesgos que puede generar, y la tecnología nuclear no es la excepción. A partir de la década del 40 han existido una cantidad considerable de graves accidentes nucleares en el ámbito militar, desde el hundimiento de submarinos nucleares rusos y americanos, la caída de varios aviones con bombas nucleares, hasta el accidente ocurrido en 1957 en la planta rusa Mayak de reprocesamiento de plutonio, en donde cientos de miles de personas fueron irradiadas. En el uso civil de la tecnología nuclear y de radioactividad también ha habido una gran cantidad de incidentes, principalmente relacionados con el uso de equipos médicos e industriales.

A pesar de estos antecedentes, en los años sesenta se pensaba que la energía nuclear iba a proveer energía eléctrica gratis para todo el mundo, pensamiento que continuó durante la siguiente década hasta que se produjeron algunos desastres. Los más significativos fueron la fuga radioactiva en la central nuclear Three Mile Island de Pensilvania en 1979 y la catástrofe de la central Chernobyl, cerca de la ciudad de Kiev, en 1986. Estos acontecimientos significaron a la industria nuclear lo mismo que la caída e incendio del Hindenburg en 1937 a la industria de los zeppelines. De este modo, el mundo pasó prácticamente 20 años sin incorporar nuevas centrales nucleares.

Desde una perspectiva técnica, los riesgos asociados a la energía nuclear son muy amplios y se encuentran presente en todo el ciclo de su producción y explotación. No sólo afectan la generación del combustible nuclear y la disposición de los correspondientes residuos, sino que también se hallan en accidentes relacionados con el transporte, las fugas radioactivas y las explosiones de vapores, entre otros. Además, la energía nuclear también presenta riesgos de carácter más político, tales como los provenientes de prácticas terroristas y de la posible confección de bombas atómicas. Estos antecedentes se ven reflejados en el bajo nivel de aprobación con respecto a la incorporación de la energía nuclear en la generación de electricidad, la que en la mayoría de los países es rechazada por aproximadamente dos tercios de la población.



Sin embargo, el panorama no es tan negativo como parece, ya que las bondades de la energía nuclear también son significativas. Dentro de éstas se destacan el bajo precio por kWh, la gran competencia internacional por la oferta del combustible nuclear, la nula emisión de gases efecto invernadero durante la generación eléctrica y el factor de disponibilidad operacional de las centrales nucleares. Aunque el uranio es un recurso no renovable, al igual que los hidrocarburos, hoy en día representa una alternativa económicamente razonable de producción eléctrica para los próximos 80 años (WNA, 2009). De hecho, en la actualidad se están construyendo más de 45 nuevas centrales y hay otras 100 en etapa de tramitación inicial. Si bien China, Rusia e India lideran esta carrera, Europa, los países nórdicos y Estados Unidos han vuelto a incorporar la energía nuclear dentro de sus planes de crecimiento energético (EIA, 2009).

Por su parte, en América Latina Brasil, Argentina y México han desarrollado programas comerciales de energía nuclear a pequeña escala. Brasil comenzó sus actividades en los años cuarenta, intentando desarrollar el ciclo completo del combustible nuclear entre 1950 y 1990. Mientras durante los años cincuenta y sesenta se construyeron reactores de investigación con ayuda estadounidense, en 1971 se empezó a construir el reactor Angra 1 de 650 MW, cuyas obras concluyeron en 1984, y en 1976 comenzó la construcción del reactor Angra 2, la que entró en funcionamiento comercial en 2000. Por su parte, mientras durante los años cincuenta y sesenta Argentina construyó cuatro reactores de investigación, en 1968 inició la construcción de un reactor de agua pesada de 350 MW, el que comenzó a operar comercialmente en 1974. En 1974 Argentina inició la construcción de otra central nuclear de 600 MW, la que concluyó en 1984. Finalmente, entre 1976 y 1995 México construyó dos reactores de 700 MW de potencia (Rothwell, 2008).

12.2 INSTITUCIONALIDAD NACIONAL

La institucionalidad del quehacer nuclear en Chile se centra en la Comisión Chilena de Energía Nuclear, www.cchen.gob.cl, persona jurídica de derecho público y organismo de administración autónoma de Estado con patrimonio propio. Se relaciona con el Supremo Gobierno a través de Ministerio de Minería y es responsable del desarrollo de la ciencia y la tecnología nuclear del país.

La CCHEN tiene como misión institucional realizar investigación, desarrollo y aplicaciones de la energía nuclear, así como su regulación, control y fiscalización, proporcionando servicios tecnológicos y de investigación y desarrollo a sectores externos, tales como Ministerios, Institutos del Estado, Empresas Públicas y Privadas, Universidades y Establecimientos Educativos, tal que impliquen una contribución efectiva al conocimiento en ciencia y tecnología, al bienestar y seguridad de las personas y protección del medio ambiente.

El 14 de septiembre de 1955 se presenta en el Senado nacional un proyecto de ley para la creación de la Comisión Nacional de Energía Atómica, y posteriormente, en 1964, por Decreto Supremo del Ministerio de Economía, se crea la Comisión Nacional de Energía Nuclear, cuyo objetivo fijado por ley es atender los problemas relacionados con la producción, adquisición, transferencia, transporte y uso pacífico de la energía atómica y de los materiales fértiles, fisionables y radioactivos.



Los productos y servicios estratégicos de la comisión son los siguientes:

- Autorizaciones de operación de instalaciones radioactivas.
- Servicios de protección radiológica: dosimetría personal y radiomedicina, metrología de radiaciones ionizantes, certificación radiológica de alimentos y gestión de desechos radioactivos.
- Cursos de capacitación en protección radiológica.
- Producción de radioisótopos y radiofármacos: para su uso en medicina en el tratamiento del cáncer y para el diagnóstico de diversas enfermedades.
- Servicios de irradiación gamma: para la esterilización de productos y la conservación de alimentos.
- Servicios de trazadores radioactivos y análisis de isótopos ambientales.
- Investigación y desarrollo.

La CCHEN regula, fiscaliza y controla a nivel nacional del sector industrial y de salud: 4 instalaciones nucleares, 444 instalaciones radioactivas de primera categoría y 607 operadores.

12.3 ANTECEDENTES SOBRE INICIATIVAS NACIONALES

Si bien en la actualidad Chile no cuenta con centrales nucleares para la generación de electricidad, coincidiendo con el renacimiento internacional esta opción ha despertado significativo interés en el país desde la administración del Presidente Ricardo Lagos. Algunos antecedentes reflejan esta situación. Por ejemplo, en 2004 la Cámara Baja del Congreso aprobó un proyecto de ley relativo a un acuerdo entre Chile y Corea del Sur para cooperación en el uso pacífico de la energía nuclear. En agosto de 2007, la Asociación de Uranio Australiana publicó un documento en donde Chile aparece como uno de los veinte países nucleares emergentes, destacando la existencia de conversaciones entre empresarios de ambos países interesados en construir una central nuclear en Chile. Por su parte, en septiembre del mismo año Japón y Chile mantuvieron conversaciones sobre cooperación técnica en la construcción de plantas nucleares como parte de las negociaciones del Tratado de Libre Comercio entre ambas naciones (Speiser, 2008).

Más concretamente, en 2007 el Gobierno conformó un Grupo de Trabajo en Núcleo-Electricidad para asesorar a la Presidenta de la República en la materia. Conformado por científicos de diversas especialidades, este grupo publicó un informe incluyendo tres conclusiones centrales en esta materia (CNE, 2008):

- Chile debe mantener abiertas todas las opciones energéticas. La energía nuclear no es una opción a descartar y podría cooperar a la seguridad del suministro eléctrico;



- la energía nuclear es una opción confiable, por los niveles de seguridad que ha alcanzado su industria, pero exige preocupación, disciplina y rigor permanentes; y
- la energía nuclear es una opción potencialmente competitiva, especialmente ante los actuales precios de los combustibles fósiles en los mercados internacionales.

Asumiendo las recomendaciones del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) y del Grupo de Trabajo en Núcleo-Electricidad, la Comisión Nacional de Energía (CNE) se encuentra desarrollando estudios que permitan establecer la pertinencia de la utilización de energía nuclear en la generación eléctrica chilena e identificar los requerimientos regulatorios, institucionales, de infraestructura, de formación y tecnológicos correspondientes. La CNE también está desarrollando visitas técnicas a Estados Unidos, Argentina y Brasil, y participando en cursos de formación internacionales para elevar las competencias nacionales en la materia (CNE, 2008).

Hasta el momento se han desarrollado tres estudios específicos. El primero, denominado "Roles del Estado y del Sector Privado en la Generación Núcleo-eléctrica: Experiencia Internacional Aplicable a Chile" y elaborado por el consorcio Universidad Adolfo Ibáñez y SENES de Canadá, con el objetivo de servir como antecedente a Chile en la eventualidad que se emprenda el desarrollo de un programa núcleo-eléctrico de largo plazo, presenta una visión global de la experiencia internacional respecto a la participación del Estado y del Sector Privado en estos sistemas.

El segundo estudio desarrollado, titulado "Marco Regulador Nuclear: Experiencia Internacional" y elaborado por STUK-Radiation and Nuclear Safety de Finlandia, presenta una visión global de la experiencia internacional relacionada con los marcos reguladores nucleares vigentes para la generación núcleo-eléctrica.

El tercer estudio desarrollado, denominado "Estudio de Opciones de Ciclo de Combustible Nuclear" y elaborado por el consorcio chileno-británico AMEC-CADE, analiza los ciclos de combustibles nucleares y las tendencias e iniciativas que para el desarrollo de ellos hay en el mundo, e identifica las oportunidades, desafíos y riesgos para Chile que plantean las diferentes opciones de ciclos de combustible nuclear en la implementación y operación sustentable de un eventual programa núcleo-eléctrico chileno en sus aspectos tecnológicos, económicos, comerciales, ambientales e internacionales.

Por su parte, actualmente están en desarrollo cinco estudios específicos. El primero, sobre los impactos y riesgos de la generación núcleo-eléctrica y asignado a la empresa de origen ruso Corporación Nuclear Eléctrica Chile S.A., tiene como objetivo establecer desde las perspectivas económica, social y ambiental los beneficios, costos y riesgos que pueda tener un eventual desarrollo núcleo-eléctrico en Chile en comparación con otras opciones de generación eléctrica.

El segundo estudio en desarrollo, acerca de la elaboración de un programa de comunicaciones para avanzar a una toma de decisión informada y participativa sobre el desarrollo de infraestructura nuclear y asignado a Tironi y Asociados S.A., identifica las preocupaciones de los ciudadanos sobre el tema nuclear, analiza cómo éstas se construyen, y propone lineamientos sobre la selección de información pertinente para responder estas preocupaciones y las formas de entrega de ella.



El tercer estudio en desarrollo, sobre la caracterización de riesgos naturales para el desarrollo de un programa núcleo-eléctrico en Chile y asignado al Departamento de Geología de la Universidad de Chile, tiene como objetivo identificar, caracterizar y analizar los principales riesgos naturales para una instalación nuclear de potencia en Chile, a partir de las condiciones particulares del país y de la experiencia internacional.

El cuarto estudio en desarrollo, denominado "Análisis y Propuesta de Regulación Núcleo-Eléctrica" y asignado a Systep Ingeniería y Diseños S.A., analiza las barreras regulatorias actuales y potenciales que presenta el sector eléctrico ante el ingreso de una unidad nuclear.

Finalmente, el quinto estudio en desarrollo, titulado "Requerimientos de Adecuaciones del Marco Legal ante la Eventual Incorporación de la Energía Nuclear de Potencia" y en proceso de adjudicación, persigue contar con un análisis jurídico que sintetice la forma de abordar los puntos críticos que ante el eventual ingreso de la energía nuclear implicaría en el contexto de la legislación chilena vigente, identificando para ello, las alternativas existentes en el derecho comparado, en proceso de licitación.

12.4 ASPECTOS QUE IMPULSAN LA INTRODUCCIÓN DE LA ENERGÍA NUCLEAR

12.4.1 Diversificación para mitigar los riesgos

No caben dudas que en diez años más el país requerirá de una potencia eléctrica cercana al doble de la capacidad instalada en la actualidad. Sin embargo, la matriz eléctrica actual presenta un bajo nivel de diversificación, ya que aproximadamente el 40 por ciento proviene de generación hidroeléctrica y el resto básicamente de generación térmica a carbón, fuel, diesel y gas. Esta concentración conlleva una serie de riesgos para la seguridad del sector eléctrico de Chile, destacándose los asociados a los precios de los insumos básicos, a la disponibilidad y al comportamiento del clima, principalmente de la hidrología. Así, desde un punto de vista netamente de seguridad energética, este mercado requiere urgentemente de otros tipos de generación que permitan una mayor diversificación. De este modo, la incorporación de la energía nuclear se presenta como una alternativa válida para diversificar la matriz eléctrica nacional.

12.4.2 Abundancia y almacenamiento del combustible nuclear

Existen reservas mundiales de uranio en más de veinte países, siendo las más importantes las ubicadas en Australia, Kazajistán y Rusia, estimándose que podrían cubrir la demanda global por al menos 80 años. Incluso Chile posee yacimientos de uranio que actualmente no se explotan.



Dado que el costo del uranio en la generación nuclear representa alrededor del 5 por ciento del costo final de la electricidad, un alza en su precio afecta marginalmente al precio final de la electricidad generada. Una característica adicional del uranio es su facilidad de almacenamiento, ya que el consumo de una planta nuclear de 1000 MW en un año es aproximadamente 8m³ de uranio, volumen significativamente menor al resto de los combustibles. Por ejemplo, la cantidad necesaria para alimentar una planta de carbón de igual tamaño es de 2,3 millones de m³ (GTN, 2007).

12.4.3 Aspectos económicos

Si bien los costos de inversión asociados a la construcción de centrales nucleares son bastante más altos que los requeridos por centrales alternativas tanto térmicas como hídricas, los costos marginales en la operación de plantas nucleares son bajos en comparación con el resto de los combustibles. Sólo las formas de generación que no necesitan combustible, como la hidroelectricidad o la eólica, pueden presentar costos marginales menores. Por su parte, los costos de producción promedio han experimentado rebajas considerables desde mediados de los años 80. Por ejemplo, en Estados Unidos los costos de producción promedio llegaron a 1,72 centavos de dólar por kWh en 2003, siendo más bajos que cualquier otra tecnología de generación en dicho país (GTN, 2007).

12.4.4 Calentamiento global

Uno de los impactos ambientales más significativos derivados de la generación eléctrica es la producción de gases efecto invernadero y su efecto sobre el calentamiento global de la biósfera. Tanto la núcleo electricidad como la hidroelectricidad y las energías renovables tienen ventajas respecto al carbón, el petróleo y el gas, siendo éstos grandes contribuidores de CO₂ y otros gases de efecto invernadero. Así, en comparación con las otras formas dominantes de generación eléctrica (petróleo, carbón y gas), existe un fuerte consenso respecto al carácter limpio de la energía nuclear en materia de calentamiento global (GTN, 2007).

12.5 ASPECTOS QUE DIFICULTAN LA INTRODUCCIÓN DE LA ENERGÍA NUCLEAR

12.5.1 El mercado del uranio

El mercado del uranio es altamente controlado por las grandes potencias y deben salvarse una serie de barreras políticas y técnicas para disponer de dichos productos. Los países que enriquecen uranio en forma comercial son Alemania, China, Estados Unidos, Francia, Holanda, Inglaterra, Japón y Rusia. A esta lista se agregan otros que también fabrican combustible nuclear sin enriquecerlo, como Bélgica, Corea del Sur, España, India, Suecia y Taiwán. Existen otros países, que fuera de las regulaciones internacionales, aspiran a dominar el ciclo completo de fabricación, desde el enriquecimiento hasta el reproceso del combustible quemado (GTN, 2007).



12.5.2 Accidentes y terrorismo

Al igual que con el resto de las fuentes para la generación de electricidad, la operación de plantas nucleares presenta diversos riesgos para los humanos y el medio ambiente, los que pueden agruparse en accidentes y terrorismo. En el caso de los accidentes, en donde el riesgo principal corresponde a la posibilidad de una liberación incontrolada de material radioactivo, si bien éstos tienen una probabilidad de ocurrencia muy baja, pueden tener efectos sobre el medio ambiente y la salud catastróficos (Borregaard y Katz, 2009). Con respecto al terrorismo, debido a las fatales consecuencias asociadas a la liberación incontrolada de material radioactivo, las plantas nucleares constituyen objetivos evidentes para grupos extremistas interesados en causar daño a la población de un país (Taylor, 2007).

12.5.3 Residuos nucleares

Desde la extracción del uranio natural hasta el término de su vida útil, se generan residuos radiactivos que mal manejados generan un impacto negativo sobre la vida humana y el medio ambiente. A pesar de que algunos de estos residuos permanecen radioactivos por enormes períodos de tiempo, lo que implica que deben ser aislados de la biosfera por miles de años (Bae, 2005), actualmente no existe una solución que garantice la una disposición efectiva y segura a perpetuidad de estos residuos (Rogers, 2009). De hecho, en ausencia de una solución efectiva para su disposición, en la mayoría de los casos estos residuos son almacenados en los mismos sitios en que son generados a la espera de una alternativa para su disposición estable y segura a largo plazo (Rogers, 2009).

Por su parte, si bien entre los expertos existe consenso general en torno a que la encapsulación y el depósito de los residuos nucleares en repositorios geológicos profundos es una alternativa confiable, en la práctica esta forma de manejo enfrenta obstáculos institucionales muy significativos, a los que se suma la creciente oposición pública a hospedar un repositorio nuclear cerca de donde viven (Adamantiades y Kessides, 2009). Así, los desafíos asociados a la gestión de los residuos nucleares no sólo corresponden a uno de los principales impedimentos para la expansión de la energía nuclear en el mundo.

12.5.4 Riesgo sísmico

Dado que Chile es uno de los países más sísmicos del planeta, es inevitable cuestionar la pertinencia de instalar una central nuclear en su territorio. Si bien existen reactores nucleares en otras regiones del mundo con una alta frecuencia de terremotos, como en California, aspectos asociados a la insuficiencia nacional de información sismológica científica y de capacidades humanas científicas y técnicas dificultan la tarea en esta materia. A pesar de las anteriores limitaciones, de acuerdo con GTN (2007) existen en Chile la tecnología y la capacidad profesional necesaria para suponer que el riesgo sísmico asociado a la localización de un reactor nuclear en el país puede ser controlado con soluciones tecnológicas actualmente disponibles, siempre y cuando éstas estén basadas en estudios detallados de geología y de mecánica de suelos.



12.6 CONCLUSIONES

¿Cómo debe abordar Chile el renacimiento de la energía nuclear? Si bien la respuesta no es simple, no caben dudas que ésta debe ser coherente con una estrategia de desarrollo energético a largo plazo. Si bien actualmente las energías renovables no convencionales están en una etapa de desarrollo con precios y tecnologías no del todo competitivas, no parece insensato asumir que durante las próximas cinco décadas irán aumentando su participación en la matriz energética nacional y que a partir de entonces la producción de energía requerida por los diversos sectores va a provenir casi completamente de recursos renovables. En este sentido, se estima que las energías más relevantes serán la eólica, la solar, la geotérmica, la mareomotriz, la bioenergía y, dado un contexto de generación más distribuida, las pequeñas centrales hídricas.

En función de lo anterior, es preciso desarrollar una estrategia puente hasta el año 2060 que sea económicamente eficiente, amigable con el medio ambiente y que considere como la primera y más rentable fuente de energía a la eficiencia energética. En función de este contexto, y en consideración de los requerimientos de diversificación y seguridad energética, la energía nuclear aparece como una alternativa que permite enfrentar este período de transición. Debido a que la minería va a ser el sector industrial de mayor crecimiento energético y en el norte del país es donde más posibilidades existen de encontrar locaciones de menor impacto ambiental y menor riesgo nuclear, este sector del territorio nacional se vislumbra como la opción lógica para la localización de una central nuclear.

Si Chile decide tomar la ruta nuclear, será necesario avanzar decididamente en dos frentes. En primer lugar, dado los tiempos de estudio y construcción de las centrales nucleares, el 2010 es prácticamente el último año para iniciar un proceso de este tipo. En caso contrario, el horizonte de tiempo nos deja en la coyuntura de resolver el problema energético con centrales cuyo período de instalación y puesta en marcha sea menor y se rentabilicen en menos años. Así, no parece razonable iniciar estudios de centrales nucleares más allá del 2015, dado que éstas entrarían en operación definitiva en 2035 o 2040, fechas en donde seguramente la innovación tecnológica habrá hecho económicamente competitivas a la mayoría de las energías renovables.

En segundo lugar, el Estado deberá aumentar significativamente las capacidades básicas en materia de infraestructura e institucionalidad. Desde una perspectiva global, la generación de energía nuclear requiere un rol activo del Estado, principalmente debido a que ésta está internacionalmente regulada por el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). En este contexto, dado que Chile deberá demostrar a la comunidad internacional que posee la capacidad necesaria para la gestión de la energía nuclear, el país deberá implementar una institucionalidad técnica y regulatoria de alto nivel. Es probable que estos requerimientos correspondan al obstáculo más difícil de salvar en el camino hacia la energía nuclear (Borregaard y Katz, 2009). En este sentido, parece razonable que uno de los primeros pasos en materia institucional sea que la CCHEN se integre bajo el alero de la CNE y no del Ministerio de Minería, como ocurre en la actualidad.



12.7 REFERENCIAS

- Adamantiades, A. y Kessides, I. 2009. Nuclear power for sustainable development: Current status and future prospects. *Energy Policy* doi:10.1016/j.enpol.2009.07.052.
- Bae, Y. 2005. Environmental security in East Asia: The case of radioactive waste management. *Asian Perspective* 29 (2): 73 - 97.
- Borregaard, N. y Katz, R. 2009. Opciones para la Matriz Energética Eléctrica: Insumos para la Discusión. Fundación Futuro Latinoamericano, Quito.
- CNE, 2008. Política Energética: Nuevos Lineamientos. Transformando la Crisis Energética en una Oportunidad. Comisión Nacional de Energía, Santiago.
- EIA, 2009. International Energy Outlook 2009. DOE/EIA-0484(2009). Energy Information Administration, Office of Integrated Analysis and Forecasting, U.S. Department of Energy. Washington, DC.
- GTN, 2007. La Opción Núcleo-Eléctrica en Chile. Grupo de Trabajo en Núcleo- Electricidad. Comisión Chilena de Energía Nuclear, Santiago.
- Rogers, K. A. 2009. Fire in the hole: A review of national spent nuclear fuel disposal policy. *Progress in Nuclear Energy* 51: 281 - 289.
- Rothwell, G. 2008. ¿Energía nuclear en Chile? Los costos y beneficios de la opción de construir una central nuclear en 2020. *Estudios Públicos* 112: 5 - 30.
- Speiser, R. 2008. Energy Security and Chile: Policy Options for Sustainable Growth. Boston University.
- Taylor, G. 2007. Nuclear energy and global sustainability. *Social Alternatives* 26 (2): 12 - 17.
- WNA, 2008. Information Papers. World Nuclear Association. (<http://world-nuclear.org/info/default.aspx>)



13 RECOMENDACIONES PARA UN FUTURO ENERGETICO SUSTENTABLE

13.1 INTRODUCCIÓN

Este capítulo resume las recomendaciones contenidas a lo largo de este estudio y propuestas por el Centro de Energía y Desarrollo Sustentable de la Universidad Diego Portales al Congreso Nacional, para construir un desarrollo energético sustentable en Chile. Ellas abarcan algunas acciones que requieren ley y otras que son decisión privativa del Ejecutivo. No obstante, se optó por incluirlas todas, reflejando de este modo la visión global que primó en el estudio del problema.

Para facilitar el análisis se optó por desagregar las propuestas en áreas de política y en horizontes temporales. Evidentemente, como toda propuesta, su estructura y contenido pueden ser sometidos a discusión, pero lo importante es que marcan un punto de partida para el debate que debe surgir en torno a este tema.

Asimismo, dado que no era su objetivo, este estudio no tuvo la pretensión de proponer una nueva política energética, sino que buscó plantear criterios, lineamientos y acciones necesarias para avanzar en la construcción de un desarrollo energético sustentable para el país.

Para lograr este propósito, y contextualizar el origen de las recomendaciones de políticas desarrolladas en este capítulo, mientras la próxima sección entrega una mirada sintética de los principales desafíos energéticos que debe abordar Chile durante las próximas décadas, la siguiente define algunos criterios y principios que guían las recomendaciones de políticas. Luego se detallan una serie de recomendaciones generales tendientes a alimentar la construcción de políticas para un futuro energéticamente sustentable. El capítulo termina con la descripción de cuatro recomendaciones que requieren de modificaciones a la legislación y que presentan un nivel de desarrollo mayor que el resto de las sugerencias.

13.2 PRINCIPALES DESAFÍOS ENERGETICOS DE CHILE

Durante los últimos años el consumo energético de Chile ha experimentado un importante crecimiento, particularmente en el sector eléctrico. De hecho, durante la última década el consumo energético total creció a una tasa del 2,8 por ciento anual, pero el consumo eléctrico lo hizo a un ritmo del 6,0 por ciento, acorde a la cifras de la propia Comisión Nacional de Energía (CNE).

Actualmente, además el consumo energético nacional es abastecido principalmente con combustibles fósiles. El petróleo representa el 41 por ciento del consumo primario, el gas natural el 16 por ciento y el carbón otro 16 por ciento. En consecuencia, los



hidrocarburos equivalen al 73 por ciento del consumo primario, la leña al 19 por ciento y la hidroelectricidad al 8 por ciento⁹⁰.

Dado el agotamiento de los recursos fósiles nacionales, el país además ha aumentado las importaciones de petróleo, gas natural y carbón considerablemente, en los años recientes.

En porcentajes, en 2007 Chile importó un 68 por ciento de la energía que consumió, pero al analizar la dependencia externa en función de los tipos de energía, se observa que casi la totalidad del petróleo y el carbón fue importado, mientras que un 61 por ciento del gas natural tuvo esa condición. Sólo la hidroelectricidad y la leña fueron abastecidas domésticamente⁹¹.

Proyectando el consumo de energía de Chile al año 2030, en base a los patrones actuales, se estima que éste crecerá a una tasa cercana al 5,4 por ciento anual, según se presenta en el informe entregado a la Biblioteca del Congreso Nacional. Las fuentes energéticas más relevantes serán en ese horizonte el petróleo y sus derivados, la electricidad y la leña.

Mientras en 2007 éstas tres fuentes de energía representaron un 69 por ciento del consumo total, se espera que en 2030 equivalgan a un 78 por ciento. A su vez, se estima que mientras el consumo relativo del petróleo y sus derivados tendería a aumentar, el consumo relativo de electricidad y leña disminuiría⁹².

En otras palabras, se espera que al año 2030 Chile será aún más dependiente de fuentes energéticas fósiles importadas que en la actualidad, si no adopta cambios en sus políticas.

Si bien se proyecta que el año 2030 el abastecimiento global de combustibles fósiles no debería ser mayormente afectado, la literatura internacional plantea que a partir de entonces la competencia mundial por acceder a su suministro experimentará un alza considerable, que implicará riesgos para la seguridad energética.

No sólo se espera que el precio internacional de los combustibles fósiles se incremente significativamente a mediano y largo plazo, sino que también retrocedan sus reservas, especialmente para el petróleo y el gas natural.

De hecho, se estima que mientras las reservas globales de petróleo alcanzarían para satisfacer la demanda global de las próximas cuatro décadas, las de gas natural permitirían cubrir los requerimientos de los próximos sesenta años⁹³. De este modo, la gran mayoría de los países se verán obligados a reestructurar sus sistemas energéticos, favoreciendo el impulso de opciones no convencionales y especialmente de energías alternativas.

⁹⁰ CNE, 2008. Política Energética: Nuevos Lineamientos. Transformando la Crisis Energética en una Oportunidad. Comisión Nacional de Energía, Santiago.

⁹¹ Ídem.

⁹² Ídem.

⁹³ Hayward, T. 2009. Global Challenges: Latin American Opportunities. Presentación ofrecida en la conferencia "18th Annual Latin American Energy Conference", Institute of the Americas, La Jolla, California, 12-13 de mayo 2009.



Chile debe abordar estos desafíos, que no tienen una respuesta simple, con una estrategia que priorice enfáticamente el desarrollo de fuentes renovables no convencionales domésticas.

La orientación exportadora de nuestra economía y la creciente necesidad de competitividad robustecen la urgencia de avanzar en esta línea, principalmente debido al progresivo aumento que habrá de los requerimientos ambientales en los mercados globales.

De hecho, y a pesar de que hoy Chile no enfrenta metas de reducción de gases efecto invernadero (GEI), el virtual ingreso del país a la OCDE reforzará esta estrategia, la que probablemente implicará asumir compromisos en esta materia. Adicionalmente, es probable que los acuerdos post Kioto 2012 también deriven en un mayor compromiso en este sentido para los países de mayor desarrollo.

Todo lo anterior afectará también al alza durante las próximas dos décadas la presencia de las energías renovables no convencionales en la matriz energética nacional, debido a que a partir de entonces la producción de energía requerida por los diversos sectores provendrá en gran medida de ellas.

Dado que la consecución de todos estos propósitos es a largo plazo, es preciso desarrollar una estrategia de transición energética hasta el año 2030 basada en cuatro fines cruciales: i) Alcanzar un abastecimiento seguro, ii) preparar a Chile para los desafíos posteriores, iii) hacer más eficientes los procesos asociados a la producción, transformación, transporte y consumo de energía, y iv) ser líderes regionales en producción de ERNC.

Lograr lo anterior, empero, requerirá de un esfuerzo amplio que abarca desde reformas y modernizaciones institucionales y regulatorias hasta iniciativas de desarrollo tecnológico, entre muchas otras.

13.3 CRITERIOS Y PRINCIPIOS

La política energética para las próximas décadas debe producir cambios importantes en los énfasis, preocupaciones y exigencias transversales que el desarrollo del país impone al sector. Su fin debe ser apoyar la consolidación de Chile como una nación de desarrollo medio, con avances equilibrados de las dimensiones políticas, sociales, económicas, interculturales, tecnológicas, institucionales y de seguridad.

Lo anterior supone como un paso clave la definición de criterios y principios orientadores de toda la acción pública y privada que estructuren de manera integral los esfuerzos futuros. A saber, éstos debieran ser los siguientes:

- Promoción de la seguridad interna y externa en el suministro de energía;
- Preeminencia del Estado en la jerarquización de políticas, estrategias e iniciativas;



- Incorporación de criterios de desarrollo democrático y participación ciudadana en la construcción y despliegue de la política energética;
- Equidad social y territorial en el acceso a energías sustentables, eficientes, limpias y de menor costo;
- Protección ambiental y ecosistémica estratégica en el desarrollo de las políticas, programas e inversiones sectoriales energéticas;
- Eficiencia en el uso de los recursos energéticos que desacople la curva de crecimiento de la economía de la curva de demanda de energía; y
- Transversalidad de la política energética, enfatizando los temas de ordenamiento territorial, desarrollo urbano, transporte y medio ambiente.

13.4 RECOMENDACIONES GENERALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE POLÍTICAS PÚBLICAS EN CHILE

Dadas las consideraciones generales y específicas descritas hasta ahora, todos los esfuerzos que se desplieguen deben ordenarse estratégicamente en torno a la construcción de una política de transición para la consolidación futura de un desarrollo energético sustentable.

Bajo este marco general, deben subsumirse una serie de políticas e iniciativas más específicas referidas a desafíos de modernización institucional, seguridad energética, fomento de capacidades tecnológicas, ordenamiento territorial, impulso de las ERNC, sustentabilidad ambiental, transporte, acceso a la energía, eficiencia energética y energía nuclear.

A continuación se detallan recomendaciones de políticas e iniciativas para cada una de estas áreas, con horizontes temporales separados y, en algunos casos, con consideraciones territoriales y administrativas, si corresponden.

13.4.1 Modernización institucional

Las recomendaciones contenidas en este capítulo constituyen preocupaciones, lineamientos o iniciativas que se han considerado necesarias para avanzar en la construcción de un desarrollo energético sustentable. Dado que no persiguen una transformación radical de la política energética nacional, no están estructuradas con esa ambición.

Pese a estos resguardos, es posible plantear que el logro de un desarrollo energético sustentable sólo será posible si se acometen reformas y modernizaciones institucionales que, acompañadas de las actualizaciones regulatorias y legales respectivas, permitan crear un marco jurídico e institucional que no sólo promueva la inversión energética.



Este esfuerzo también debe fomentar la participación ciudadana, mejorar la equidad en el acceso físico y económico, estimular el desarrollo de ERNC, fomentar la eficiencia energética y otorgar viabilidad jurídica a un desarrollo energético sustentable (ONU, 2006), aspectos que podrían encontrar limitantes en la actual situación institucional y normativa (Kausel, 2006).

Así, el objetivo de una modernización institucional y regulatoria es dotar al país de un marco jurídico que soporte de forma armónica las transformaciones que el sector energético requiere para apoyar el desarrollo país.

Para lograr este propósito, los objetivos en esta materia son los siguientes: a) reformar y modernizar la institucionalidad energética y ambiental del país para que pueda responder a los desafíos enunciados, b) modificar el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) para que permita un enfoque ecosistémico en la aprobación de proyectos energéticos y c) introducir la obligatoriedad de la Evaluación Ambiental Estratégica para las políticas e iniciativas energéticas impulsadas por el Estado.

Sin embargo, una gestión político técnica adecuada de este desafío requiere distinguir entre aspectos que son de corto y mediano o largo plazo, permitiendo establecer jerarquías temporales en los esfuerzos de las autoridades. Como en toda propuesta de esta naturaleza, si bien se trata por cierto de un esquema a debatir, al menos establece un punto de partida.

Desde esta perspectiva, algunas iniciativas o temas a resolver en el corto plazo son los siguientes:

- Iniciar el debate y la posterior aprobación de una Ley Marco de Eficiencia Energética.
- Introducir modificaciones legales en el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) para que el Estado puedan influir en las decisiones sobre la ubicación de grandes proyectos de generación energética.
- Asignar la responsabilidad de gestión de la Agencia Chilena de Eficiencia Energética (ACHEE) al control del sector público tal como lo ha recomendado de manera categórica el informe realizado por la APEC (Grupo de Trabajo sobre Energía de APEC, 2009).
- Incorporar a un agente del Gobierno en el Directorio del Centro de Despacho Económico de Carga (CDEC) y evaluar la posibilidad de incorporar a un representante de los ciudadanos en esa misma institución.
- Incorporar una evaluación social de los proyectos energéticos para determinar la viabilidad del uso territorial y marítimo, en el caso de megaproyectos.

Por su parte, en una agenda de mediano y largo plazo se recomienda lo siguiente:

- Exigir una Evaluación Ambiental Estratégica (EAE) a las políticas del futuro Ministerio de Energía.



- Dejar la EAE en manos de un ente independiente del Ministerio del cual emana la política a ser evaluada.⁹⁴
- Introducir la figura de un Defensor Ciudadano en temas de energía.
- Considerar que Chile sea parte de la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA).
- Fortalecer la coordinación entre las agencias gubernamentales con fondos con fines energéticos, tales como CORFO y CONICYT, con el futuro Ministerio de Energía.
- Evaluar si los futuros ministerios de Medio Ambiente y Energía debieran ser integrados y convertirse en el Ministerio de Energía y Medio Ambiente.

13.4.2 Seguridad energética

La seguridad energética no sólo debe entenderse en función de la estabilidad en el suministro que abastece la matriz energética nacional, sino también en virtud de si esas energías están acordes a las demandas globales, en temas como eficiencia, sustentabilidad y huella de carbono, entre otras.

En este sentido, no es recomendable desarrollar una matriz futura que quizás genere la energía que el país necesita, pero que mantenga o introduzca riesgos para su desarrollo, principalmente en función de las exigencias que probablemente surgirán en este campo en materia de sustentabilidad y emisiones de CO₂. Por ello, el objetivo central de la seguridad energética debe ser reducir los riesgos en el abastecimiento de energía de manera eficiente, limpia y sustentable (Hughes, 2009).

Así, los objetivos en esta materia son los siguientes: a) diversificar la matriz energética con una presencia creciente de ERNC y descendente de combustibles fósiles importados, b) mejorar la disponibilidad ante eventuales restricciones de corto plazo, a través, por ejemplo, del desarrollo de iniciativas de interconexión eléctrica con países vecinos acotadas a la compraventa de excedentes de energía (Revista EI, 2009), c) impulsar un uso eficiente de la energía a nivel de usuarios industriales, comerciales y residenciales, y en el diseño urbano y el transporte, y d) preparar a todo el sistema energético para responder a mayores niveles de aceptabilidad ambiental, especialmente en materias como las emisiones de CO₂, PM₁₀ y PM_{2,5}, y la protección de los servicios ecosistémicos.

Desde esta perspectiva, algunas iniciativas o temas a resolver en el corto plazo son los siguientes:

- Impulsar un plan de diversificación de la matriz energética (ver apartado 10.3.5).

⁹⁴ Esta recomendación surge de la lectura del proyecto de creación del Ministerio del Medio Ambiente, del Servicio de Evaluación Ambiental y de la Superintendencia del Medio Ambiente, del cual se desprende que la EAE quedaría en manos del mismo órgano ejecutivo de donde emana la política (véase artículo tercero número 3 del Proyecto de Ley).



- Promover el desarrollo de ERNC y el uso de biodiesel (ver apartado 10.3.5).
- Crear un programa de repotenciación de centrales hidroeléctricas para evitar pérdidas por obsolescencia.
- Implementar una red regional de acopio de leña seca menos contaminante.
- Concluir la evaluación, a cargo de PNUD, acerca de la factibilidad de interconexión eléctrica con Bolivia, Perú, Ecuador y Colombia, en un esquema de compraventa de excedentes.

Por su parte, en una agenda de mediano y largo plazo se recomienda lo siguiente:

- Evaluar la factibilidad de interconexión eléctrica con Argentina, acotada a la compraventa de excedentes, como una opción más de respaldo ante problemas de suministro de corto plazo.
- Integrar la opinión del sector Defensa Nacional en la evaluación de riesgos estratégicos de los acuerdos que se estructuren, especialmente con países vecinos.
- Evaluar la unificación de los sistemas interconectados del norte grande (SING) y central (SIC).
- Impulsar un uso eficiente de la energía (ver apartado 10.3.9).

13.4.3 Fomento de capacidades tecnológicas

La sustentabilidad del desarrollo energético chileno también está vinculada a la capacidad que tenga el país para desarrollar una política de investigación y desarrollo en relación a las ERNC.

En este sentido, un esfuerzo principal ha de ser la formación de núcleos tecnológicos que puedan sostener y profundizar las ventajas comparativas que posee Chile en términos de fuentes energéticas no convencionales. Ello implica definir en qué sectores se desea ser líder tecnológico y en cuáles no, previamente.

La posibilidad real de elevar la inversión en Investigación y Desarrollo (I+D) a niveles cercanos al 3% del PIB hacia 2025 abre un espacio de viabilidad fiscal para la implementación de una política de fomento de capacidades tecnológicas nacionales (CNIC, 2006), que debiese contener objetivos e iniciativas estructurantes claros para el sector energético (CONICYT, 2007).

De este modo, el objetivo central de una política en esta materia debe ser desarrollar, preferentemente en regiones, núcleos integrados entre universidades y empresas para el desarrollo de tecnologías asociadas al uso de energías renovables no convencionales, como las solar, geotérmica, mareomotriz, eólica y de biodiesel.



La consecución de este objetivo, si bien demanda una variedad de esfuerzos, sólo será posible si coinciden paralelamente tres iniciativas: a) la organización de un programa de formación de núcleos tecnológicos, b) la creación de un fondo público-privado para el desarrollo de iniciativas y c) una profundización del mercado de las ERNC, desde la línea de generación de proyectos hasta la de comercialización.

Desde esta perspectiva, algunas iniciativas o temas a resolver en el corto plazo son los siguientes:

- Implementar un programa de formación de núcleos tecnológicos con énfasis regional, que: i) eleve la formación doctoral y postdoctoral, pero asociándola más directamente al sector productivo, ii) financie el desarrollo de innovaciones tecnológicas, y iii) atraiga investigación proveniente del exterior.
- Crear una red para la difusión de las investigaciones e innovaciones.
- Establecer incentivos y eliminar barreras económicas para el desarrollo de las ERNC, de forma tal que el desarrollo tecnológico esté acompañado de un desarrollo de mercado (ver apartado 10.3.5).
- Evaluar estímulos tributarios a los gastos en I+D para el fomento de ERNC.

13.4.4 Planificación y ordenamiento territorial

Una de las mayores deficiencias del país corresponde a que no dispone de una política o legislación de planificación y ordenamiento territorial global que otorgue un marco jurídico político intersectorial a las normas existentes relativas a vivienda, urbanismo, industrialización y medioambiente (Cubillos, 1999). Esta carencia también impide resolver adecuadamente las disputas que las distintas actividades humanas generan por el uso del territorio (Vergara, 2008) y sus recursos, tales como los cursos fluviales, el mar, las cuencas o los bosques (Iturriaga, 2002).

Mientras se aguarda que este tema sea resuelto por los poderes Ejecutivo y Judicial, es necesario, sin embargo, avanzar en la solución de algunos conflictos que esta carencia genera y que entran la posibilidad de transitar a la construcción de un desarrollo energético sustentable.

Por lo tanto, el objetivo de la planificación y ordenamiento territorial, bajo estas restricciones, supone articular una propuesta de corto plazo que permita resolver las tensiones más urgentes que impiden el desarrollo energético nacional.

Así, las iniciativas en esta materia deben apuntar a: a) diseñar e implementar una Ley Marco para el Ordenamiento Territorial, b) incorporar criterios de eficiencia energética en la planificación urbana y c) generar sistemas, valoraciones y criterios, en un contexto de sustentabilidad, que permitan dirimir entre intereses contrapuestos que ejercen presión sobre el mismo territorio o espacio.



Desde esta perspectiva, algunas iniciativas o temas a resolver en el corto plazo son los siguientes:

- Establecer, en una “ley corta”, a la espera de una futura Ley Marco de Ordenamiento Territorial, la preeminencia del uso de suelos para energía en las zonas aledañas a las líneas de transmisión de los sistemas eléctricos.
- Determinar sitios prioritarios para el desarrollo de ERNC.
- Por su parte, en una agenda de mediano y largo plazo se recomienda lo siguiente:
- Diseñar, aprobar e implementar una Ley Marco de Ordenamiento Territorial.
- Incorporar elementos de eficiencia energética en la planificación urbana⁹⁵.

13.4.5 Fomento de ERNC y diversificación de la matriz

Las ERNC constituirán durante las próximas décadas un área prioritaria para un desarrollo energético sustentable en el país que responda tanto a las demandas internas como externas que encarará nuestra sociedad (Borregaard y Katz, 2009; CNE, 2009). El objetivo central de este esfuerzo debe ser elevar a un 20 por ciento el aporte de las ERNC a la matriz energética nacional al año 2030, reduciendo la dependencia de combustibles importados y fósiles (Galaz, 2007).

Los beneficios más obvios y evidentes de un esfuerzo de esta magnitud están asociados a reducir la dependencia energética externa, disminuir la emisión de contaminantes, preparar al país para los desafíos comerciales asociados a las futuras negociaciones por temas ambientales, como la huella de carbono, entre otros (Maldonado, Pontt, et. al., 2008).

En este sentido, los objetivos son los siguientes: a) aumentar los incentivos económicos para el desarrollo de las ERNC, b) crear un fondo público privado para el fomento de las ERNC y c) priorizar los proyectos de inversión de estas energías en el territorio cercano a las líneas de transmisión eléctricas.

Desde esta perspectiva, algunas iniciativas o temas a resolver en el corto plazo son los siguientes:

- Modificar el actual sistema de cuotas e introducir un sistema de tarifas mínimas para la incorporación de las ERNC a la matriz eléctrica.
- Establecer áreas prioritarias para la exploración, desarrollo, explotación y utilización de las ERNC, y acompañarlas con un sistema de incentivos económicos geográficamente diferenciado en función de las potencialidades de cada zona o región, cuestión que deberá alinearse con la política de ordenamiento territorial.

⁹⁵ Ejemplos de esta índole son evitar en el futuro la expansión del área urbana de las ciudades, fomentando la densificación, y exigir que una fracción determinada de las viviendas de las ciudades no estén a más cierta distancia de ciertos servicios básicos.



- Requerir que las empresas eléctricas y los grandes consumidores incrementen sus adquisiciones de ERNC en un 1% anual, lo que supone elevar las actuales exigencias y así alcanzar un porcentaje de 20% al año 2024 en vez del 10% actual.
- Reducir el límite de cogeneración de 5MW a 1MW para ingresar al CDEC.
- Privilegiar las ERNC mediante la modificación del mecanismo de “pago por potencia” a través de subsidios cruzados.
- Aumentar la capacidad de préstamos subsidiados y capital de riesgo que CORFO destina al sector de las ERNC.
- Enfatizar el uso de las ERNC hacia sectores distintos al eléctrico, como transporte y calefacción, por ejemplo.
- Eliminar impuestos al lujo que dificultan el acceso y uso de ERNC en sectores como vivienda o transporte, por ejemplo.

Por su parte, en una agenda de mediano y largo plazo se recomienda lo siguiente:

- Impulsar un plan nacional para el aprovechamiento de biomasa en el sector industrial, lo que aumentaría su competitividad internacional de acuerdo a las exigencias ambientales futuras.
- Impulsar la energía mareomotriz dado el enorme potencial nacional y el incipiente estado de esta tecnología a nivel mundial, lo que traería beneficios tanto a nivel energético como a nivel comercial.⁹⁶

13.4.6 Sustentabilidad ambiental

No caben dudas que uno de los objetivos ambientales del sector energético corresponde a minimizar las emisiones atmosféricas con impactos tanto sobre el calentamiento global como sobre la contaminación local.

Si bien la implementación de iniciativas tendientes a mejorar la eficiencia energética, aumentar la participación de las ERNC en la matriz eléctrica y expandir el uso de biocombustibles en el transporte contribuyen en esta materia, éstas deben ser complementadas por medidas concernientes a la gestión ambiental del país.

Además, avanzar hacia la sustentabilidad ambiental también requiere abordar los impactos que el sector energético ocasiona sobre el medio ambiente en general y los servicios ecosistémicos en particular (Budnitz y Holdren, 1976).

⁹⁶ De acuerdo con Hassan (2009), el potencial bruto de la energía de las olas determinado para la costa de Chile excede los 164 GW, la mayor del mundo. Si sólo se captura un 10% de este recurso, se obtendría una potencia que excede la actual capacidad instalada total del Sistema Interconectado Central (SIC). Además, este autor enfatiza que dado el estado incipiente de esta tecnología y el gran potencial encontrado en el país, Chile podría jugar un papel decisivo en su desarrollo y beneficiarse de una participación temprana y activa, inclusive con implicaciones de liderazgo a nivel internacional.



Estos últimos corresponden a los bienes y servicios proporcionados por los ecosistemas naturales y modificados que benefician, sostienen y apoyan el bienestar de la gente (Andrade, 2008; Williamson y McCormick, 2008).

Incluyen servicios de suministro, como los alimentos y el agua; servicios de regulación de las inundaciones, las sequías, la degradación del suelo y las enfermedades; servicios de base, como la formación del suelo y los ciclos de los nutrientes; y servicios culturales, como los beneficios recreacionales, espirituales y religiosos (Millennium Ecosystem Assessment, 2005).

Dada la relevancia de estos servicios (Straton y Pearson, 2008), algunos autores consideran que toda actividad económica y social últimamente depende de ellos (Tschirhart, 2007).

Considerando que toda generación, transmisión o distribución de energía puede causar emisiones de contaminantes atmosféricos globales y locales, y puede generar impactos sobre diversos servicios ecosistémicos (ver Tabla 5.2), algunas iniciativas o temas a resolver en el corto plazo son los siguientes:

- Emular la experiencia internacional e introducir metas de reducción de emisión de gases efecto invernadero.
- Diseñar e implementar un sistema de incentivos económicos que ponga precio a las emisiones de gases efecto invernadero de las fuentes generadoras de electricidad y a la gran industria, ya sea por medio de impuestos específicos a los combustibles fósiles o a través de un sistema de permisos de emisión transables⁹⁷.
- Retomar la iniciativa de implementar un sistema de emisiones transables de PM10 para la Región Metropolitana y el resto de las cuencas atmosféricas saturadas por este contaminante (CEPAL/OCDE, 2005).
- Incluir el concepto de servicios ecosistémicos en la legislación y a nivel del SEIA.
- Diseñar e implementar un sistema de valoración y compensación económica asociado a la modificación de los servicios ecosistémicos originados por los proyectos energéticos.
- En función de la significativa participación de la hidroelectricidad en la generación eléctrica, introducir criterios específicos en SEIA para proyectos de este tipo que velen por la protección de la cantidad y la calidad de los recursos hídricos.

⁹⁷ Mientras ejemplos de la primera alternativa ocurren en la provincia de British Columbia de Canadá, en Austria y en Dinamarca, ejemplos de la segunda existen en Estados Unidos, la Unión Europea y Nueva Zelanda.



13.4.7 Transporte

Cualquier política energética, para ser integral y efectiva, requiere de una preocupación central por el sector transporte, asociado en nuestro país de forma casi exclusiva al consumo de combustibles fósiles. Así, el objetivo de un esfuerzo en este sector debiera perseguir la disminución significativa de la demanda por transporte urbano y el incremento de modos de viaje más sustentables y menos contaminantes.

Para este sector, la complejidad en materia de políticas públicas es mayor que para los anteriormente revisados. Lo anterior es debido principalmente a la diversidad de medidas requeridas, a la multiplicidad de actores involucrados, los que generalmente oponen resistencias culturales a cambios en los patrones de desplazamiento, y a la necesidad de coordinaciones intersectoriales que en Chile no son fáciles de impulsar y lograr.

No obstante, de acuerdo con la literatura especializada, es posible distinguir tres objetivos estratégicos para el desarrollo de un transporte más sustentable y menos basado en el consumo de petróleo: a) evitar la demanda por transporte, especialmente por medio de instrumentos de planificación territorial; b) trasladar el transporte hacia modos más sustentables, particularmente desde el automóvil privado hacia caminar, el uso de la bicicleta y el transporte público; y c) aumentar la eficiencia tanto de las tecnologías como de los flujos del transporte para así evitar el consumo innecesario de recursos (Dalkman et al., 2007).

Desde esta perspectiva, algunas iniciativas o temas a resolver en el corto plazo son los siguientes:

- Concentrar el crecimiento urbano al interior de los límites actuales de las ciudades existentes, evitando el crecimiento en las zonas periféricas.⁹⁸
- Llevar a cabo Evaluaciones Ambientales Estratégicas (EAE) de las políticas y planes de transporte.
- Fomentar los viajes peatonales y en bicicleta por medio del aumento de las áreas urbanas que excluyen el transporte motorizado y la disminución de los estacionamientos, y evaluar subsidios para la adquisición de bicicletas.
- Encarecer el uso de los automóviles privados por medio del aumento de los precios de los estacionamientos y del alineamiento tanto del valor del permiso de circulación como de los seguros con la distancia recorrida.
- Fomentar el uso de combustibles limpios por medio de un aumento de los impuestos a los combustibles derivados del petróleo y de una disminución de los impuestos a los biocombustibles.
- Eliminar los subsidios a los combustibles derivados del petróleo.

⁹⁸ De acuerdo con un estudio que compara diversas ciudades del mundo, existe una estrecha relación entre la densidad urbana y el uso del automóvil, en donde las ciudades con mayor densidad presentan un nivel específico de consumo de petróleo significativamente más bajo que aquellas menos densas (Abmann y Sieber, 2005).



- Introducir estándares de ahorro de combustibles para automóviles y camiones nuevos que utilizan derivados del petróleo⁹⁹.
- Reducir el límite de velocidad en las carreteras¹⁰⁰.
- Implementar un sistema de recargo y bonificación para la compra de automóviles y camiones nuevos, en especial híbridos y eléctricos, de modo que fomente la adquisición de vehículos eficientes en el consumo de combustible¹⁰¹.

Por su parte, en una agenda de mediano y largo plazo se recomienda lo siguiente:

- Desarrollar y aplicar metodologías de planificación urbana que integren el uso del territorio y el transporte, dando prioridad al objetivo de reducir la demanda por transporte.
- Considerar los impactos en la salud de todas las decisiones sobre el transporte, incluyendo los beneficios directos asociados a un aumento en el uso de la bicicleta y de los viajes peatonales.
- Aumentar la cantidad y la calidad del transporte público, priorizando los buses en base a biocombustibles y los modos de transporte eléctricos, tales como el tren y el metro.
- Desarrollar e implementar una estrategia general tendiente a convertir la flota vehicular hacia combustibles más limpios, tales como los biocombustibles, la electricidad y el hidrógeno.
- Introducir incentivos económicos para promover la comunicación a distancia, priorizando el trabajo desde los hogares, la oferta de bienes y servicios por Internet y las videoconferencias.
- Diseñar e implementar un programa de comunicación que informe a los conductores acerca de la reducción en el uso de combustibles, asociada a una apropiada mantención de los vehículos y a un correcto inflado de los neumáticos.

13.4.8 Acceso a la energía

Si bien una política de acceso a la energía implica una preocupación prioritaria por resolver los aspectos físicos que esto involucra, también comprende encarar asimetrías

⁹⁹ Los estándares de ahorro de combustible establecen requerimientos mínimos sobre la cantidad de combustible consumido para viajar una distancia específica, generalmente en términos de litros por 100 kilómetros de viaje (Donovan, et al., 2008).

¹⁰⁰ De acuerdo con Sovacool (2007), el consumo de combustibles se incrementa rápidamente a velocidades superiores a 97 kilómetros por hora. De hecho, el mismo autor expresa que reduciendo el límite de velocidad a 90 kilómetros por hora se logran ahorros de combustibles entre el 7 y el 23 por ciento.

¹⁰¹ Bajo este sistema, los compradores de vehículos que exceden un determinado estándar de eficiencia en el uso de combustible reciben una bonificación o rebaja en el precio de compra relativa a dicho exceso. Por el contrario, aquellos compradores de vehículos cuya eficiencia es menor que el estándar determinado enfrentan un recargo proporcional en el precio de compra. Dado que este sistema comprende la utilización de los recargos para pagar las bonificaciones, no implica costos para el Estado (Lovins et al., 2005).



de equidad social y territorial relativas a la disponibilidad de energía eficiente, sustentable y de un bajo costo estable para la población.

En este sentido, debe apuntar a resolver las carencias que aún padecen diversos sectores de la población. Por un lado, están los consumidores de clase media y baja que enfrentan alzas de precios sin mecanismos de estabilización. Por el otro, están segmentos rurales de nuestro país, en particular indígenas, que aún no disponen de acceso a la electricidad.

Así, el objetivo de esta política debe ser garantizar un acceso universal a energía eficiente, limpia y sustentable, en un modelo de precios de largo plazo que evite fluctuaciones mayores que afecten el bienestar de las familias.

En este contexto, los objetivos son los siguientes: a) aumentar la energización rural de modo que el 98% de esta población tenga acceso a electricidad (PNUD/GEF, 2001), b) fomentar las ERNC en las zonas rurales que cuenten con potencial relevante para su instalación; y c) crear un fondo de estabilización de la electricidad, similar al que hoy opera con el petróleo, otorgando estabilidad nacional de precios al sector.

Desde esta perspectiva, algunas iniciativas o temas a resolver en el corto plazo son los siguientes:

- Ampliar los actuales programas de electrificación rural, enfatizando las ERNC.
- Introducir un modelo de fijación tarifaria con un énfasis de mediano plazo que incorpore un fondo de estabilización de precios.
- Introducir incentivos económicos que fomenten el acceso de los sectores medios y pobres a tecnologías eficientes energéticamente.¹⁰²
- Evaluar la posibilidad de que subsidiar el suministro eléctrico a los sectores con menos recursos por medio de tarifas mínimas o escalonadas (Borregaard y Katz, 2009).

13.4.9 Eficiencia energética

La eficiencia energética es clave desde varios puntos de vista (Grupo de Trabajo sobre Energía de APEC, 2009). En primer lugar, su potencial la transforma en uno de los pilares de la seguridad energética, pues el ahorro de energía hace menos vulnerable a Chile en cuanto a suministro se refiere (Márquez, 2002).

Además, el uso eficiente de la energía está asociado a un aumento en la productividad y a una disminución en los costos del sector productivo. A nivel de bienestar de las personas, está vinculada a una reducción en los gastos de las familias, a un mejoramiento de la habitabilidad de las viviendas e incluso a una menor presencia de algunos tipos de enfermedades pulmonares (Márquez, Miranda y Aserta Consultores,

¹⁰² Por ejemplo, no sólo se debe incluir que las viviendas nuevas cuenten con franquicias a colectores solares, sino que también fomentar el mejoramiento térmico en la construcción y en viviendas ya construidas.



2007). En definitiva, el uso eficiente de energía está relacionado con aspectos de competitividad y equidad social, simultáneamente (Incentivos y Metas, 2009).

Por ello, el objetivo central de esta política es desacoplar la tasa de crecimiento general de la economía respecto del incremento de la demanda de energía. Por su parte, la principal medida a adoptar corresponde a mantener y profundizar el Programa País de Eficiencia Energética (PPEE), introduciendo indicadores de consumo eficiente, desagregados por sectores y territorios, y enfatizando los esfuerzos en aquellos que pueden generar más impacto agregado.

Desde esta perspectiva, algunas iniciativas o temas a resolver en el corto plazo son los siguientes:

- Aprobar Ley Marco de Eficiencia Energética.
- Evaluar que la Agencia Chilena de Eficiencia Energética (ACHEE) tenga dependencia completamente pública.
- Ampliar iniciativas de desarrollo y fomento del ahorro de energía, incentivando la generación de energía en base a biomasa en industrias, la construcción obligatoria de viviendas nuevas con normas de eficiencia energética y el uso de electrodomésticos eficientes, entre otras medidas.
- Establecer planes sectoriales de ahorro de energía con metas cuantificables, incluyendo la eficiencia en la transmisión y la distribución de energía.
- Introducir el pago por despacho eficiente.
- Implementar regulaciones que desacoplen los ingresos de las distribuidoras eléctricas de sus volúmenes de ventas.
- Profundizar el objetivo de reducir los gases efecto invernadero en la ACHEE.

Por su parte, en una agenda de mediano y largo plazo se recomienda lo siguiente:

- Evaluar la introducción de un sistema de bonos transables por ahorro de energía.



13.5 RECOMENDACIONES ESPECÍFICAS QUE REQUIEREN DE MODIFICACIONES LEGALES

13.5.1 Mejorar el actual marco sobre energías renovables no convencionales en Chile

13.5.1.1 Introducción

Las energías renovables no convencionales (ERNC) han alcanzado un prestigio y un impulso en Chile sin precedentes. En parte, esto se debe a la actual legislación y, en parte, a la iniciativa y anticipación del sector privado, en particular, de la inversión extranjera. La actual cartera de proyectos en marcha, en desarrollo y proyectados¹⁰³ dan cuenta de las especiales condiciones que tiene Chile para el desarrollo de fuentes alternativas de energía más amigables con el medio ambiente que pueden transformar a nuestro país en un centro de atracción de inversiones que lo ubique como líder en la región.

Sin embargo, y no obstante los avances en la materia, se han identificado debilidades que requieren ser corregidas así como la necesidad, por su parte, de remover las barreras que continúan impidiendo que el sector de las ERNC alcance todo su potencial. Algunas de las principales debilidades responden en verdad a la ausencia de políticas e instituciones que promuevan y fomenten las ERNC, mientras que las barreras se refieren a situaciones creadas por la actual legislación que no ha sido lo suficientemente capaz de adelantarse a los problemas que se han detectado.

El presente apartado tiene por objeto apuntar las ideas matrices en relación con las ERNC en Chile, señalar cuáles debieran ser los contenidos mínimos de las iniciativas que desarrollen dichas ideas y, por último, ofrecer los lineamientos generales que se deben tener en cuenta para las modificaciones legales que se indican.

El contenido de la estructura escogida, en breve sinopsis, contempla lo siguiente: las *ideas matrices* apuntan básicamente a dos cuestiones, la necesidad de una ley marco de ERNC y la desvinculación de las mismas del sector eléctrico. Los *contenidos mínimos*, por su parte, se dirigen a ofrecer un modelo que permita diseñar los aspectos que dicha ley debe comprender (objetivos, principio para lograr esos objetivos, etc.). Por último, señalar las *reformas legales necesarias* a la actual legislación, cuestión que debiera ocurrir en el corto plazo, al margen y/o paralelamente al diseño de una ley marco de ERNC. Con el fin de ser lo más concretos posible, este documento ofrece una serie de reformas a la ley 20.257 para el desarrollo de las ERNC así como a la ley 19.657 sobre concesiones de energía geotérmica.

¹⁰³ De acuerdo con la Comisión Nacional de Energía, al iniciar el 2009 más de 1.600 MW en proyectos renovables no convencionales se encontraban aprobados, o en tramitación, en el sistema de evaluación de impacto ambiental. Además, prácticamente la totalidad de las empresas de generación eléctrica en el país están desarrollando o evaluando proyectos de esas características; se han constituido nuevas empresas sólo para emprender ese tipo de iniciativas, y se sabe que hay otro número significativo que esperan hacerlo pronto. Comisión Nacional de Energía (CNE), *Las energías renovables no convencionales en el mercado eléctrico chileno*, 2009. En particular, véase p. 99 donde aparece un cuadro con los proyectos ingresados al SEIA ya sea a través de DIA o de EIA.



13.5.1.2 Ideas matrices

Como señaláramos en la introducción, creemos que hay al menos dos ideas matrices que el legislador nacional debería tener en cuenta. La primera es la necesidad de desvincular las ERNC del sector eléctrico; la segunda, y más abarcadora, es la conveniencia de una *ley marco* que regule los aspectos generales de las ERNC y guíe, por consiguiente, la política nacional en la materia.

a) Las ERNC deben estar orientadas a todo el sector energético

La ley 20.257 para el desarrollo de las ERNC, es una ley que modifica la Ley General de Servicios Eléctricos (LGSE)¹⁰⁴. De acuerdo con esta Ley, la ERNC es aquella energía *eléctrica* generada por medios de generación renovables no convencionales, como la energía de biomasa (incluye a los biocombustibles), la hidráulica -cuya potencia máxima sea inferior a 20.000 kW-, la geotérmica, la solar, la eólica y la de los mares¹⁰⁵.

Por consiguiente, las ERNC han sido reguladas para potenciar el sector eléctrico, cuestión que en sí misma no aparenta ningún inconveniente. Sin embargo, desde la perspectiva de la técnica legislativa, no parece razonable afirmar que la ERNC es energía eléctrica, porque, por un lado, esto es una realidad parcial (los biocombustibles, por ejemplo, se destinan en el mundo principalmente al sector del transporte) y, por otro lado, porque supone una asimetría dentro del sector de la energía que puede presentar problemas en el futuro.

b) Conveniencia de una ley marco de ERNC

Dado que las ERNC están dirigidas a todo el sector de la energía, y dado también que el fomento y desarrollo de las mismas exige la creación de un régimen dinámico que evolucione flexiblemente de acuerdo con los requerimientos que vayan surgiendo, la idea de una ley marco de ERNC aparece como conveniente y razonable. En efecto, una ley marco permite abordar un problema de manera amplia, para que su desarrollo se lleve a cabo por medio de leyes específicas, reglamentos *ad hoc*, etc.

Una ley marco de ERNC no supone derogación de la legislación vigente, sino más bien la creación de un orden para el futuro que comprenda el universo normativo vigente, sin perjuicio de eventuales derogaciones parciales y/o tácitas. Los contenidos mínimos que debiera tener una ley marco se señalan a continuación.

13.5.1.3 Contenidos mínimos de una ley marco o base de ERNC

Creemos que las ERNC pueden abordarse de la misma manera que otras leyes generales abordan temas complejos como es el caso de la Ley N° 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente. Los contenidos que perfilan una ley marco suelen ser similares dependiendo del objeto regulado. En este caso, consideramos que una futura

¹⁰⁴ El sector eléctrico se encuentra regulado fundamentalmente por la Ley General de Servicios Eléctricos (DFL 1, hoy refundido en el DFL 4 del Ministerio de Economía) y su Reglamento (Decreto Supremo N° 327). Esta normativa no sufrió cambios sustanciales hasta el año 2004 y 2005 con las llamadas Ley Corta I y Ley Corta II, respectivamente. En 2008 sufre nuevamente cambios indirectos, aunque importantes, con la Ley que estamos comentando en este documento.

¹⁰⁵ En el mensaje original, dentro de las fuentes se incorporaba la cogeneración. En la ley tal cual se votó, la cogeneración tiene un apartado especial, fuera de los medios de generación renovable no convencional.



ley base o marco de ERNC debería contener al menos los siguientes contenidos mínimos:

a) *Objetivos determinados*

En el caso de las ERNC el objetivo principal que guíe la política al respecto debe ser la promoción y fomento de las ERNC en Chile. Junto a este objetivo general, se debería vincular la generación de ERNC con los compromisos asumidos por Chile en relación con el desarrollo sustentable; es decir, que las ERNC tengan por horizonte precisamente alcanzar un desarrollo sustentable.

b) *Principios rectores*

Diversos principio pueden inspirar la política en materia de ERNC. Aquí, mencionaremos solo tres. En primer lugar, terminar con el criterio de la neutralidad tecnológica en el sector eléctrico pues ha retrasado precisamente la investigación y el desarrollo de fuentes distintas a las económicamente más baratas, cuestión que funcionó por un tiempo pero en la actualidad ha quedado de manifiesto las contradicciones. Esto supone una mayor presencia del sector público.

Otro principio, apunta a la equidad energética y por ende al acceso igualitario a las mismas, cuestión que Chile ha resuelto mejor que otros países de la región, como lo demuestra el programa de electrificación rural. Sin embargo, las ERNC, más amigables con el medio ambiente, no debieran restringirse al sector productivo sino que también al doméstico y, por su puesto, que al sector rural.

En tercer lugar, las ERNC necesitan de amplias extensiones de tierra para desarrollarse y, por consiguiente, competirán poderosamente por el recurso *suelo*. Habría que diseñar el modo de evitar problemas de ordenamiento territorial que "saboteen" proyectos de ERNC por medio de una evaluación ambiental estratégica de las políticas dirigidas a esta clase de energía¹⁰⁶.

c) *Compromisos y metas*

El establecimiento de compromisos claros, cuantificables y sujetos a indicadores que permitan con posterioridad verificar su cumplimiento, es una cuestión que probablemente no se pueda comprometer en una ley marco sino más bien en leyes posteriores que desarrollen aspectos específicos. Sin embargo, esto no se opone a la conveniencia de establecer unos compromisos generales como el aumento progresivo en el tiempo de ERNC en la mayor cantidad de sectores posibles, comenzando por el gobierno aunque no sea este el consumidor más relevante de energía en Chile¹⁰⁷.

d) *Instituciones*

La institucionalidad en materia de ERNC, al no existir una ley marco, general y abarcadora de todo el sector energético en Chile, se encuentra todavía en estado embrionario y diseminado. En agosto de 2009 fue estrenado el Centro de Energías Renovables (CER), organismo que se originó en conjunto entre la CORFO y la CNE. No obstante su oportunidad y sus competencias (investigación, desarrollo y fomento), no es

¹⁰⁶ Véase la propuesta legislativa para una *evaluación ambiental de proyectos y políticas energéticas*.

¹⁰⁷ Algunos compromisos y metas específicas se verán en el tercer apartado.



el órgano encargado de impulsar políticas y programas en relación con las ERNC. Esta función deberá asumirla el eventual Ministerio de Energía. En consecuencia, la institucionalidad contemplada en una ley marco de ERNC debería radicar las políticas de ERNC en el Ministerio y el fomento económico e investigativo en el CER. Habría que evaluar la creación, si fuera pertinente, de un órgano encargado de fiscalizar que las políticas en la materia se cumplan, pues es probable que las obligaciones específicas en relación con las ERNC sean evadidas o de difícil cumplimiento.

e) *Mecanismos de incentivos*

La creación de mecanismos de incentivos (en particular, en materia de subsidios y de impuestos) parece algo que se ajusta muy bien a los objetivos detrás del fomento y desarrollo de las ERNC, pues se encuentran todavía en un estadio tecnológico que no les permite competir de igual a igual con los combustibles fósiles. En general las energías han surgido con el impulso y el apoyo gubernamental en sus inicios, como fue el caso del etanol brasilero de la década de los 70.

En el caso de las ERNC, los incentivos dependerán del tipo de energía que se trate y, en este sentido, resulta lógico tratarlos de manera particularizada. Por consiguiente, una ley marco debe contemplar los principios básicos para permitir luego la creación de incentivos sectoriales, sin perjuicio de que se pueda establecer alguno de carácter general aplicable a todas las ERNC¹⁰⁸.

13.5.1.4 Reformas legales necesarias

Como indicáramos en la introducción, una ley marco de ERNC es una propuesta que implica probablemente mucha discusión y compromiso político, porque no cabe duda que su promoción supone cambios en la estructura de producción y consumo energético de un país. En este sentido, si bien la conveniencia de una ley marco creemos está de sobra justificada, su viabilidad en el corto plazo parece más compleja. Por esto, mientras no se concrete en el mediano plazo una propuesta como la indicada en los apartados precedentes, resulta imperioso modificar algunas cuestiones actuales en donde se han podido identificar barreras importantes. A continuación desarrollaremos muy brevemente cuáles son esas barreras y cuáles deberían ser los cambios necesarios para removerlas.

a) *Ley 20.257 para el desarrollo de las ERNC*¹⁰⁹

Esta ley, que modificó la LGSE, fue publicada en abril de 2008. Sin embargo, su entrada en vigencia de conformidad con el artículo 1 transitorio se desfasa hasta el 1 de enero de 2010, fecha a partir de la cual comienza la obligación de generar, comercializar y distribuir energía eléctrica con un porcentaje determinado de ERNC. Para el año 2024,

¹⁰⁸ El Mecanismo para el Desarrollo Limpio (MDL) del Protocolo de Kyoto (PK) resulta muy pertinente al caso de las ERNC. Sin embargo, existen todavía problemas relativos al criterio de la *adicionalidad* que impiden todo el potencial que podría darse si los proyectos de ERNC calificaran como MDL. La solución a estos problemas no depende, en general, de los gobiernos sino del propio mecanismo y de la institucionalidad creada por el PK; sin embargo, una ley marco de ERNC, puede incentivar la calificación de proyectos de ERNC cuando éstos superen el *test de adicionalidad*.

¹⁰⁹Ley N°20.257 del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, de 2008. Introduce modificaciones a la ley general de servicios eléctricos respecto de la generación de energía eléctrica con fuentes de energías renovables no convencionales. Fecha Publicación en el Diario Oficial: 1 de abril de 2008.



de acuerdo con el escalonamiento creado por la ley, dicho porcentaje debe alcanzar el 10%. Este porcentaje, junto a un conjunto de otras consideraciones, ha sido objeto de críticas varias que deberían ser oídas para corregir las barreras creadas por ley para el fomento pleno de las ERNC.

– Porcentaje de ERNC

Reiteramos a estos efectos lo señalado en el Informe Final, en cuanto a que un límite de tan solo del 10% de la nueva capacidad instalada que provenga de ERNC hacia el 2024 no se condice con la tendencia mundial que es del 20% a menos años plazos, ni tampoco se alinea con lo señalado por el Plan de Seguridad Energética diseñado por el ejecutivo en el que se establece, como una misión a mediano plazo, alcanzar un 15% de la nueva capacidad instalada hacia el 2010 en base a ERNC.

En el último tiempo se han encargado diversos estudios independientes, como el lanzado durante el 2008 en conjunto las Universidades de Chile y Técnica Federico Santa María, en donde se ha demostrado con datos duros la capacidad nacional en materia de ERNC, la que, dependiendo del escenario escogido, puede alcanzar el 20%, límite que el Informe Final ha propuesto como objetivo alternativo al actual.

– Régimen de multas

De acuerdo con esta Ley, la empresa eléctrica que no acredite el cumplimiento de la obligación, deberá pagar una multa equivalente a 0,4 UTM por cada megawatt/hora de déficit respecto de su obligación. Si dentro de los tres años siguientes incurriese nuevamente en incumplimiento de su obligación, el cargo será de 0,6 UTM por cada megawatt/hora de déficit. Tal como señalan diversos expertos, el bajo monto de estas multas actúan como “incentivos perversos”, pues en muchos casos a las empresas les será más rentable evadir las obligaciones y pagar las multas. Así, este mecanismo debe ser modificado por la autoridad, haciéndolo más estricto.

De este modo, se plantea la siguiente modificación legal: aumentar las multas por incumplimiento y mantener la obligación anual incumplida para el año siguiente, de manera tal que la multa no reemplace la obligación, sino que la refuerce.

Al respecto, uno de los argumentos utilizados por el Ejecutivo en la tramitación del proyecto de ley “Introduce modificaciones a la Ley General de de Servicios Eléctricos respecto de la generación de energía eléctrica con fuentes de Energía Renovables No Convencionales”, N° de Boletín: 4977-08, que se cristalizó en la ley 20.257, para no aceptar dicha modalidad de multa, más obligación, fue que ello vulneraría el principio de “doble sanción o non bis in idem”.

Sobre el particular se puede señalar que dicho argumento esgrimido por el Ejecutivo es discutible en función de dos antecedentes. En primer lugar debido a que la imposibilidad de la doble sanción está exclusivamente contemplada en la legislación chilena en materia penal y no en materia administrativa. En segundo lugar, debido a la existencia en nuestro ordenamiento jurídico de variadas formulas de multas que se acompañan de la conservación de obligaciones incumplidas. Ejemplos de esto último son los siguientes: a) algunas sanciones administrativas derivadas del incumplimiento de obligaciones fiscalizadas por el Servicio de Impuesto Interno, y b) obligaciones



sometidas a Cláusula Penal como sanción, en materia civil.

– Sistema de cuotas versus sistema de tarifa mínima

El sistema para incorporar a nuestra matriz eléctrica las ERNC es el sistema de cuotas (metas en función de porcentaje a un tiempo determinado) a diferencia de España y Alemania, y en general de Europa, que escogieron el sistema de tarifa mínima o *Feed – in Tariff – Pricing System* (FIT). El principal defecto --del cual derivan otros--, es que el sistema de cuota fortalece a los actuales actores del sistema impidiendo el ingreso de pequeños generadores. En términos particulares, "bajo el imperio de un FIT, los compradores mayoristas y distribuidores de electricidad (en términos generales, operadores de red) quedan obligados por un conjunto de normas cuyo objetivo principal es equilibrar la situación de desventaja competitiva en la que los productores de electricidad con ERNC se encuentran, respecto de los generadores convencionales de electricidad.

Así, un FIT va normalmente a regular tres aspectos fundamentales de la actividad de generación y compraventa de electricidad: el acceso a las redes de transmisión, el cálculo de los precios de la electricidad o tarifas, y la estabilidad de dichos precios, es decir el riesgo asociado a éstos¹¹⁰. En palabras sencillas, el FIT permite el ingreso de PyMES al sector de generación eléctrica, pues se les asegura un precio fijo que les permite gestionar el riesgo de manera previsible. El FIT, así entendido, se impone para el caso que Chile decida elevar la capacidad instalada de ERNC de 10 a 20%. A esto, habría que añadir los efectos sociales positivos, en particular, los laborales y ambientales.

b) Ley 19.657 sobre concesiones de energía geotérmica¹¹¹

Esta ley fue tramitada en 1999 y publicada en el año 2000. Hay consenso generalizado que la ley de concesiones de energía geotérmica requiere de profundas reformas; no obstante ello, aquí veremos sólo dos aspectos.

En primer lugar, es necesario reafirmar la necesidad de que la energía geotérmica se someta a la supervigilancia del nuevo Ministerio de Energía. Al respecto es necesario señalar que el actual proyecto de ley que instituye al Ministerio de Energía señala expresamente en su artículo 6° lo siguiente:

"Modifícase la ley Nº 19.657, Ley sobre Concesiones de Energía Geotérmica, de la siguiente manera: Sustitúyese, en todas las disposiciones en que se encuentran, la palabra "Minería", por la expresión "Energía".

Así, esta modificación sustituirá todas las disposiciones en que se encuentran las expresiones "Ministerio de Minería" y "Ministro de Minería" por las expresiones

¹¹⁰ Pirazzoli, A., et. al., "Energías Renovables, Una nueva política normativa para enfrentar una nueva crisis energética", en *Revista de Justicia Ambiental*, Nº 1, pp. 31. En este artículo se pasa revista acerca de las ventajas y desventajas de cada sistema además de ver otros y analizar incentivos tributarios. Concluye señalando que Chile debería cambiarse al FIT.

¹¹¹ Reglamento para la aplicación de la Ley 19.657, Sobre Concesiones de Energía Geotérmica, del Ministerio de Economía Fomento y Reconstrucción de 2005. Aprueba Reglamento para medios de generación no convencionales y pequeños medios de generación establecidos en la Ley General de Servicios Públicos 2 de septiembre de 2005. Publicado en el Diario Oficial del 17 de enero de 2006.



“Ministerio de Energía” y “Ministro de Energía” respectivamente. Por lo que se espera que una vez aprobado el proyecto, tal materia quede permanentemente radicada en el Ministerio de Energía.

En segundo lugar, es necesario establecer la fijación de un sistema de cuotas de extracción máximo en las fuentes geotérmicas, como medida de conservación de dichas fuentes. Al respecto se sugiere aprovechar la oportunidad que otorga la actual tramitación del proyecto de ley que Introduce Modificaciones a ley N° 19.657, Sobre Concesiones de Energía Geotérmica, Número de Boletín: 6379-08, para introducir dicho sistema de cuotas de extracción, elemento existente en otros países tales como Nicaragua e Italia, que buscan hacer sustentable dichas fuentes geotérmicas.

13.5.2 Mejorar el actual marco de evaluación ambiental de proyectos y políticas energéticas

13.5.2.1 Introducción

La ocurrencia de impactos ambientales negativos asociados a las etapas de generación y consumo de energía es una de las causas más importantes de deterioro ecológico tanto a nivel mundial como en Chile. Si bien uno de los principales desafíos ambientales del sector energético corresponde a minimizar las emisiones atmosféricas con impactos tanto globales como locales generadas durante la etapa de consumo, también es necesario abordar los serios impactos sobre los ecosistemas y la biodiversidad asociados a la etapa de generación.

Si bien todas las fuentes de energía tienen impactos ambientales negativos, las convencionales son más nocivas que las renovables, tanto convencionales como no convencionales. De hecho, las fuentes en base a combustibles fósiles perjudican el funcionamiento de los ecosistemas y la conservación de la biodiversidad, principalmente por medio de la acidificación y eutrofización de cuerpos hídricos y la contaminación del aire. Por su parte, mientras la hidroelectricidad puede afectar la biodiversidad por medio de la inundación de ecosistemas y la alteración de los ciclos hídricos, la energía eólica puede afectar tanto el comportamiento como el hábitat de diversas aves. Además, la producción de biocombustibles en base a especies genéticamente modificadas, o a cultivos intensivos, puede implicar alteraciones significativas en los ecosistemas cercanos a la producción de los correspondientes insumos.

Particular relevancia tienen los efectos de los impactos mencionados sobre los servicios ecosistémicos, los que corresponden a los bienes y servicios proporcionados por los ecosistemas naturales y modificados que benefician, sostienen y apoyan el bienestar de la gente. Incluyen servicios de suministro, como los alimentos y el agua; servicios de regulación de las inundaciones, las sequías, la degradación del suelo y las enfermedades; servicios de base, como la formación del suelo y los ciclos de los nutrientes; y servicios culturales, como los beneficios recreacionales, espirituales y religiosos. Dada la relevancia de estos servicios, algunos autores consideran que toda actividad económica y social últimamente depende de ellos.



Si bien existen una serie de instrumentos y normativas en Chile atinentes a reducir los impactos ambientales del sector energético, este apartado se concentra en los procedimientos existentes y potenciales relacionados con la evaluación de los impactos ambientales de proyectos y políticas energéticas. Más específicamente, expone argumentos tendientes a modificar algunos elementos del vigente Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) para proyectos energéticos específicos e introducir la Evaluación Ambiental Estratégica (EAE) para políticas e iniciativas energéticas gubernamentales.

13.5.2.2 Ideas matrices

En términos generales, el marco legal ambiental de Chile se rige por la Ley 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente (LBGMA) de 1994 que fue introducida para regular de forma integral la protección del medioambiente. A través de esta ley se crea también la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA), agencia encargada tanto de velar por la adecuada aplicación y cumplimiento de la mencionada legislación como de diseñar e implementar la política nacional de protección del medioambiente.

La LBGMA introduce en el sistema jurídico chileno diversos instrumentos de gestión ambiental: el SEIA, las Normas de Calidad, las Normas de Emisión, los Planes de Prevención y Descontaminación, y la Participación Ciudadana. La LBGMA también incorpora elementos sobre la protección de áreas silvestres, el manejo de los recursos naturales y la aplicación de instrumentos económicos. Si bien todos estos instrumentos son relevantes para el sector energético, el de mayor relevancia es el SEIA. Esto se debe a que este procedimiento no sólo condiciona la aprobación de los proyectos energéticos nuevos, sino también define su fecha de inicio y establece diversos requerimientos en materia ambiental.

En conformidad con lo dispuesto en la LBGMA, los proyectos energéticos de gran envergadura deben ser sometidos al SEIA. Sin embargo, dicho instrumento de gestión presenta diversas debilidades que se han identificado en el transcurso de su implementación. Estas debilidades se refieren principalmente a dos aspectos: a) dado que el SEIA entiende los impactos ambientales de manera estática y aislada, en la práctica el sistema no contempla una evaluación de los impactos indirectos, acumulativos y sinérgicos correspondientes; y b) debido a que el SEIA no exige la evaluación de proyectos alternativos, no es posible examinar la viabilidad de desarrollar proyectos alternativos con menores impactos ambientales. De este modo, aquí se presentan algunas modificaciones legales para su solución.

Por su parte, si bien la EAE está considerada en el Proyecto de Ley que crea el Ministerio del Medio Ambiente, su carácter es voluntario. De este modo, es probable que bajo este esquema una política emanada de un eventual Ministerio de Energía no sea sometida con anterioridad a su implementación a una evaluación de los costos y beneficios ambientales de la misma. Siguiendo la abundante experiencia de países desarrollados, aquí se sugiere introducir la EAE de manera obligatoria para políticas e iniciativas energéticas gubernamentales, lo que sin duda ahorraría esfuerzos en la prevención de impactos ambientales y eliminaría los correspondientes costos de reacción.



13.5.2.3 Contenidos mínimos

a) Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA)

Las debilidades del SEIA identificadas se refieren principalmente a que los impactos ambientales que se evalúan son entendidos de manera estática y aislada; a que no se contempla en la práctica una evaluación de los impactos indirectos, acumulativos y sinérgicos; a que no se exige la evaluación de proyectos alternativos, que permita determinar si es posible desarrollar otros proyectos cuyos impactos ambientales sean menores; y, finalmente, a que no se puede evaluar la localización de los proyectos energéticos propuestos.

Así, se considera necesario que los impactos ambientales de los proyectos sean identificados, descritos y evaluados comprensivamente y a través del tiempo. Además se debe exigir la evaluación y presentación de diversos escenarios de tecnología y localización para los proyectos, y evaluar los efectos de los impactos ambientales de los proyectos sobre otras actividades productivas. Esto permitiría incorporar en la evaluación de impacto ambiental la noción de servicio ecosistémico, y considerar los beneficios que provienen de los ecosistemas para las distintas actividades productivas que se pueden desarrollar. Esto se traduce, en la práctica, en exigir en el SEIA la evaluación de los efectos de los proyectos sobre los servicios ecosistémicos afectados por sus actividades. En otras palabras, los proyectos deben evaluar su impacto no sólo sobre los recursos naturales y componentes ambientales que afectan directamente, sino que también sobre los ecosistemas que los proveen.

Esta modificación al SEIA posibilitaría que la autoridad evaluara los potenciales impactos del proyecto sobre otras actividades económicas, lo que permitiría no sólo prever potenciales conflictos sectoriales, sino que también desarrollar decisiones más complejas, pasando de un esquema tipo "checklist" a uno basado en "trade-offs" entre distintos usos de los ecosistemas.

El Proyecto de Ley que crea el Ministerio, el Servicio de Evaluación Ambiental y la Superintendencia del Medio Ambiente, Boletín N° 5.947-12, ingresado el 3 de julio de 2008 a la Cámara de Diputados, y que actualmente se encuentra en segundo trámite constitucional, incorpora algunas modificaciones al SEIA en la misma línea de lo planteado aquí con anterioridad. Por ejemplo, establece que se agreguen, al artículo 8° de la Ley N°19.300, las siguientes disposiciones:

Agréganse, los siguientes incisos tercero y cuarto, pasando el actual tercero a ser inciso final:

"Sin perjuicio de los permisos o pronunciamientos sectoriales, siempre se requerirá el informe del Gobierno Regional, del Municipio respectivo y la autoridad marítima competente, cuando corresponda, sobre la compatibilidad territorial del proyecto presentado.

Los proyectos o actividades sometidos al sistema de evaluación de impacto ambiental deberán considerar siempre las políticas y planes evaluados estratégicamente, de conformidad a lo señalado en el Párrafo 1 bis de este título."



Por otra parte, se agrega el siguiente Artículo 9º ter.-:

"Los proponentes de los proyectos o actividades, en sus Estudios o Declaraciones de Impacto Ambiental, deberán describir la forma en que tales proyectos o actividades se ajustan a las políticas, planes y programas de desarrollo regional, así como los planes de desarrollo comunal.

La comisión señalada en el artículo 86 deberá siempre solicitar pronunciamiento al Gobierno Regional respectivo, así como a las municipalidades del área de influencia del proyecto, con el objeto de que éstos señalen si el proyecto o actividad se ajusta a las políticas, planes y programas de desarrollo regional y a los planes de desarrollo comunal, respectivamente."

Es decir, mediante estas disposiciones se busca incorporar la consideración de la "compatibilidad territorial" o localización del proyecto que se pretende evaluar, y lo señalado por las políticas y planes evaluados estratégicamente.

b) Evaluación Ambiental Estratégica (EAE)

Actualmente las decisiones sobre políticas de energía son compartidas por el Ministro de Energía¹¹², el Ministerio de Economía y el Ministerio de Minería, según lo señalado en el capítulo ocho del Informe Final. El Proyecto de Ley que crea el Ministerio de Energía modifica este escenario y traspasa las facultades o competencias en materia de elaboración de políticas energéticas al nuevo Ministerio. Cualquiera sea la legislación vigente en este punto, se considera fundamental el sometimiento de las políticas públicas a lo que se conoce como 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".¹¹³ Se trata de evaluar ambientalmente actividades que se sitúan por sobre el nivel de proyectos individuales de inversión.

Este instrumento tiene una serie de beneficios o ventajas para la gestión ambiental. Por ejemplo, se aplica antes que se elaboren los proyectos individuales, de manera que se puede influenciar el tipo de proyectos que se quiere lograr. Por otro lado, permite evaluar impactos que son difíciles de considerar a nivel de proyecto, tales como los impactos acumulativos sobre el medio ambiente, o los grandes impactos sobre la biodiversidad o el cambio climático. Quizás el aspecto más relevante es que permite evaluar mejor las alternativas que existen para el desarrollo de determinadas actividades, puesto que una vez que se evalúan los proyectos individuales por regla general hay ciertas alternativas que ya han sido descartadas. Mediante este instrumento, quienes adoptan decisiones de nivel político y/o programático tienen mayor información acerca de las dimensiones ambientales de las mismas, de manera de considerarlas junto con las otras dimensiones que involucran este tipo de decisiones (económicas y sociales).

¹¹² Cabe señalar que el Ministro de Energía en la actualidad no cuenta con una cartera o ministerio, lo que constituye una debilidad de la institucionalidad energética actual.

¹¹³ Clark, B. D. 1997. Alcance y objetivos de la Evaluación Ambiental Estratégica. *Estudios Públicos* 65.



Las etapas de la EAE son las mismas que las del SEIA, es decir:¹¹⁴

- la determinación de si una acción determinada debe someterse o no a la EAE. Se puede utilizar el mecanismo de listados, al igual que en el SEIA, pero en este caso de políticas, planes y programas. Otro enfoque consiste en analizar caso a caso si éstas tienen efectos ambientales significativos;
- la identificación de los problemas claves y alternativas que deben ser abordados en la evaluación;
- la recopilación de información para describir el medio ambiente o línea base. En este caso como se trata de un área geográfica amplia, la recopilación se concentra en los elementos claves del medio ambiente, y se trata de información más general y no de detalle como en el caso de los proyectos de inversión;
- la predicción y evaluación de los impactos ambientales de la actividad. En este caso cobran especial relevancia los impactos acumulativos tanto en el espacio como en el tiempo;
- la participación de la ciudadanía;
- la decisión final. Aquí se plantea un problema ya que el proponente de la acción (política, plan o programa) es una autoridad pública, que debe someter la evaluación de su actividad a otra autoridad. Por lo tanto se deben establecer arreglos institucionales que permitan garantizar la revisión de la acción por una autoridad independiente; y
- el monitoreo o seguimiento de la decisión.

Las mayores diferencias entre el SEIA y la EAE son la escala y oportunidad del estudio, así como el grado de detalle que se requiere. La escala es mayor en la EAE ya que comprende varias actividades, con amplitud de alternativas, en un área más extensa y la gama de impactos ambientales puede ser mayor. Las diferencias de oportunidad se refieren a que el intervalo de tiempo entre el proceso de planificación y la implementación de la actividad específica que da origen al impacto ambiental en la EAE es mayor, por lo que la incertidumbre también.

La EAE se puede aplicar ya sea a políticas o planes sectoriales (por ejemplo, una política energética) o a políticas o planes que se vayan a aplicar en un mismo espacio o región (desarrollos multisectoriales dentro de un área geográfica).¹¹⁵ El primer enfoque ayuda a seleccionar el tipo de proyectos que se buscan (en el sector energético, por ejemplo, hidroelectricidad vs. termoeléctricas vs. ERNC vs. nuclear). El segundo enfoque permite evaluar los impactos acumulativos tanto espacial como temporalmente (considerando los impactos de proyectos futuros, presentes y pasados).

La legislación ambiental actual en Chile no exige la EAE de políticas, planes y programas, con la sola excepción de los Instrumentos de Planificación Territorial. En efecto, como se señaló en el Informe Final, la Ley N° 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente, consagra el SEIA en sus artículos 8 y siguientes, como un sistema de

¹¹⁴ Clark, B. D. 1997. Alcance y objetivos de la Evaluación Ambiental Estratégica. *Estudios Públicos* 65.

¹¹⁵ Clark, B. D. 1997. Alcance y objetivos de la Evaluación Ambiental Estratégica. *Estudios Públicos* 65.



evaluación ambiental de proyectos. Así, en el artículo 10 se incluye un listado de los proyectos que deben ingresar al Sistema, todos los cuales constituyen proyectos individuales de inversión, ya sean públicos o privados. La única excepción la constituye la letra h) del artículo 10. Esta disposición señala que deben ingresar al SEIA los:

Planes regionales de desarrollo urbano, planes intercomunales, planes reguladores comunales, planes seccionales, proyectos industriales o inmobiliarios que los modifiquen o que se ejecuten en zonas declaradas latentes o saturadas.

Es decir, a través de esta fórmula se ha logrado la evaluación ambiental de los instrumentos de planificación territorial (IPT), lo que constituye en la práctica una especie de evaluación ambiental estratégica. Sin embargo, las disposiciones que se aplican a esta evaluación son las mismas que se establecen para la evaluación de proyectos de inversión, cuestión que implica que no se evalúen necesariamente las variables que deben considerarse en una EAE. Es por ello que se considera esencial que la legislación ambiental incorpore este nuevo instrumento de gestión ambiental.

El Proyecto de Ley que crea el Ministerio, el Servicio de Evaluación Ambiental y la Superintendencia del Medio Ambiente, Boletín N° 5.947-12, ingresado el 3 de julio de 2008 a la Cámara de Diputados, y que actualmente se encuentra en segundo trámite constitucional, incorpora la Evaluación Ambiental Estratégica, pero con carácter voluntario. Solo se mantiene obligatorio para los IPT.

Así, agrega al artículo 2 la siguiente definición:

i bis). Evaluación Ambiental Estratégica: el procedimiento realizado por el Ministerio sectorial respectivo, para que se incorporen las consideraciones ambientales del desarrollo sustentable, al proceso de formulación de las políticas y planes de carácter normativo general, que tengan impactos sobre el medio ambiente o la sustentabilidad, de manera que ellas sean integradas en la dictación de la respectiva política y plan, y sus modificaciones sustanciales.

Luego incorpora los siguientes artículos a la Ley 19.300. Artículo 7 bis:

Se someterán a evaluación ambiental estratégica las políticas y planes de carácter normativo general, así como sus modificaciones sustanciales, que tengan impactos sobre el medio ambiente o la sustentabilidad, que el Presidente de la República, a proposición del Consejo de Ministros, señalado en el artículo 72, decida.

En todo caso, siempre deberán someterse a evaluación ambiental estratégica los planes regionales de ordenamiento territorial, planes intercomunales, planes reguladores comunales y planes seccionales, planes de desarrollo urbano y zonificaciones del borde costero y del territorio marítimo. En esta situación el procedimiento y aprobación del instrumento estará a cargo del Ministerio de Vivienda, el Gobierno Regional o el Municipio o cualquier otro organismo de la administración del Estado, respectivamente.

La elaboración de las políticas y planes deberá contemplar las etapas de diseño y aprobación.



En la etapa de diseño, el organismo que dictará la política o plan, deberá considerar los objetivos y efectos ambientales del instrumento, así como los criterios de desarrollo sustentable de los mismos. Durante esta etapa se deberá integrar a otros órganos de la administración del Estado vinculados a las materias objeto de la política o plan, así como otros instrumentos relacionados con ellos. En el caso señalado en el inciso segundo, se deberán siempre considerar los instrumentos relacionados con capacidad vial elaborados por la autoridad competente.

En la etapa de aprobación, se deberá elaborar un anteproyecto de política o plan que contendrá un informe ambiental, que será remitido al Ministerio del Medio Ambiente para sus observaciones, para luego ser sometido a consulta pública por parte del organismo responsable.

Artículo 7° ter.- Un reglamento establecerá el procedimiento y plazos en virtud del cual se tramitará este tipo de evaluación, el que deberá considerar:

a) Los aspectos básicos a considerar durante la etapa de diseño, incluida la forma de consulta y coordinación de los organismos del Estado que puedan vincularse con la política o plan objeto de evaluación;

b) Los contenidos mínimos detallados para la elaboración de los Informes Ambientales de las políticas o planes;

c) Forma de participación del público interesado. El reglamento considerará la participación ciudadana en sus tres dimensiones: informativa, consultiva y resolutive, y

d) Forma de publicidad de la política o plan, así como su reformulación posterior.

Artículo 7° quater.- La etapa de aprobación de la política o plan, culminará con una resolución del Ministerio sectorial, en la cual se señalará el proceso de elaboración de la política o plan desde su etapa de diseño, la participación de los demás organismos del Estado, la consulta pública realizada y la forma en que ha sido considerada, el contenido del informe ambiental y las respectivas consideraciones ambientales y de desarrollo sustentable que debe incorporar la política o plan para su dictación, así como los criterios e indicadores de seguimiento."

13.5.2.4 Modificaciones a la Ley N°19.300

En particular, modificar el SEIA y agregar un nuevo instrumento de gestión ambiental, cual es, la EAE.

Aprovechar la discusión parlamentaria actual sobre la modificación a la institucionalidad ambiental, con el objeto de incorporar en el proyecto de ley que crea el Ministerio, el Servicio de Evaluación Ambiental y la Superintendencia del Medio Ambiente, los siguientes aspectos:



- en el SEIA: incorporar las siguientes materias dentro de los contenidos obligatorios del Estudio de Impacto Ambiental (artículo 12 de la Ley N°19.300): la evaluación ambiental de alternativas al proyecto que se propone, es decir, la obligación del titular del proyecto de presentar en el EIA la evaluación de alternativas de tecnologías y de localización del proyecto; y la evaluación de los impactos ambientales indirectos, acumulativos y sinérgicos del proyecto.
- en la EAE: que la EAE de políticas y planes energéticos sea obligatoria; y que la autoridad encargada de la EAE sea el Ministerio del Medio Ambiente y no el Ministerio de Energía, como sería el caso de acuerdo con el proyecto de ley en discusión. En efecto, de acuerdo con el proyecto de ley el Ministerio sectorial debe realizar los informes ambientales de las políticas sometidas a EAE y el Ministerio del Medio Ambiente simplemente puede formular observaciones a dicho Informe. Resulta necesario establecer un arreglo institucional en el que no sea la misma autoridad a cargo de la elaboración de la política o plan sectorial la que realice la EAE de dicho instrumento.

13.5.3 Incorporar la eficiencia energética en las empresas distribuidoras de electricidad

13.5.3.1 Introducción

En la actualidad, la reestructuración de los sistemas energéticos está en la cima de la agenda política tanto a nivel internacional como al interior de cada país. Si bien los factores que potencian esta situación son múltiples, dos parecen ser los más relevantes: a) el aumento de las aspiraciones energéticas de billones de personas a nivel global, especialmente las provenientes de China e India, y el consecuente incremento de los desafíos asociados a la seguridad del abastecimiento energético y b) el progresivo avance de las inquietudes acerca de los impactos ambientales de los sistemas energéticos, destacándose el cambio climático producto de la utilización de combustibles fósiles.

A pesar de que las iniciativas para abordar estos desafíos serán diversas, un elemento común a todas ellas corresponderá a aumentar la eficiencia energética en todas las etapas del flujo de la energía: apropiación, conversión, transmisión y consumo.

Si bien los desafíos asociados a la seguridad del futuro abastecimiento energético podrán ser abordados por medio del aumento de la oferta energética o la reducción de la demanda, esta última alternativa presenta diversas ventajas económicas con respecto a la primera. En primer lugar, como fuente de energía es más barata que cualquier opción ligada a la oferta energética. Tal como expresa la CNE, avanzar en la eficiencia energética permite “reducir la extracción, generación, importación, transformación, transmisión y distribución de energía”, posibilitando el uso alternativo de recursos escasos de inversión (CNE, 2008).



Además, al no requerir de combustibles, la eficiencia energética no se ve afectada por los vaivenes de los precios mundiales de éstos insumos ni por interrupciones de su abastecimiento. Finalmente, el uso eficiente de la energía está asociado a un aumento en la productividad y a una disminución en los costos del sector productivo.

Por su parte, la eficiencia energética es una herramienta de gestión que se encuentra completamente alineada con los desafíos asociados a la creciente inquietud global sobre los impactos ambientales de los sistemas energéticos. Lo anterior se debe a que al reducir el consumo de energía no sólo se disminuye la emisión de gases de efecto invernadero, sino que también se aminoran los niveles de contaminación local y la presión sobre los recursos naturales.

A nivel de bienestar de las personas, la eficiencia energética está vinculada a una reducción en los gastos de las familias, a un mejoramiento de la habitabilidad de las viviendas e incluso a una menor presencia de algunos tipos de enfermedades pulmonares. A fin de cuentas, el uso eficiente de energía redundará en beneficios económicos, ambientales y sociales.

A pesar de que el uso eficiente de la energía sobrepasa el ámbito de la electricidad, en este sector se encuentran las mayores barreras en esta materia, principalmente debido a aspectos regulatorios que condicionan el actual funcionamiento de este mercado. De este modo, y siguiendo lo expresado en el informe elaborado por el grupo de expertos en eficiencia energética de APEC en base a su revisión del caso chileno, este apartado se concentra en las principales recomendaciones de dicho informe para el sector eléctrico; a saber, seguir la experiencia internacional e introducir regulaciones que incentiven la implementación de programas de eficiencia energética por parte de las distribuidoras eléctricas (Grupo de Trabajo sobre Energía de APEC, 2009).

13.5.3.2 Ideas matrices

Una de las bases del marco regulatorio del sector eléctrico en Chile es que las tarifas deben ser representativas de los costos reales de generación, transmisión y distribución de electricidad correspondientes a una operación eficiente. En el caso de la distribución, al ser una actividad monopólica, las empresas operan bajo un régimen de empresas de servicio público en donde las tarifas se encuentran reguladas y el servicio sujeto a restricciones de calidad de suministro. Así, bajo este esquema tarifario las empresas distribuidoras buscan ser eficientes tanto en su política de inversiones como sus operaciones (Systep Ingeniería y Diseños, 2009).

Sin embargo, debido a que las tarifas reflejan la potencia consumida por los clientes, de modo que a mayor potencia consumida mayor es el ingreso de las empresas distribuidoras, éstas no están interesadas en que sus clientes reduzcan su demanda ni en la eficiencia energética asociada. En otras palabras, en el actual esquema regulatorio las empresas distribuidoras no sólo no enfrentan incentivos para avanzar en la eficiencia energética, sino que más bien están desincentivadas en esta materia.



Para corregir esta situación, y siguiendo la creciente orientación de los sistemas regulatorios a nivel mundial, se deben diseñar e implementar instrumentos regulatorios que paralelamente introduzcan incentivos para que las empresas distribuidoras incorporen dentro de su modelo de negocio la eficiencia energética y no alteren su actual búsqueda de eficiencia económica (Systep Ingeniería y Diseños, 2009). Más específicamente, aquí se aconseja seguir la principal recomendación del informe APEC para el sector eléctrico chileno:

"crear un régimen regulatorio que desacople los ingresos de las empresas de distribución eléctrica de sus ingresos por ventas, eliminando de esta forma los desincentivos para las empresas de promover la eficiencia energética entre sus usuarios finales" (Grupo de Trabajo sobre Energía de APEC, 2009).

Si bien podría esperarse algún grado de oposición por parte de las empresas distribuidoras a una iniciativa de estas características, la experiencia reciente indica lo contrario. Tal como indica el informe APEC, estas empresas han manifestado un explícito y poderoso apoyo a las iniciativas de eficiencia energética y a su disposición de participar activamente en ellas.

Lo anterior queda reflejado en las declaraciones de Rodrigo Castillo, Gerente General de Empresas Eléctricas A.G., asociación gremial que reúne a las compañías de distribución y transmisión eléctricas de Chile, acerca del objetivo de la asociación: encaminar el país hacia un sistema orientado hacia la eficiencia energética, involucrando cambios regulatorios que desacoplen los ingresos de las empresas distribuidoras de la transacción de unidades energéticas, tal como se hace en algunas ciudades de Estados Unidos y en países como Italia (E-I, 2009). Lo mismo acontece con la opinión de Guillermo Pérez, gerente de Regulación y Gestión de Energía de Chilectra, quien indica que es indispensable que existan normativas con rango legal que promuevan la eficiencia energética (EI, 2009).

13.5.3.3 Contenidos mínimos¹¹⁶

En base a la experiencia internacional y la literatura especializada, los contenidos mínimos de un mecanismo regulatorio que promueva la eficiencia energética en las empresas de distribución eléctrica por medio del desacople de sus ingresos de sus ventas son los siguientes:

- metas de ahorro energético;
- mecanismo de desacople;
- incentivos por desempeño; y
- sistema de financiamiento.

¹¹⁶ Esta sección está ampliamente basada en el Capítulo 7 "Propuestas Regulatorias" del Systep Ingeniería y Diseños (2009).



a) Metas de ahorro energético

Independientemente del mecanismo a ser utilizado en la promoción de la eficiencia energética en las empresas de distribución eléctrica, éste debe responder a metas nacionales y sectoriales de ahorro, tanto de potencia como de energía, definidas por la autoridad en base a una visión global a largo plazo. Así, el primer paso corresponde al claro establecimiento de estas metas, de modo que las empresas de distribución eléctrica puedan desarrollar una planificación estratégica que les permita enfrentar el nuevo escenario.

Por su parte, en función de las metas de ahorro a largo plazo, la autoridad debe establecer metas anuales o de corto plazo de ahorro de potencia y energía para las empresas de distribución eléctrica. En base a estas metas de corto plazo, que deben ser capaces de ser monitoreadas continuamente, la autoridad debe diseñar los mecanismos específicos de ahorro para las distribuidoras. Debido a que la cobertura de las iniciativas de ahorro debe concentrarse en los sectores con mayor potencial, es recomendable que éstas incluyan a todas las empresas distribuidoras que poseen más de 50.000 clientes regulados.

b) Mecanismo de desacople

El principal elemento del mecanismo regulatorio tendiente a promover la eficiencia energética en las empresas distribuidoras de electricidad corresponde a introducir cambios en el actual esquema tarifario de estas empresas de modo separar o desacoplar sus ingresos de la cantidad de electricidad que venden. Bajo este esquema, la autoridad determina el nivel de ingresos que cada empresa distribuidora requiere para proveer de un servicio seguro, adecuado y confiable para un plazo específico. Así, la empresa sabe exactamente cuánto dinero recaudará, independientemente del volumen de ventas, y que sus utilidades dependerán de cuán eficiente sea en la gestión de sus costos (Shirley, Lazar y Weston, 2008).

La determinación del nivel de ingresos proviene de una proyección basada en la demanda esperada, la tarifa actual y la operación eficiente de la empresa distribuidora en cuestión, la cual debe ser aprobada por la autoridad a cargo del mecanismo. Luego del primer plazo, si los ingresos son menores al nivel determinado por la autoridad, la empresa recobrará las recaudaciones perdidas por medio de un aumento de la tarifa para el próximo período. Si los ingresos son mayores al nivel determinado, las recaudaciones adicionales serán retornadas a los clientes por medio de una reducción de la tarifa en el siguiente período. En otras palabras, se utiliza un sistema de ajuste tarifario ex post .

Por su parte, la determinación del nivel de ingresos puede ser implementada de diversas maneras, siendo las más comunes las basadas en un límite al total de ingresos o en un límite a los ingresos por cliente. Mientras la primera asume que un cambio en la base de consumidores no implica cambios en los requerimientos de infraestructura, la segunda asume lo contrario (Wood y Risser, 2009). Debido a que una empresa distribuidora de electricidad enfrentada a un aumento en su base de clientes deberá realizar nuevas inversiones, aquí se sugiere determinar el nivel de ingresos en base a un límite a los ingresos por cliente. Así, el nivel de ingresos autorizado por la autoridad



variará en función de cambios en el número de clientes atendidos por las empresas distribuidoras.

c) Incentivos por desempeño

Si bien el desacople de los ingresos de las ventas reduce el desincentivo para que las empresas distribuidoras de electricidad inviertan en eficiencia energética, este mecanismo no las incentiva positivamente en esta materia. Así, el mecanismo de desacople debe ir acompañado de incentivos que las estimulen a alcanzar y superar sus metas de ahorro por medio de acciones que mejoren la eficiencia de sus instalaciones y reduzcan la demanda de sus clientes (Shirley, Lazar y Weston, 2008).

Para garantizar el éxito de los incentivos por desempeño, es necesario contar con un sistema transparente, de conocimiento público y basado en estándares, que permita evaluar, medir y verificar el nivel de ahorro alcanzado por las empresas distribuidoras. Dado que la experiencia internacional en esta materia es abundante, se recomienda no sólo diseñar este sistema utilizando esta información sino que también, dentro de lo posible, adoptar aquellos protocolos internacionales reconocidos por su buen desempeño (Shirley, Lazar y Weston, 2008).

d) Sistema de financiamiento

Un elemento crucial de todo mecanismo regulatorio tendiente a promover la eficiencia energética en las empresas distribuidoras de electricidad es el establecimiento de un sistema de financiamiento sólido y estable que cubra todos los costos asociados. Más específicamente, debe financiar el desarrollo de los sistemas de medición y evaluación, el pago de incentivos asociados al cumplimiento y superación de metas de ahorro, y los costos relacionados con la gestión del mecanismo de desacople por parte de la autoridad. Si bien los fondos correspondientes pueden proceder de cargos en la tarifa de los clientes regulados o de las arcas fiscales, aquí se recomienda implementar la primera alternativa.

13.5.3.4 Reformas legales necesarias

De acuerdo con el Artículo 181 del Decreto con Fuerza de Ley N°4, del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción de 2006, en el mercado de la distribución eléctrica el precio de venta es regulado y considera la suma del precio de nudo y del Valor Agregado de Distribución (VAD).¹¹⁷ La magnitud del VAD corresponde a un valor medio de los costos de inversión y funcionamiento asociados a una empresa de distribución modelo con respecto a la eficiencia de su política de inversiones y de su gestión (Alvarez, 2008). Más específicamente, de acuerdo con el Artículo 182 del mismo cuerpo legal el VAD considera tres tipos de costos:

- costos fijos por concepto de gastos de administración, facturación y atención del usuario, independientes de su consumo;
- pérdidas medias de distribución en potencia y energía; y

¹¹⁷ Decreto con Fuerza de Ley N°4, del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, de 2006. Fija texto refundido, coordinado y sistematizado del Decreto con Fuerza de Ley N° 1, de Minería, de 1982, Ley General de Servicios Eléctricos, en materia de energía eléctrica. Fecha Publicación en el Diario Oficial: 5 de febrero de 2007.



- costos estándares de inversión, mantención y operación asociados a la distribución, por unidad de potencia suministrada.

Siguiendo lo propuesto por Systep Ingeniería y Diseños, se sugiere introducir dentro del VAD un Factor de Desacople de Ingresos (FDI), correspondiente a una cuenta de saldos por cobrar o pagar y que se calcula como la diferencia entre los ingresos determinados por la autoridad y los ingresos realmente recaudados por la empresa distribuidora al final de cada periodo (Systep Ingeniería y Diseños, 2009). Así, el valor del VAD será la suma de los costos fijos, las pérdidas medias de distribución en potencia y energía, los costos estándares de inversión, mantención y operación, y el FDI. Esta forma de introducir el mecanismo regulatorio de desacople tiene la ventaja de ser simple y de mantener inalterado el cálculo actual del VAD.

Más específicamente, el cálculo del FDI consta de dos pasos. En primer lugar se divide la diferencia entre los ingresos determinados por la autoridad y los realmente recaudados por la empresa distribuidora para el período en evaluación por los ingresos proyectados para el próximo período. Luego, este cociente se multiplica por la tarifa del período en evaluación. La fórmula que sigue a continuación detalla este cálculo (Systep Ingeniería y Diseños, 2009):

$$FDI = P * (Q_{det} - Q_{real})_t / (Q_{det})_{t+1} \quad [$/kW]$$

donde

P = tarifa del período en evaluación;

$(Q_{det} - Q_{real})_t$ = diferencia entre los ingresos determinados por la autoridad y los realmente recaudados por la empresa distribuidora para el período en evaluación; y

$(Q_{det})_{t+1}$ = ingresos proyectados para el próximo período.

Si la empresa distribuidora recaudó ingresos menores a los determinados, el FDI es positivo y tenderá a aumentar el VAD del próximo período. Si sus ingresos reales fueron mayores a los determinados, el FDI será negativo y tenderá a disminuir el VAD del siguiente período.

Así, la introducción del mecanismo regulatorio de desacople deberá modificar el Artículo 182 del Decreto con Fuerza de Ley N°4, del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción de 2006 de modo que el VAD considere entre sus variables el FDI. A modo de ejemplo, a continuación se entrega una versión preliminar de este artículo incluyendo dicha modificación, la cual corresponde a la añadidura del punto 4:

"Artículo 182°.- El valor agregado por concepto de costos de distribución se basará en empresas modelo y considerará:

1.- Costos fijos por concepto de gastos de administración, facturación y atención del usuario, independientes de su consumo;

2.- Pérdidas medias de distribución en potencia y energía, y



3.- *Costos estándares de inversión, mantención y operación asociados a la distribución, por unidad de potencia suministrada. Los costos anuales de inversión se calcularán considerando el Valor Nuevo de Reemplazo, en adelante VNR, de instalaciones adaptadas a la demanda, su vida útil, y una tasa de actualización igual al 10% real anual.*

4.- *Factor de Desacople de Ingresos (FDI) asociado a la diferencia entre los ingresos determinados por la autoridad y los ingresos realmente recaudados por la empresa distribuidora al final de cada periodo”.*

Además, la introducción del mecanismo regulatorio de desacople deberá incluir un nuevo artículo en Decreto con Fuerza de Ley N°4, del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción de 2006 que detalle el mecanismo de cálculo del FDI. A modo de ejemplo, a continuación se entrega una versión preliminar, y seguramente simplificada, de este artículo:

Artículo Xº.- El cálculo del FDI constará de dos pasos. En primer lugar se dividirá la diferencia entre los ingresos determinados por la autoridad y los realmente recaudados por la empresa distribuidora para el período en evaluación por los ingresos proyectados para el próximo período. Luego, este cociente se multiplicará por la tarifa del período en evaluación. La fórmula que sigue a continuación detalla este cálculo:

$$FDI = P * (Q_{det} - Q_{real})_t / (Q_{det})_{t+1} \quad [$/kW]$$

donde

P = tarifa del período en evaluación;

(Q_{det} - Q_{real})_t = diferencia entre los ingresos determinados por la autoridad y los realmente recaudados por la empresa distribuidora para el período en evaluación;
y

(Q_{det})_{t+1} = ingresos proyectados para el próximo período”.

Por su parte, la magnitud de elementos que constituyen el VAD es establecida mediante decretos actualizados cada cuatro años por el regulador. El decreto actualmente vigente corresponde al Decreto N° 276, del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, de 2004.¹¹⁸ Así, la introducción del mecanismo regulatorio de desacople también deberá reformar este cuerpo legislativo.

Siguiendo las recomendaciones de Systep Ingeniería y Diseños, la manera más sencilla de introducir el FDI en este decreto corresponde a “incluir una partida adicional en las formulas tarifarias (puntos 6.1 al 6.7 del decreto), como un ajuste por desacople con unidades de \$/kW/mes ... De este modo, la tarifa final del usuario estará compuesto por un cargo fijo, un cobro por energía, un cobro por potencia, otros cargos específicos de la opción tarifaria ..., y finalmente un factor de desacoplamiento de ingresos de alta o baja tensión según corresponda”.

¹¹⁸ Decreto N° 276, del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, de 2004. Fija las fórmulas aplicables a los suministros sujetos a precios regulados que se señalan, efectuados por las empresas concesionarias de distribución que se indican. Fecha Publicación en el Diario Oficial: 11 de febrero de 2005.



13.5.4 Aumentar el consumo de biocombustibles en el transporte

13.5.4.1 Introducción

Actualmente el consumo energético nacional es abastecido principalmente en base a combustibles fósiles, en donde el petróleo representa el 41% del consumo primario, el gas natural el 16% y el carbón el 16%. El sector transporte es mayor consumidor de energía, alcanzando el 35% del consumo total, concentrado en un 99% en los derivados del petróleo. Por su parte, aproximadamente el 98% del petróleo consumido es importado.

En base a los patrones de consumo y abastecimiento actuales, se estima que al 2030 el sector transporte representará el 52% del consumo energético del país y el consumo de petróleo será 3,1 veces mayor que el actual. En otras palabras, en ausencia de medidas y políticas tendientes a modificar la actual estructura de consumo y abastecimiento de combustibles para el transporte, al 2030 Chile será aún más dependiente de fuentes energéticas fósiles importadas que en la actualidad.

Si bien se estima que al 2030 el abastecimiento global de petróleo no se verá mayormente afectado, existe consenso de que a partir de entonces su abastecimiento se irá dificultando. Para entonces, no sólo se espera que su precio haya aumentado considerablemente, sino también que sus reservas hayan disminuido significativamente. De este modo, todos los países se verán obligados a reestructurar sus sistemas de transporte a favor de combustibles alternativos. En otras palabras, el desafío para Chile no es a si deberá o no reemplazar su actual consumo de petróleo por combustibles alternativos; más bien, éste corresponde a cuándo comenzar este proceso y a la manera de hacerlo.

Si bien las alternativas para convertir la flota vehicular hacia combustibles distintos del petróleo son diversas, incluyendo los biocombustibles, la electricidad y el hidrógeno, este apartado se concentra en los primeros. Esto responde a diversas razones, destacándose su nivel de desarrollo a nivel mundial, la existencia de iniciativas que fomentan su consumo en Chile y el interés de la Comisión Nacional de Energía (CNE) por fomentarlo. De hecho, la CNE ha expresado que los biocombustibles podrían cubrir hasta el 10 por ciento del consumo del sector transporte terrestre al año 2020.

13.5.4.2 Ideas matrices

Los biocombustibles son combustibles renovables derivados de insumos biológicos, pudiendo generarse en estados tanto líquidos como gaseosos. Concentrándonos en los primeros, se destacan el bioetanol y el biodiesel, los que son utilizados para reemplazar el petróleo en los procesos de combustión. En función del proceso productivo, éstos suelen clasificarse en dos categorías: a) de primera generación y b) de segunda generación. Mientras los de primera generación se obtienen mayoritariamente de cultivos alimenticios como la caña de azúcar, el maíz y el trigo, los de segunda generación utilizan como materia prima insumos biológicos no alimenticios. Si bien ha habido avances tecnológicos y económicos significativos en el desarrollo de los biocombustibles de segunda generación, a diferencia de los de primera generación, todavía enfrentan considerables restricciones para su despliegue comercial.



La incorporación de biocombustibles en el sector transporte, ya sea a través de su importación o generación doméstica, reporta diversos beneficios. En particular se destacan los siguientes:

- debido a la importancia del petróleo importado en la matriz energética nacional como a la volatilidad de su precio en los mercados internacionales, permite reducir la dependencia y la vulnerabilidad de nuestro sistema energético con respecto a este combustible; y
- ayuda a mitigar de manera significativa las emisiones atmosféricas de impacto local, especialmente las de material particulado, y las que contribuyen al calentamiento global.

Con respecto a la producción nacional de biocombustibles, es importante velar porque este proceso no ponga en riesgo la producción de alimentos en Chile ni perjudique el bosque nativo. En este sentido, los esfuerzos debiesen estar dirigidos al desarrollo de biocombustibles tanto de primera como de segunda generación (aquellos que se producen a partir de biomasa que no tiene uso alimenticio) que no compiten por tierras con potencial agrícola o que albergan bosques nativos. Mientras dentro de los primeros se destacan los biocombustibles desarrollados a partir de productos como las grasas animales y cultivos tradicionales (raps), dentro de los segundos sobresalen los generados a partir de material lignocelulósico y de algas cultivadas en el mar.

En función de los anteriores beneficios, a nivel estatal Chile ha declarado su interés por impulsar decididamente el desarrollo de los biocombustibles para el transporte, tanto a nivel de consumo como de producción. Por su parte, en consideración de los riesgos alimenticios asociados al uso de la tierra, con respecto a la producción ha expresado su intención de fomentar los biocombustibles que no provienen de materias primas alimentarias. Más específicamente, las autoridades correspondientes han manifestado públicamente la necesidad de definir e implementar una política para:

desarrollar un mercado gradual de biocombustibles, aprovechando las opciones de primera generación y fomentando la investigación y el desarrollo sostenibles de los recursos potenciales para la producción de biomasa de segunda generación (lignocelulosa y algas).¹¹⁹

Si bien el Gobierno de Chile ha desarrollado algunas iniciativas tendientes a materializar estas intenciones, éstas parecen insuficientes. A nivel legal y reglamentario se destacan las siguientes normas:

- el Decreto Nº 1.442 del Ministerio de Hacienda: «Modifica Arancel Aduanero Nacional», del Servicio Nacional de Aduanas, que introduce nueve nuevos códigos arancelarios para biodiésel proveniente de especies oleaginosas como colza, soya, girasol, ricino, palma; de grasas y aceites animales; de mezclas de aceites vegetales y animales, y sintéticos de biomasa, en la Partida 38.24;

¹¹⁹ Ver presentación Política para los biocombustibles en Chile ofrecida por José Antonio Ruiz, Jefe Área Hidrocarburos de la Comisión Nacional de Energía, en el "IV Encuentro Internacional de Inversiones en Energías Renovables y MDL" el 8 de septiembre de 2009 en hotel Crowne Plaza de Santiago. (<http://www.chilenergy2009.com/presentaciones/06.BiocombustiblesEnChile.pdf>)



- la Circular N° 30 del Servicio de Impuestos Internos (SII), del 16 de mayo de 2007: «Instruye sobre tratamiento tributario de los biocombustibles denominados biodiésel y bioetanol», que da un tratamiento tributario beneficioso para los biocombustibles; y
- el Decreto N° 11 del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción: «Aprueba definiciones y especificaciones de calidad para la producción, importación, transporte, almacenamiento, distribución y comercialización de bioetanol y biodiésel», que autoriza el uso de biocombustibles en vehículos motorizados y regula su producción y comercialización en el país.

A nivel institucional se destacan la conformación del Comité Público-Privado de Bioenergía, en el cual participan varias instituciones tanto públicas como privadas, del Comité Intra-ministerial conformado por gran parte de los organismos pertenecientes al Ministerio de Agricultura, y del Comité Interministerial presidido por el Ministro de Energía. También es relevante la creación de consorcios tecnológicos para la investigación de biocombustibles de material lignocelulósico y de algas.

Del conjunto de iniciativas la más relevante y concreta corresponde al incentivo tributario para la utilización de biocombustibles que los exime del impuesto específico que se aplica a los derivados del petróleo en el transporte. El resto de los esfuerzos gubernamentales para promover los biocombustibles han sido a nivel de estudios técnicos y regulatorios (Foster y Valdés, 2008). En pocas palabras, del conjunto de políticas aplicables en materia de biocombustibles – subsidios a la producción, exención tributaria, obligaciones de sustitución de combustibles fósiles por biocombustibles, fijación de precios y depreciación acelerada de capital –, Chile los promueve sólo por medio de exenciones tributarias.

Lo anterior contrasta notablemente con lo que ocurre en la mayoría de los países desarrollados y en varios países sudamericanos, en donde se han implementado diversos mecanismos para aumentar el consumo de biocombustibles y dentro de los cuales el de mayor relevancia corresponde al establecimiento de metas precisas de sustitución de combustibles fósiles. Algunos ejemplos de este último mecanismo se detallan en la siguiente tabla (Pistonesi, Nadal, Bravo y Bouille, 2008):

País o región	Metas de participación de biocombustibles en transporte
Estados Unidos	5% al 2012 y 17% al 2017 (bioetanol y biodiesel)
Unión Europea	5,75% al 2010, 8% al 2015 y 10% al 2020 (bioetanol y biodiesel)
China	15% al 2020 (bioetanol)
India	5% al 2012 y 10% al 2017 (bioetanol)
Argentina	5% al 2010 (bioetanol y biodiesel)
Bolivia	2,5% al 2007 y 20% al 2015 (biodiesel)
Brasil	22% desde el 2001 (bioetanol); 5% al 2013 y 20% al 2020 (biodiesel)
Colombia	10% desde el 2006 (bioetanol); 5% desde el 2008 (biodiesel)
Paraguay	18% mínimo (bioetanol); 3% al 2008 y 5% al 2009 (biodiesel)
Perú	7,8% desde el 2006 (bioetanol); 5% desde el 2008 (biodiesel)



Para que el transporte de Chile aumente su consumo de biocombustibles, y así comience a adecuarse a las crecientes exigencias del futuro mercado de combustibles, debemos seguir la tendencia mundial reflejada en la tabla anterior e introducir obligaciones específicas, graduales y crecientes de sustitución de combustibles fósiles por biocombustibles.

13.5.4.3 Contenidos mínimos

En base a la experiencia internacional, los contenidos mínimos de un mecanismo regulatorio que promueva el consumo de biocombustibles en el transporte por medio de obligaciones de sustitución de combustibles fósiles por biocombustibles son los siguientes:

- definición de biocombustibles;
- obligatoriedad de mezcla;
- requisitos operacionales; y
- fiscalización y sanciones por incumplimiento.

a) Definición de biocombustibles

El primer elemento del mecanismo regulatorio tendiente a promover el consumo de biocombustibles en el transporte por medio de obligaciones de sustitución de combustibles fósiles corresponde a la definición de los biocombustibles que serán objeto de la regulación. Generalmente se los entiende como aquellos combustibles producidos a partir de materias primas de origen animal o vegetal, del procesamiento de productos agroindustriales o de residuos orgánicos. Aparte de cumplir con las condiciones establecidas en el párrafo precedente, los biocombustibles deberán cumplir parámetros mínimos de calidad que establezca el Poder Ejecutivo.

Al respecto, el Decreto N° 11 del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción, que autoriza el uso de biocombustibles en vehículos motorizados y regula su producción y comercialización en el país, establece definiciones y especificaciones de calidad para la producción, importación, transporte, almacenamiento, distribución y comercialización de bioetanol y biodiesel. En este sentido, la nueva regulación debiese acogerse a lo indicado por este Decreto.

b) Obligatoriedad de mezcla

El principal elemento de este mecanismo regulatorio corresponde a la introducción de obligaciones de sustitución específicas, graduales y crecientes de combustibles fósiles por biocombustibles. Bajo este esquema, la autoridad determina que todo combustible líquido caracterizado como petróleo diesel deberá ser mezclado con biodiesel en una proporción determinada que irá aumentando en el tiempo. Similarmente, la autoridad determina que todo combustible líquido caracterizado como gasolina automotriz deberá ser mezclado con bioetanol en una proporción determinada que irá aumentando en



el tiempo. De este modo, el mecanismo regulatorio deberá contener un calendario de aplicación para el biodiesel y otro para el bioetanol.

Además, la autoridad deberá determinar dónde se realizarán las mezclas de biocombustibles con los combustibles derivados del petróleo (refinerías, plantas de almacenamiento y despacho de combustibles, etc.) la manera en que el producto resultante será comercializado.

c) Requisitos operacionales

El mecanismo regulatorio deberá establecer los requisitos y condiciones necesarios para la habilitación y operación de las plantas de mezcla de biocombustibles, resolver sobre su calificación y aprobación, y certificar la fecha de su puesta en marcha. Además, deberá exigir la creación y actualización de un registro público de estas plantas, indicando sus niveles operacionales y sus condiciones de ejecución. Por su parte, deberá establecer los requerimientos operacionales en materia de transporte y comercialización de biocombustibles.

d) Fiscalización y sanciones por incumplimiento

El mecanismo regulatorio deberá determinar la autoridad que estará a cargo de fiscalizar las obligaciones en él establecidas y definir la frecuencia de fiscalización y control correspondiente. Entre otras cosas, esta tarea contemplará la realización de auditorías e inspecciones a las plantas habilitadas para la mezcla de biocombustibles a fin de controlar su correcto funcionamiento y su ajuste a la normativa vigente.

El mecanismo también deberá determinar el procedimiento de sanciones asociado a la detección de una infracción o incumplimiento por medio de las tareas de fiscalización de cualquiera de las obligaciones establecidas en el mecanismo regulatorio, así como de cualquiera de las normas técnicas de calidad atinentes.

13.5.4.4 Reformas legales necesarias

De acuerdo con el DFL N° 1/1978 del Ministerio de Minería, el Presidente de la República, por medio de un Decreto Supremo expedido por el Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción puede declarar normas oficiales nacionales, normas técnicas y de calidad aplicables a los diversos tipos de petróleo, a los combustibles derivados de éste y a cualquier otra clase de combustible.¹²⁰ De este modo, se han dictado numerosas normas sobre la calidad de los combustibles líquidos derivados del petróleo, las que detalla la tabla que sigue (Barros y Errazuriz Abogados y Gamma Ingenieros S.A. 2008):

¹²⁰ Art. 6, DFL N°1/1978, Ministerio de Minería.



Norma	Descripción
Decreto Supremo Nº 133/2004, Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción. Establece especificaciones de calidad en combustibles que indica.	En este decreto se establecen las especificaciones nacionales de calidad, con excepción de la Región Metropolitana de los combustibles Gasolina para motores de ignición por chispa, Kerosene y petróleo Diesel Grado B.
Decreto Supremo Nº 319/2005, Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción. Establece especificaciones de calidad de combustible que indica.	En este decreto se establecen las especificaciones nacionales de calidad, con excepción de la Región Metropolitana, para la Gasolina y el Petróleo Diesel Grado B. (Reemplaza parte del DSE-133/2004).
Decreto Supremo Nº 58 de 2003, del Ministerio Secretaría General de la Presidencia. Reformula y Actualiza Plan de Prevención y Descontaminación Atmosférica para la Región Metropolitana (PPDA).	En este decreto, específicamente en el Capítulo III, se modifican los requisitos establecidos en el DSE-456/97 para el Petróleo Diesel Grado A1 y Grado A2, el Kerosene, la Gasolina y los Petróleos Combustibles Grado 5 y 6, que se expenden en la Región Metropolitana.

Como se desprende de la tabla anterior, actualmente no existe ninguna norma asociada a un requerimiento que obligue a mezclar estos combustibles con una proporción específica de biocombustibles.

La introducción de la obligatoriedad de mezclar los combustibles fósiles con biocombustibles debe estar incorporada en la estructura de los decretos señalados en la tabla anterior: en el Decreto Supremo Nº 319/2005 del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción para el país con excepción de la Región Metropolitana y en el Decreto Supremo Nº 58 de 2003 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia para la Región Metropolitana.

En este sentido, la forma más directa es incluir una partida adicional en los requisitos de estos decretos que especifique el porcentaje de biocombustible que deberá contener todo petróleo diesel y gasolina automotriz expandida en el territorio regulado por cada decreto.

A modo de ejemplo, a continuación se entrega una versión preliminar de las modificaciones que debiese sufrir el Decreto Supremo Nº 319/2005 del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción:

Artículo 1º.- Las especificaciones nacionales de calidad, con excepción de la Región Metropolitana, de los combustibles Gasolina para motores de ignición por chispa, y Petróleo Diesel Grado B son las siguientes:

Gasolina para motores de ignición por chispa:

Propiedad	Diciembre 2015	Diciembre 2020
<i>Porcentaje obligatorio de bioetanol</i>	<i>5%</i>	<i>10%</i>



Petróleo Diesel Grado B:

Propiedad	Diciembre 2015	Diciembre 2020
<i>Porcentaje obligatorio de biodiesel</i>	5%	10%

A su vez, a modo de ejemplo, a continuación se entrega una versión preliminar de las modificaciones que debiese sufrir el Decreto Supremo ° 58 de 2003 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia:

Artículo 10.-

a) El Petróleo diesel Grado A1 y Grado A2 que se expenda en la Región Metropolitana deberá cumplir con los siguientes requisitos:

Características	Diciembre 2015	Diciembre 2020
<i>Porcentaje obligatorio de biodiesel</i>	5%	10%

Artículo 12.-

a) La Gasolina para motores de ignición por chispa que se expenda en la Región Metropolitana deberá cumplir los siguientes requisitos:

Características	Diciembre 2015	Diciembre 2020
<i>Porcentaje obligatorio de bioetanol</i>	5%	10%

13.6 REFERENCIAS

- Aßmann, D. y Sieber, N. 2005. Transport in Developing Countries: Renewable Energy versus Energy Reduction? *Transport Reviews* 25 (6): 719 – 738.
- Alvarez, F. 2008. Conciliación entre la eficiencia energética y las empresas de distribución de electricidad. Tesis para optar al grado de Magíster en Ciencias de la Ingeniería. Facultad de Ingeniería, PUC. Santiago.
- Andrade, A. 2008. Introduction. En Andrade, A. (ed.) *Applying the ecosystem approach in Latin America*. IUCN, Gland: 3-12.
- Barros y Errazuriz Abogados y Gamma Ingenieros S.A. 2008. Estudio Marco Normativo y de los Procedimientos que se debe cumplir en la cadena de Producción-Consumo de los Biocombustibles, para el Inicio y Desarrollo de sus Actividades dentro de la República de Chile. Comisión Nacional de Energía, Santiago.
- Borregaard, N. y Katz, R. 2009. Opciones para la Matriz Energética Eléctrica: Insumos para la Discusión. Fundación Futuro Latinoamericano, Quito.
(http://www.ffla.net/images/stories/PDFS/PUBLICACIONES/ffla_energia_chile.pdf)
- Budnitz, R. J. y Holdren, J. P. 1976. Social and environmental costs of energy systems. *Annual Review of Energy* 1: 553-580.
- CEPAL/OCDE, 2005. Evaluaciones del desempeño ambiental: Chile. Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos/Comisión Económica para América Latina y El Caribe. París.
- CNE, 2009a. Las energías renovables no convencionales en el mercado eléctrico chileno. Comisión Nacional de Energía, Santiago.



- CNE, 2008. Política Energética: Nuevos Lineamientos. Transformando la Crisis Energética en una Oportunidad. Comisión Nacional de Energía, Santiago.
- CNIC, 2006. El Sistema Chileno de Innovación: Background Report. Consejo Nacional de Innovación para la Competitividad, Santiago.
- CONICYT, 2007. El sector de la energía en Chile. Capacidades de investigación y áreas de desarrollo científico-tecnológico. Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (CONICYT) de Chile, Santiago.
- Cubillos, G. 1999. Marco constitucional y legal que incide en los procesos de ordenamiento territorial en Chile. En Serrano, M (ed.), *Apoyo al desarrollo de instrumentos de manejo de los recursos naturales: ordenamiento territorial*. CONAMA/BID/FOMIN, Santiago.
- Dalkman H., Sterk W., Bongardt D., Wittneben B. y Baatz C. 2007. The Sectoral Clean Development Mechanism – A Contribution from a Sustainable transport Perspective. JIKO Policy Paper, Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy.
- Donovan, S., Genter, J., Petrenas, B., Mumby, N., Hazledine, T., Litman, T., Hewison, G., Guidera, T., O'Reilly, L., Green, A. y Leyland, G. 2008. Managing transport challenges when oil prices rise. New Zealand Transport Agency, Research Report 04/08.
- E-I, 2009. Masificar la eficiencia energética es nuestra prioridad. *Electro-Industria* Agosto de 2009. (<http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mv?xid=1236&edi=>)
- EI, 2009. Iluminando Santiago con innovación y flexibilidad. *Electricidad Interamericana* N° 115 Junio de 2009. (http://www.revistaei.cl/revistas/index_neo.php?id=463)
- EIA, 2009. *International Energy Outlook 2009*. DOE/EIA-0484(2009). Energy Information Administration, Office of Integrated Analysis and Forecasting, U.S. Department of Energy. Washington, DC.
- Foster, W. y Valdés, A. 2008. Chile. En *Overview of the biofuel sectors in selected Asian and Latin American Countries*. Brazilian Institute for International Trade Negotiations, ICONE. Sao Paulo.
- 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. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), Santiago.
- Grupo de Trabajo sobre Energía de APEC, 2009. Revisión de expertos sobre la eficiencia energética en Chile. Borrador del informe final, revisado el 14 de abril 2009.
- Hassan, G. 2009. *Preliminary site selection – Chilean marine energy resources*. Banco Interamericano de Desarrollo.
- Hayward, T. 2009. Global Challenges: Latin American Opportunities. Presentación ofrecida en la conferencia "18th Annual Latin American Energy Conference", Institute of the Americas, La Jolla, California, 12-13 de mayo 2009.
- Hughes, L. 2009. The four 'R's of energy security. *Energy Policy* 37 (6): 2459-2461.
- Incentivos y Metas, 2009. Asesoría para el Diseño de la Agencia Chilena de Eficiencia Energética. Consultora Incentivos y Metas, Santiago.
- Iturriaga, J. 2002. Ordenamiento territorial en Chile. Instituciones, instrumentos, problemas y propuestas. Tesis de Magíster en Asentamientos Humanos y Medio Ambiente, FADEU-PUC, Santiago.
- Kausel, T. 2006. Casos emblemáticos para la institucionalidad ambiental chilena. *En Foco* N° 90. Expansiva, Santiago.
- Lagos, R. 2008. *El futuro comienza hoy*. La Copa Rota, Santiago.



- Lovins, A. B., Datta, E. K., Bustnes, O., Koomey, J. G. y Glasgow, N. J. 2005. *Winning the Oil Endgame: Innovation for Profits, Jobs, and Security*. Rocky Mountain Institute, Snowmass.
- Maldonado, P., Pontt, J. et. al., 2008. *Aporte Potencial de Energías Renovables No Convencionales y Eficiencia Energética a la Matriz Eléctrica, 2008 – 2025*. 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. (http://www.eula.cl/doc/chile_new_renewables.pdf).
- Márquez, M. 2002. Diagnóstico y Potencialidades del uso Eficiente de la Energía en Chile: Una Propuesta de Marco Normativo. En Larraín, S. (ed.) *Las Fuentes Renovables de Energía y el Uso Eficiente*. LOM Ediciones, Santiago.
- Márquez, M., Miranda, R. y Aserta Consultores, 2007. Una estimación de los impactos en los presupuestos familiares derivados del sostenido aumento en los precios de la energía. Universidad Austral de Chile, Valdivia.
- Millennium Ecosystem Assessment, 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press, Washington, DC.
- ONU, 2006. Opciones normativas y posibles medidas para acelerar las tareas de aplicación: energía para el desarrollo sostenible. Informe del Secretario General, 20 de Diciembre de 2006. Consejo Económico y Social, Organización de Naciones Unidas. E/CN.17/2007/2.
- Pistonesi, H., G. Nadal, V. Bravo y D. Bouille, 2008. Aporte de los biocombustibles a la sustentabilidad del desarrollo en América Latina y el Caribe: elementos para la formulación de políticas públicas. CEPAL y GTZ, Santiago.
- PNUD/GEF, 2001. Remoción de Barreras para la Electrificación Rural con Energías Renovables. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Global Environment Facility, Santiago.
- Revista EI. 2009. Integración regional: un sueño lejano pero no imposible. *Revista Electricidad Sudamericana* 112, Marzo de 2009.
- Rudnik, H. 2006a. Seguridad energética en Chile: dilemas, oportunidades y peligros. Dirección de Asuntos Públicos, Universidad Católica de Chile, Año 1, N° 4.
- Shirley, W., Lazar, J. y Weston, F. 2008. Revenue Decoupling - Standards and Criteria, A Report to the Minnesota Public Utilities Commission. The Regulatory Assistance Project, Montpelier.
(http://www.raponline.org/docs/RAP_Shirley_DecouplingRevenueRpt_2008_06_30.pdf)
- Sovacool, B. K. 2007. Solving the oil independence problem: Is it possible? *Energy Policy* 35: 5505–5514.
- Straton, A. y Pearson, L. 2008. Importance of ecosystem services for sustainable development. *ECOS Magazine* 143: 28.
- System Ingeniería y Diseños, 2009. Introducción de la eficiencia energética a través de incentivos a las empresas distribuidoras. Informe preparado para CNE. Santiago.
- Tschirhart, J. 2007. Introduction to special issue: Integrated modeling of economies and ecosystems. *Natural Resource Modeling* 20 (1): 1-6.
- Urquieta, C. 2009. Huella de carbono: el nuevo karma de las exportaciones chilenas en la economía global. Diario El Mostrador, 10 de julio de 2009.
- Velásquez, H. y Parra, J. 2003. Análisis geopolítico sobre los diversos factores energéticos en Chile y su incidencia futura en la Seguridad y Defensa Nacional. Memoria para optar al Título de Oficial de Estado Mayor. Academia de Guerra del Ejército, Santiago.



- Vergara, N. 2008. Ordenamiento Territorial en Chile: Un Análisis Crítico desde los Instrumentos de Planificación Regional. En *Desarrollo Sustentable: Gobernanza y Derecho*, Actas de las Cuartas Jornadas de Derecho Ambiental, Facultad de Derecho, Universidad de Chile, Santiago.
- Watson, J. 2008. Setting Priorities in Energy Innovation Policy: Lessons for the UK. Discussion Paper 2008-08, Belfer Center for Science and International Affairs. Cambridge, Massachusetts.
- Williamson, L. y McCormick, N. 2008. Energy, ecosystems and livelihoods: Understanding linkages in the face of climate change impacts. Energy, Ecosystems and Livelihood Initiative. IUCN, Gland.
- WNA, 2008. Information Papers. World Nuclear Association. (<http://world-nuclear.org/info/default.aspx>)
- Wood, L. y Risser, R. 2009. Making the business of energy efficiency both scalable and sustainable. Policy Brief 09-01. Energy Security Initiative, Brookings Institution, Washington, D.C.