

# **Diagnóstico de la Problemática de Mitigación de Emisiones GEI**

Documento de Apoyo al Grupo de Diagnostico de la Comisión de Cambio  
Climático del Instituto de Ingenieros de Chile

**Centro de Cambio Global UC – Pontificia Universidad Católica de Chile**

**Santiago, 29 de julio de 2011**

## Tabla de Contenidos

<b>ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS .....</b>	<b>4</b>
<b>1 OBJETIVOS DEL ESTUDIO .....</b>	<b>5</b>
1.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	5
<b>2 INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>6</b>
2.1 EL PROBLEMA DEL CAMBIO CLIMÁTICO.....	6
2.2 CONVENCIONES Y ACCIONES INTERNACIONALES .....	9
2.3 EL ENFOQUE PRIVADO .....	10
2.3.1 <i>Mercado de Carbono</i> .....	10
2.3.2 <i>Huella de Carbono</i> .....	18
2.4 BREVE DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN CHILE.....	21
2.4.1 <i>Análisis de los Sectores emisores de GEI</i> .....	28
2.4.2 <i>Acciones Públicas de Mitigación</i> .....	31
2.4.3 <i>Acciones Privadas de Mitigación</i> .....	35
<b>3 ANÁLISIS FODA DE LA MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN CHILE .....</b>	<b>39</b>
3.1 SECTOR ENERGÍA .....	39
3.1.1 <i>Fortalezas</i> .....	40
3.1.2 <i>Oportunidades</i> .....	42
3.1.3 <i>Debilidades</i> .....	45
3.1.4 <i>Amenazas</i> .....	53
3.2 SECTORES CONSUMIDORES FINALES DE ENERGÍA.....	55
3.2.1 <i>Fortalezas</i> .....	56
3.2.2 <i>Oportunidades</i> .....	58
3.2.3 <i>Debilidades</i> .....	61
3.2.4 <i>Amenazas</i> .....	63
3.3 SECTOR SILVOAGROPECUARIO .....	65
3.3.1 <i>Fortalezas</i> .....	65
3.3.2 <i>Oportunidades</i> .....	67
3.3.3 <i>Debilidades</i> .....	69
3.3.4 <i>Amenazas</i> .....	70
<b>4 DESAFÍOS.....</b>	<b>71</b>
4.1 COMPROMISOS.....	71
4.2 ACCIONES FALTANTES .....	72
4.2.1 <i>Globales</i> .....	72
4.2.2 <i>Sector Energía</i> .....	73
4.2.3 <i>Sectores Consumidores Finales de Energía</i> .....	75
4.2.4 <i>Sector Silvoagropecuario</i> .....	77
<b>5 CONCLUSIONES.....</b>	<b>78</b>
<b>6 BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>79</b>

## Lista de Tablas

Tabla 2-1: Comparación del mercado global de carbono entre los años 2008 y 2009.....	15
Tabla 2-2 Condiciones de vulnerabilidad para Chile.....	22
Tabla 2-3 Estudios realizados para abordar el tema de la vulnerabilidad de Chile frente al Cambio Climático .....	23
Tabla 2-4 Estudios encargados por el Ministerio del Medio Ambiente asociados con Inventarios, Línea Base y Mitigación .....	34
Tabla 2-5 Estudios encargados por el Ministerio del Energía e asociados con Mitigación, ERNC y Eficiencia Energética .....	35
Tabla 2-6 Acuerdos de Producción Limpia según sector .....	36
Tabla 2-7 Mesas de Trabajo dirigidas por la Agencia Chilena de Eficiencia Energética (ex PPEE).....	36
Tabla 2-8 Proyectos MDL aprobados por la Autoridad Nacional Designada .....	37
Tabla 3-1 Disponibilidad Técnica-Económica de las ERNC del SIC.....	41
Tabla 3-2 Capacidad instalada en Chile según tipo de planta. ....	46
Tabla 3-3 Costo actual de la inversión en ERNC y sus proyecciones .....	48
Tabla 3-4: Costos Tecnología Eólica Internacional y en Chile.....	48
Tabla 3-5: Países con mayor potencia instalada de energía geotérmica.....	49
Tabla 3-6 Costos de Generación Privados v/s Sociales .....	52
Tabla 3-7 Estadísticas de erosión en Chile.....	67

## Lista de Figuras

Figura 2-1 Tendencias históricas de la variación en la temperatura en la superficie de la Tierra.....	7
Figura 2-2 Variaciones en las Precipitaciones producto del Cambio Climático .....	7
Figura 2-3 Proyección de emisiones de CO2 Mundiales y medidas de mitigación necesarias.....	8
Figura 2-4 Evolución de los volúmenes y precios por cada tonelada de CO <sub>2</sub> e anualmente transados .....	16
Figura 2-5 Vendedores de transacciones provenientes de proyectos MDL y Volúmenes transados.....	16
Figura 2-6 Compradores de transacciones provenientes de proyectos MDL y Volúmenes comprados .....	17
Figura 2-7 Representación Esquemática de los impactos del Cambio Climático y su relación con las proyecciones climáticas futuras.....	24
Figura 2-8 Emisiones de los países en vías de desarrollo .....	27
Figura 2-9 Distribución histórica emisiones GEI .....	28
Figura 2-10 Distribución de emisiones GEI (inventario y proyección) para el sector Energía .....	29
Figura 2-11 Distribución de emisiones GEI (inventario y proyección) para el subsector Centros de Transformación.....	30
Figura 2-12 Distribución de emisiones GEI (inventario y proyección) para el subsector Industria .....	31
Figura 2-13 Acciones Públicas en Mitigación y Cambio Climático .....	32
Figura 3-1: Disponibilidad Técnica Factible de Recursos Energéticos Renovables en Chile (MW).....	41
Figura 3-2 Precios Históricas del GNL .....	43
Figura 3-3 Smart Grid aplicada en consumo.....	44
Figura 3-4 Cambio en la matriz Generadora 2010-2020 .....	46
Figura 3-5 Actividades incluidas en REDD+.....	68

## Acrónimos y Abreviaturas

### Instituciones

CONAMA	Comisión Nacional del Medio Ambiente, actual Ministerio del Medio Ambiente.
IEA	Agencia Internacional de la Energía.
INE	Instituto Nacional de Estadística
IPCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i> . Panel Intergubernamental del Cambio Climático
OECD	Organización para la Cooperación Económica y el Desarrollo
OMS	Organización Mundial de la Salud
SEIA	Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental

### Monedas

CLP	Pesos de Chile
EUR	Euros
MUSD	Millones de Dólares Americanos
USD	Dólares Americanos

### Países

EE.UU	Estados Unidos de América
UE	Unión Europea

### Abreviaturas

CCS	Carbon Capture & Storage. Tecnología experimental de captura y almacenamiento de CO <sub>2</sub> .
CPR	Agrupación de Sectores Comercial, Público y Residencial.
ERNC	Energía Renovable no Convencional, acrónimo que agrupa a las tecnologías de generación eléctrica renovable, pero que excluye las hidroeléctricas de más de 20MW.
FE	Factores de Emisión
GEI	Gases de Efecto Invernadero
I+D+i	Abreviatura, para iniciativas de Investigación-Desarrollo e Innovación
SAP	Sector Silvoagropecuario
SIC	Sistema Interconectado Central
SING	Sistema Interconectado del Norte Grande
TIR	Tasa Interna de Retorno
VAN	Valor Actual Neto
VET	Valor Económico Total

## **1 Objetivos del estudio**

El objetivo general de esta consultoría es efectuar un estudio de diagnóstico, en el marco de contextualizar el trabajo futuro de la Comisión, para establecer lo que está ocurriendo tanto en el mundo como a nivel nacional en torno al Cambio Climático.

### **1.1 Objetivos Específicos**

- Estudiar los fundamentos técnicos para entender el Cambio Climático a nivel global y nacional.
- Analizar las diferentes acciones e instancias realizadas en torno al tema.
- Estudiar las diferentes acciones y restricciones existentes en Chile y el mundo en torno a este tema, incluyendo la agenda país del gobierno.
- Estudiar compromisos y exigencias comerciales de los mercados que pueden afectar a la economía chilena.
- Análisis FODA de la situación chilena respecto al tema, diferenciando el diagnóstico por industria, para aquellas principales tales como minería, energía, transporte, CPR (Agrupación de Sectores Comercial, Público y Residencial), industrial y forestal.
- Analizar las potenciales consecuencias ambientales y económicas a nivel global y local del cambio climático.
- Diagnosticar los instrumentos existentes en torno a este tema.
- Recomendaciones de acciones a nivel país a realizar en el corto, mediano y largo plazo.

## 2 Introducción

### 2.1 El problema del Cambio Climático

El Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) se formó el año 1988 al alero de la Organización Mundial Meteorológica y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), con la misión de revisar y evaluar la información técnica, científica y socioeconómica más reciente que permita entender el fenómeno del cambio climático y sus potenciales consecuencias. A la fecha, el IPCC ha entregado cuatro versiones del informe que contiene dicha evaluación. El último de estos informes fue terminado en el año 2007 y en él se concluye por primera vez de manera clara que (IPCC 2007):

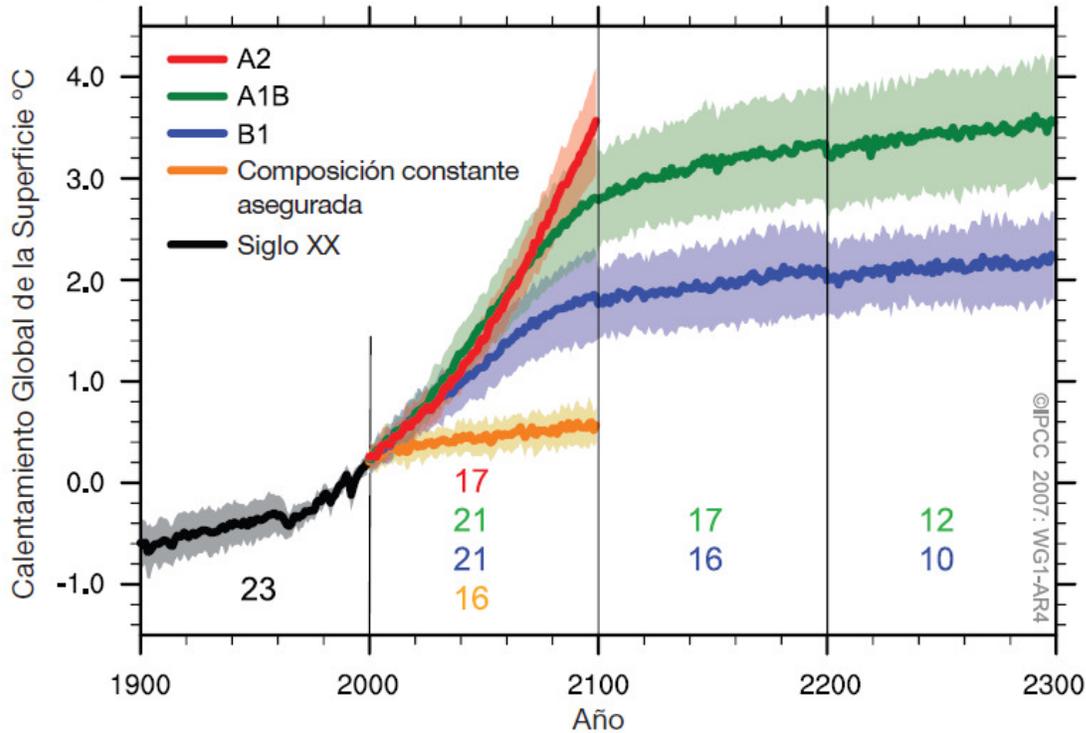
- El calentamiento del clima es inequívoco
- La mayor parte del aumento en las temperaturas promedio medidas desde el siglo 20 están muy probablemente asociadas a un aumento en la concentración de gases de efecto invernadero.

Las dos principales fuentes a través de las cuales la humanidad contribuye al cambio climático son la quema de combustibles fósiles y los procesos de deforestación. Mediante la primera se aumenta la concentración de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera, en particular de dióxido de carbono, el principal gas de efecto invernadero de origen humano; mediante la segunda se emite el carbono capturado en la biomasa forestal.

El informe del IPCC (2007) proporciona información adicional con respecto a las consecuencias potenciales esperadas del cambio climático en diferentes regiones, sectores económicos, ecosistemas y grupos sociales del planeta. Estos análisis de impactos se basan en escenarios o proyecciones de variables climáticas, principalmente temperatura y precipitación de las cuales se desprende que:

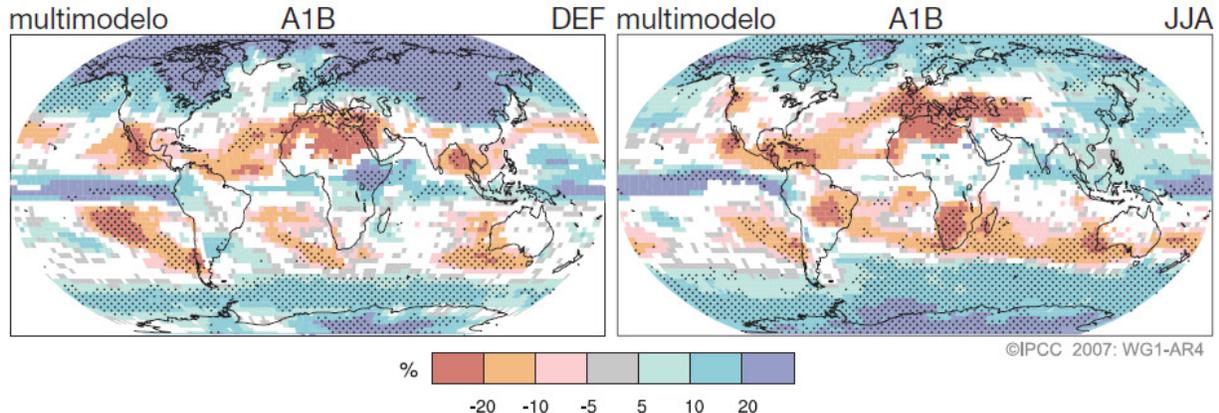
- En todos los escenarios y regiones se proyectan aumentos de temperatura. Sin embargo, estos son más evidentes en períodos más tardíos y en escenarios con mayor concentración de GEI en la atmósfera (ver Figura 2-1).
- Con respecto a la precipitación, las proyecciones son más ambiguas existiendo zonas donde se proyectaría un aumento y otras donde se proyectaría una disminución de esta variable (ver Figura 2-2).

Figura 2-1 Tendencias históricas de la variación en la temperatura en la superficie de la Tierra



Fuente: IPCC (2007)

Figura 2-2 Variaciones en las Precipitaciones producto del Cambio Climático



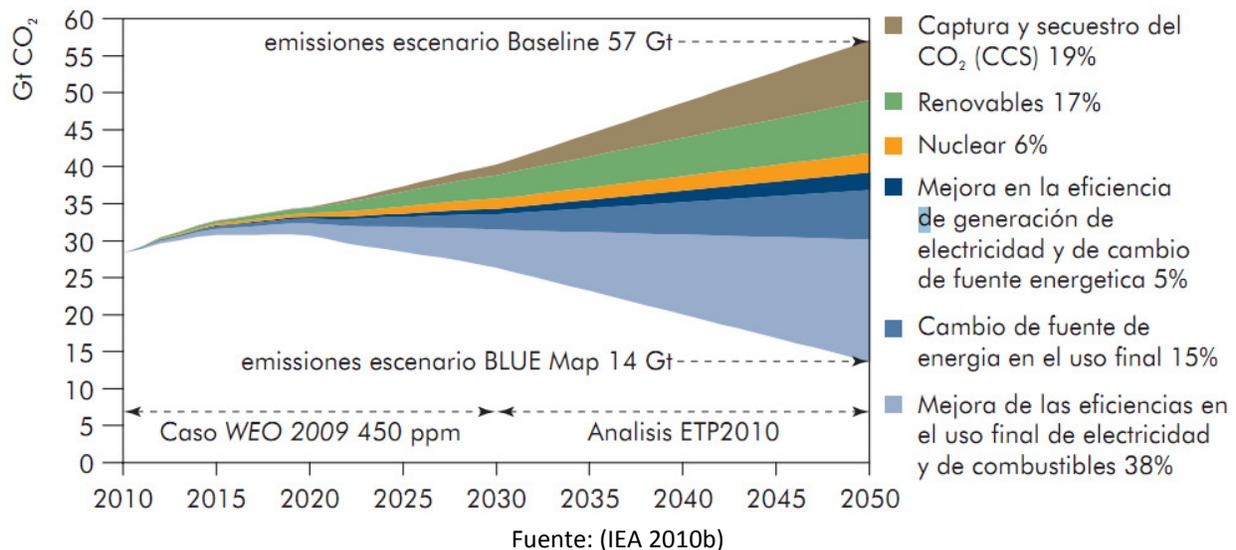
Fuente: IPCC (2007)

Evaluaciones al interior del IPCC (2007) como también en trabajos adicionales con perspectiva de análisis costo-beneficio como el Informe Stern (2006) han llegado a la conclusión de que se requiere controlar la concentración de GEI en la atmósfera para no superar un aumento de temperaturas de 2°C, a fin de no producir cambios irreversibles negativos que impliquen costos tantos a los sistemas humanos como a los sistemas naturales. Este tipo de análisis a nivel global se ha extendido y detallado en diferentes regiones del planeta estimulando la necesidad de desarrollar medidas de **adaptación** necesarias para reducir los impactos negativos esperados o

poder apropiarse de nuevas oportunidades. Un resumen de los resultados más recientes para el caso de Chile se presenta en sección posterior.

El IPCC (2007) también entrega información en uno de sus volúmenes acerca de los desafíos con respecto a la reducción de la concentración de GEI en la atmósfera, lo que se denomina como el proceso de **mitigación** de emisiones. La información proporcionada en el IPCC (2007) se reevalúa constantemente a la luz de las tendencias, por ejemplo en el consumo de energía o de tasas de deforestación. La Agencia Internacional de Energía (IEA por sus siglas en inglés) publica de manera periódica una evaluación de la situación reciente con respecto a consumo histórico y proyectado de energía y emisiones de GEI. Para lograr que no superen los 2°C de aumento de temperatura mencionados con anterioridad, la concentración de CO<sub>2</sub> debe estabilizarse bajo los 450 ppm. De acuerdo a lo que se presenta en la siguiente figura preparada por la (IEA 2010b) para llegar desde el escenario de referencia o Business as Usual (BAU) a un escenario de 450 ppm, implica reducir de manera considerable las emisiones de CO<sub>2</sub>. Esta reducción de emisiones puede provenir de una serie de alternativas tales como mejoras en eficiencia energética, cambios en tecnológica de generación (ERNC, nuclear, CCS) o cambios en combustibles (biocombustibles). En sección posterior se presentan los desafíos específicos en temas de mitigación para el caso de Chile.

**Figura 2-3 Proyección de emisiones de CO<sub>2</sub> Mundiales y medidas de mitigación necesarias**



## 2.2 Convenciones y acciones internacionales

El inicio de las acciones internacionales enfocadas a controlar las emisiones de GEI fue la creación de la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático (UNFCCC por sus siglas en inglés) que nace como producto de la Cumbre de la Tierra en Río de Janeiro en 1992. A partir de 1995 se realizan de manera periódica reuniones entre las partes (COP, conferencias de las partes) de la Convención para discutir los progresos en el proceso de negociación de obligaciones de mitigación de los diferentes países. En la tercera de estas reuniones (COP3) en Kioto se desarrolló el Protocolo de Kioto. Este acuerdo internacional que tiene como objetivo reducir las emisiones de algunos países signatarios, países Anexo I (que agrupa a economías con mayor desarrollo económico)<sup>1</sup>, en un promedio de 6 a 8% en promedio con respecto a los niveles de 1990 para el periodo 2008-2012. El tratado fue ratificado progresivamente por los países, entrando en vigor el año 2005, con la ratificación de Rusia, que permitió superar el 55% de las emisiones del año 1990. El 2012 termina el primer periodo de compromiso y al 2011 no hay claridad con respecto al grado de compromiso que será posible cumplir por los países signatarios. Un análisis detallado lo realiza el estudio del IEA (2010a) que muestra que al año 2008 en términos agregados el objetivo era factible de cumplir pero con grandes diferencias entre países. Siendo la reducción mayor de la esperada en los países en transición (Europa del Este) pero menor en los países de Europa Occidental y otros países industrializados (Ej. Japón, Australia). Se nota también en ese trabajo que por primera vez, que debido al sostenido aumento de las emisiones provenientes de economías emergentes (China, India y Brasil principalmente) los compromisos bajo el protocolo de Kioto tienen cada vez menor injerencia para lograr los desafíos de mantener las concentraciones de CO<sub>2</sub> bajo los 450 ppm. Menos de un tercio de las emisiones a nivel mundial estarían siendo controladas bajo el Protocolo de Kioto (IEA 2010a).

Como parte del diseño de un mecanismo de control de emisiones para un periodo posterior el primer periodo de compromiso del protocolo de Kioto (post 2012) en la COP13 en Bali se establece el Plan de Acción de Bali, el que tiene como objetivo plantear la hoja de ruta para lograr un acuerdo vinculante post 2012 para ser aprobado en la COP15 en Copenhague. En dicha hoja de ruta se empieza también a reconocer la importancia de reducir las emisiones o tendencias de emisiones no solo de los países desarrollados, sino también de los países en

---

<sup>1</sup> En el Anexo I de la Convención Marco de Naciones Unidas se listan los 35 países que acordaron limitar sus emisiones de GEI, todos ellos países desarrollados (industrializados). Por su parte, en el Anexo II de la Convención se listan los países que deben proporcionar recursos financieros para ayudar a que los países en desarrollo cumplan con sus obligaciones, estos países (Anexo II) no se comprometieron en reducir sus emisiones, si en brindar un apoyo económico. Por último, en el Anexo B del Protocolo de Kioto se encuentra la meta de reducción de los países Anexo I, incluyendo además a Croacia, Eslovaquia, Eslovenia, Liechtenstein y Mónaco (países no incluidos en el Anexo I) mientras que se excluye del compromiso obligatorio a Turquía y Bielorrusia (países si incluidos en el Anexo I). Los países que no se encuentran listados en el Anexo I ni en el Anexo II de la Convención son conocidos por países No-Anexo I (países subdesarrollados) los cuales pueden utilizar el Mecanismo de Desarrollo Limpio para lograr el desarrollo sustentable y colaborar con los esfuerzos de los países del Anexo I para que cumplan con sus compromisos de reducción.

desarrollo. Esto último surge como respuesta a las evidencias con respecto al aporte relativo creciente de estos países como se menciona con anterioridad.

El proceso de negociación enmarcado en el Plan de Acción de Bali fracasa en la COP15 en Copenhague, sin que se pueda lograr un acuerdo vinculante para lograr reducir las emisiones de GEI. Como resultado de las negociaciones en la COP15 entre EEUU, China, India, Brasil y Sudáfrica surge el Acuerdo de Copenhague, no asociado al marco de las Naciones Unidas a través del cual se les ofrece a todos los países la potestad de enviar la serie de medidas de mitigación que se pretenden implementar de manera voluntaria. A Julio del año 2011 un total de 141 países han enviado sus compromisos voluntarios de mitigación en el marco del Acuerdo de Copenhague<sup>2</sup>. Diversos análisis se han realizado en base a estos compromisos destacando el trabajo del IEA (2010c) que indica que si los compromisos voluntarios del acuerdo se materializaran se llegaría a una estabilización en la concentración de GEI de 650 ppm lo que implicaría en el largo plazo un aumento de las temperaturas en torno a los 3,5°C.

El proceso de negociación asociado al Plan de Acción de Bali fue revitalizado en la última COP16 en Cancún donde los países nuevamente se comprometen de manera consensuada a extender el proceso en pos de lograr un acuerdo vinculante para el periodo post 2012. Se reconoce también la necesidad lograr que las temperaturas no aumenten por sobre los 2°C y se establecen la necesidad de crear fondos de financiamiento (Green Climate Fund) para el desarrollo de los procesos de mitigación y adaptación.

La próxima conferencia de las partes se realizará en noviembre del 2011 en Durban Sudáfrica.

## **2.3 El enfoque privado**

Los esfuerzos para mitigar las emisiones de GEI no sólo se han llevado a cabo a nivel de gobiernos (ámbito público) sino también en el ámbito privado, a través de una serie de iniciativas tanto voluntarias como algunas con un enfoque comercial, como la huella de carbono y el desarrollo de los mercados de carbono.

### **2.3.1 Mercado de Carbono**

La instauración de los mecanismos flexibles del Protocolo de Kioto, han permitido transacciones internacionales de reducciones certificadas de emisiones, creando con ello un nuevo mercado llamado el “Mercado del Carbono”. Este Mercado es un sistema de comercio a través del cual los gobiernos, empresas o individuos pueden vender o adquirir reducciones de emisiones de GEI (Éco Ressources Carbono 2011).

---

<sup>2</sup> [http://unfccc.int/meetings/cop\\_15/copenhagen\\_accord/items/5262.php](http://unfccc.int/meetings/cop_15/copenhagen_accord/items/5262.php), página visitada el 7 de Julio del año 2011.

El Protocolo de Kioto contempla tres mecanismos flexibles para reducir y mitigar las emisiones de GEI: Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), Mecanismo de Implementación Conjunta (JI) y el Mercado Internacional de Emisiones de Carbono. El primero establece que países pertenecientes al Anexo B pueden contribuir en proyectos de reducción de emisiones en otros países. Específicamente este mecanismo se basa en proyectos articulados que permite a los países del Anexo B invertir en proyectos de carbono en países que no son del Anexo 1. Los proyectos desarrollados bajo este mecanismo corresponden a proyectos MDL y el país inversor debe verificar de manera independiente que el proyecto ahorra emisiones de GEI con respecto a un escenario BAU. Si estos ahorros son aprobados, el país inversor recibe a cambio créditos de carbono negociables, otorgados por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). (Consilience Energy Advisory Group Limited (CEAG) 2009)

Los créditos de carbono otorgados bajo este mecanismo corresponden a Certificados de Reducción de Emisiones (CERs, en su sigla en inglés)

El Mecanismo de Implementación Conjunta también corresponde a un mecanismo basado en proyectos, que permite que países del Anexo B puedan invertir en otros países del Anexo B, es decir, entre países que están sujetos a límites de emisión de acuerdo al Protocolo de Kioto. Un proyecto de Implementación Conjunta (IC), al igual que en el caso de los proyectos MDL, requiere que el ahorro de emisiones de GEI con respecto a un escenario BAU sea verificado de manera independiente, por el país que realiza la inversión para luego ser aprobadas y convertidas en créditos de carbono por el CMNUCC. Los créditos generados a partir de este tipo de proyectos se conocen como Unidades de Reducción de Emisiones (ERUs, de su sigla en inglés)

El tercer mecanismo de flexibilidad, surgido en el contexto del Protocolo de Kioto corresponde al Mercado Internacional de Emisiones, mecanismo que permite que países sujetos a un límite de emisiones puedan transar (vender o adquirir) sus créditos de carbono<sup>3</sup> (AAUs<sup>4</sup>, CERs ERUs) con otros países del Anexo B.

---

<sup>3</sup> Los créditos de carbono corresponden a activos transferibles que pueden ser transados entre los países para cumplir con su límite de emisiones de GEI, "Assigned Amount" (AA). Los tipos de créditos transables en el Mercado Internacional de Emisiones corresponden a los permisos creados por la CMNUCC, "Assigned Amount Units" (AAUs) o a créditos generados por países o compañías individuales a través de la inversión en proyectos que reducen emisiones de GEI a través de los mecanismos MDL o IC: CERs y ERUs.

<sup>4</sup> Los AAUs son permisos otorgados por el CMNUCC de manera gratuita a los países del Anexo B, a partir de los límites de emisión de GEI (AA). Corresponde a la cantidad anual de GEI que se le permite emitir a un país en el contexto del Protocolo de Kyoto (período 2008-2012). Cada AAU otorga el derecho de emitir una tonelada de CO<sub>2</sub>e Consilience Energy Advisory Group Limited (CEAG) (2009). Climate Change and Emissions Trading: What Every Business Needs to Know. London. Los permisos otorgados son divididos y asignados entre los sectores emisores de acuerdo al criterio de cada país.

Por su parte, la Unión Europea introdujo el primer mercado de carbono regional “*EU Emissions Trading Scheme*” (EU ETS), basado en un esquema Cap-and-trade, al igual que el Mercado Internacional de Emisiones. El objetivo de esta iniciativa es reducir las emisiones de GEI y no forma parte de los mecanismos del Protocolo de Kioto. (Consilience Energy Advisory Group Limited (CEAG) 2009)

El mercado de transacciones de la UE está dirigido a “*operadores de determinadas instalaciones en la Unión Europea*” (Consilience Energy Advisory Group Limited (CEAG) 2009), y a diferencia del Mercado Internacional de Emisiones, en que las transacciones se realizan entre los “*gobiernos de los países (los inversionistas privados no pueden participar)*” (Consilience Energy Advisory Group Limited (CEAG) 2009), las transacciones se realizan entre entidades privadas. Para asegurar una consistencia con las normas contables del Protocolo de Kioto, una transacción de un permiso realizado entre una entidad privada de un país miembro con una entidad privada de otro país miembro, es respaldada por una transacción de un permiso en el contexto del Protocolo de Kioto entre los dos países de manera simultánea. (Consilience Energy Advisory Group Limited (CEAG) 2009). Es importante destacar que cualquier emisor puede participar en este mercado.

Aunque el mercado de transacciones europeo es el mayor comercio de emisiones que actualmente opera en el mundo, otros países han desarrollado o se encuentran desarrollando mercados de este tipo, en el marco de políticas nacionales para enfrentar las reducciones de GEI objetivo. Es el caso de Australia que se encuentra desarrollando un esquema de transacción “*Carbon Pollution Reduction Scheme*” (CPRS) que inicialmente se esperaba se iniciara durante el 2010, pero fue aplazado para el año 2013 debido al lento avance de los esfuerzos mundiales con respecto al control de las emisiones de GEI y a la dificultad política que ha enfrentado el proyecto, el cual aún no ha sido aprobado por el Senado Australiano. (Parliament of Australia 2011)

CPRS es un esquema es Cap-and-trade orientado a las entidades que emiten más de 25.000 tCO<sub>2</sub>e por año que representan en conjunto el 75% de las emisiones del País. (Consilience Energy Advisory Group Limited (CEAG) 2009). La diferencia de este esquema, en relación al esquema europeo, consiste en que los participantes reciben subsidios monetarios para que mejoren la eficiencia energética o promuevan el uso de energía renovable.

Dentro de la misma región, Nueva Zelanda en el año introdujo en el año 2008 un esquema de transacción de emisiones “*New Zealand Emissions Trading Scheme*” (NZ ETS) que incluía el sector forestal de manera retrospectiva a partir de ese año. Este esquema fue suspendido por el nuevo gobierno electo, antes de finalizar el año 2008 para luego entrar en funcionamiento en a fines del año 2009, con modificaciones y ampliado durante el año 2010 para cubrir el sector industrial y combustibles. (Carbon Finance 2011)

El programa no ha estado exento de problemas, al parecer las asignaciones no han llegado tan rápido al mercado como se espera, con el consiguiente aumento del precio.

Actualmente, Nueva Zelanda se encuentra revisando el ETS NZ, con el objetivo de realizar recomendaciones en aspectos importantes como cobertura de otros sectores, mecanismo de asignación de los permisos “New Zealand Units” (NZUs), impacto del programa a nivel operacional e inversión, entre otros.

Japón, desarrolló un sistema nacional de Cap-and-trade, “*Japanese Voluntary Emissions Trading System*” (JVETS), cuya primera etapa fue lanzada en el año 2005, otorgando el gobierno japonés un monto cercano a los 31 MUSD en incentivos a compañías privadas, para que adhirieran voluntariamente por dos años a este esquema y aceptaran límites de emisión. Este sistema fue vinculado al mecanismo MDL de Kioto.

Los permisos asociados a este esquema se llaman JPAs fueron entregados por primera vez en el año 2006, asociados a la primera fase de implementación. Ya se han llevado a cabo dos fases de este sistema y las fases tres y cuatro están ya en marcha. (Consilience Energy Advisory Group Limited (CEAG) 2009).

Por su parte Brasil, ha considerado la creación de un mercado de reducción de emisiones como uno de las medidas para alcanzar la meta de reducción de emisiones que se impuso de manera voluntaria en el año 2009 a través de la Ley 12.187 que establece su política nacional de cambio climático. (Carbon Finance 2011)

Adicionalmente a los mercados desarrollados bajo un esquema de “Cap and Trade” o de cumplimiento, se ha desarrollado un mercado de carbono voluntario impulsado por empresas y personas que asumen la responsabilidad de compensar sus propias emisiones, guiados fundamentalmente por motivaciones éticas y/o de responsabilidad social empresarial, así como por entidades que compran compensaciones “pre-cumplimiento” con el objetivo de comprar créditos de emisiones a un bajo precio para acreditar el cumplimiento de metas de reducción en el futuro (entidades con alta probabilidad de ser reguladas en un futuro) o bien para venderlos a un precio mayor a aquellas entidades que en el futuro estén reguladas bajo un esquema de cumplimiento (Típicamente intermediarios). (Forest Trends and Bloomberg New Energy Finance 2011)

De esta manera el mercado voluntario de carbono corresponde a un esquema en que se realizan transacciones de créditos de carbono que no están regidas por una regulación que establezca una meta de reducción de emisiones de GEI. Incluyendo de esta manera las “*transacciones de créditos creados especialmente para los mercados voluntarios (como los VERS “Verified Emission Reductions”), como a las operaciones en las que se venden créditos de los mercados regulados (como los CERs del MDL) a compradores que buscan voluntariamente compensar sus emisiones*”. (Banco Interamericano de Desarrollo (BID) 2011). De esta manera las transacciones que se realizaban en este mercado, correspondían a las realizadas de manera directa entre dos partes mediante un intermediario financiero “Over the Counter” (OTC) y aquellas realizadas a través del mercado voluntario norteamericano basado en un sistema Cap

and Trade obligatorio “Chicago Climate Exchange” (CCX). Situación que cambió drásticamente al desaparecer este último mercado a finales del año 2010, cuando concluyó su segunda fase.

La mayor parte de los créditos de emisiones transados en el mercado voluntario OTC provienen de proyectos desarrollados en distintas partes del mundo, entre los que se cuentan proyectos asociados a conservación de bosques, forestación y reforestación, captura de metano en rellenos sanitarios, destrucción de gases industriales y energías renovables. (Banco Interamericano de Desarrollo (BID) 2011)

Durante el año 2010, mientras los mercados basados en esquemas “Cap and Trade” seguían mostrando una disminución en el número de transacciones, los mercados voluntarios mostraron un record en su actividad, con un volumen total transado de 131.2 MtCO<sub>2</sub>e aumentando un 34% con respecto al año 2009. A pesar de esto, los mercados voluntarios siguen siendo un componente pequeño, pero importante, en el mercado global del carbono, representando menos de un 0,1% de las transacciones globales realizadas durante el 2010. (Forest Trends and Bloomberg New Energy Finance 2011)

A nivel mundial, durante el año 2010 se transaron 141.900 MUSD el mercado de carbono global (Carbon Finance 2011), mostrando una pequeña contracción con respecto al año 2009 en que se transaron 8.700 MtCO<sub>2</sub>e a 143.735 MUSD, mostrando un crecimiento de 6% con respecto al 2008 (135.066 MUSD) como se puede apreciar en la tabla Tabla 2-1.

Tabla 2-1: Comparación del mercado global de carbono entre los años 2008 y 2009

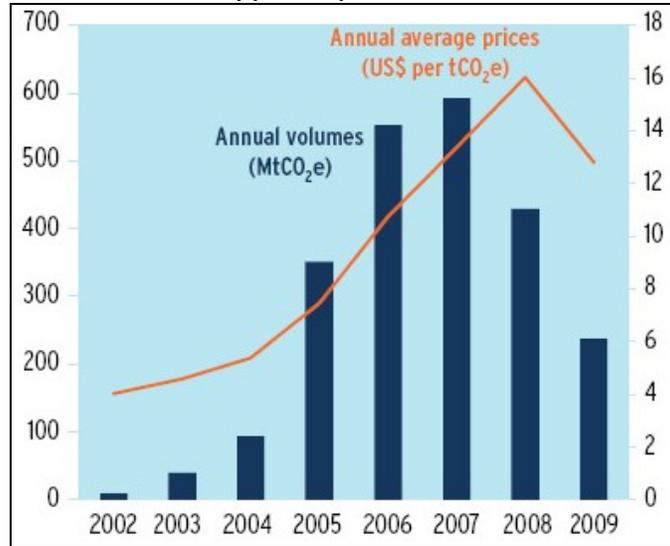
	2008		2009	
	Volumen (MtCO <sub>2</sub> e)	Valor (Millones US\$)	Volumen (MtCO <sub>2</sub> e)	Valor (Millones US\$)
<b>MERCADOS DE DERECHOS DE EMISIÓN</b>				
EU ETS	3.093	100.526	6.326	118.474
NSW	31	183	34	117
CCX	69	309	41	50
RGGI	62	198	805	2.179
AAUs	23	276	155	2.003
<b>Subtotal</b>	<b>3.278</b>	<b>101.492</b>	<b>7.361</b>	<b>122.823</b>
<b>COMPENSACIONES SPOT Y SECUNDARIAS DE KIOTO</b>				
<b>Subtotal</b>	<b>1.072</b>	<b>26.277</b>	<b>1.055</b>	<b>17.543</b>
<b>TRANSACCIONES BASADAS EN PROYECTOS</b>				
MDL Primario	404	6.511	211	2.678
Implementación Conjunta (IC)	25	367	26	354
Mercado Voluntario	57	419	46	338
<b>Subtotal</b>	<b>486</b>	<b>7.297</b>	<b>283</b>	<b>3.370</b>
<b>Total</b>	<b>4.836</b>	<b>135.066</b>	<b>8.699</b>	<b>143.736</b>

Fuente: (Kossoy & Ambrosi 2010)

Como se puede observar de la tabla anterior, el mayor volumen de CO<sub>2</sub>eq transados se realiza en el mercado de transacciones de la UE, representando un 73% del volumen total de CO<sub>2</sub>eq transados durante el año 2009 y un 82% del volumen de dólares transados considerando el mercado global.

Con respecto a las transacciones basadas en proyectos, el mercado del carbono para proyectos MDL y de Implementación Conjunta (IC) se observa un aumento constante desde el año 2002 hasta el 2007, aumento que se ve interrumpido en el año 2008 debido a un fuerte descenso en los precios y volúmenes transados, lo que se explica principalmente por la crisis financiera que afectó al mercado mundial a finales del 2008 y que se acrecentó durante el año 2009. (Kossoy & Ambrosi 2010). Esta tendencia continuó en el año 2010, donde el volumen y valor de las transacciones basadas en proyectos cayeron cerca de un 50% con respecto al 2009, alcanzando un valor aproximado de 1.500 MUSD (Carbon Finance 2011).

Figura 2-4 Evolución de los volúmenes y precios por cada tonelada de CO<sub>2</sub>e anualmente transados

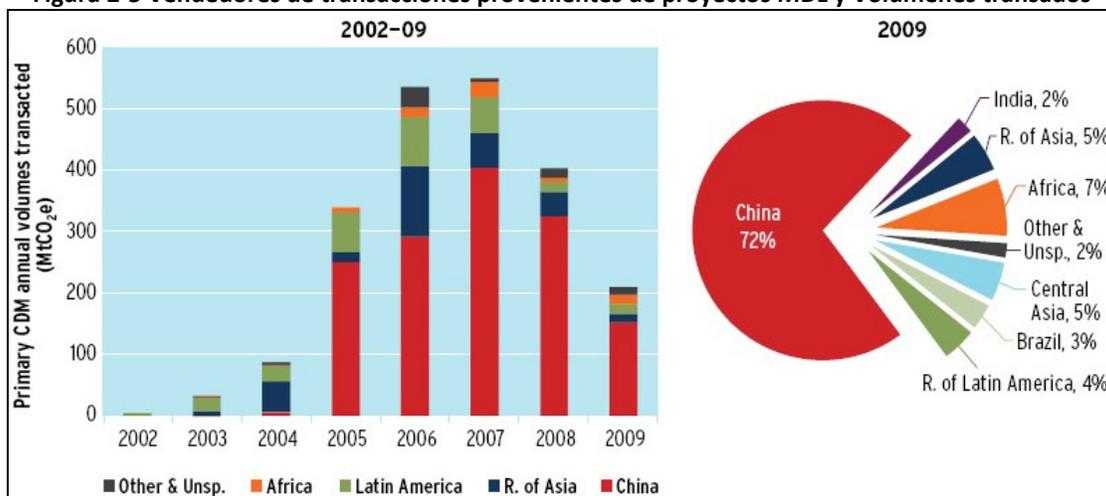


Fuente: (Kossov & Ambrosi 2010)

La mayor parte de las transacciones mundiales basada en proyectos corresponde a créditos de carbono asociados a proyectos MDL (CERs), representando un 75% de las transacciones mundiales de este tipo y un 79% del valor total transado por créditos basados en proyectos (MUSD). Durante el año 2009 las transacciones provenientes de proyectos MDL ascendieron a 2.700 MUSD durante el año 2009.

El mayor vendedor de este tipo de créditos China, país que desde el año 2005 ha dominado el mercado desde el año 2005, con un 72% de la cuota total durante el año 2009. Sin embargo, esta cuota ha ido disminuyendo a partir del año 2008, como se puede observar en la Figura 2-5.

Figura 2-5 Vendedores de transacciones provenientes de proyectos MDL y Volúmenes transados

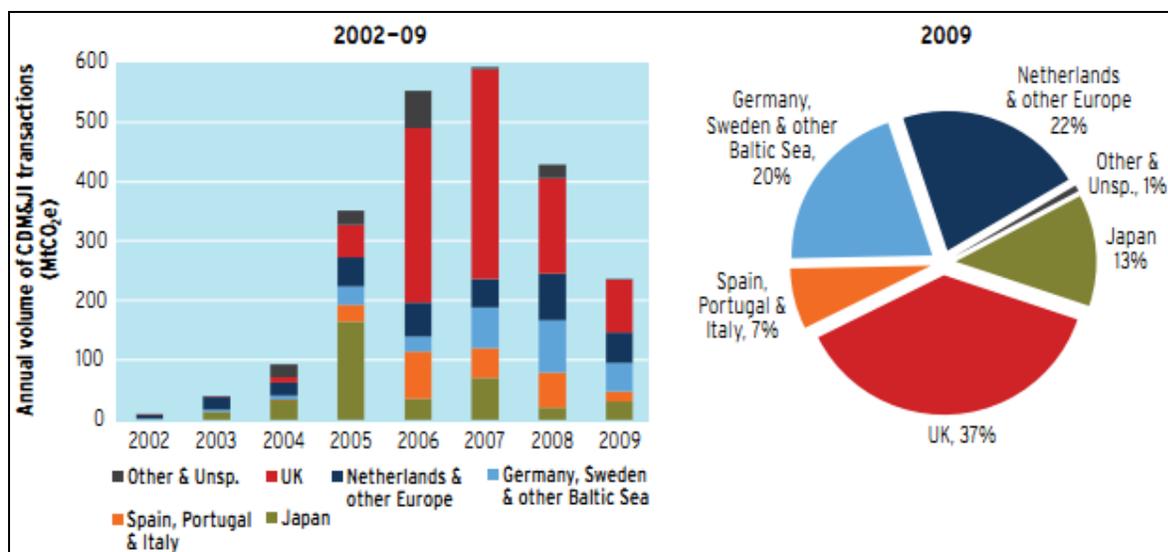


Fuente: (Kossov & Ambrosi 2010)

La región de América Latina ha disminuido su cuota en el mercado de CERs a partir del 2007, quedando en cuarto lugar de participación durante el 2009 (sólo un 4%). Esto se explica principalmente por la dificultad que representa para los compradores conseguir acuerdos en las regiones en desarrollo, donde también se incluye el sudeste de Asia e India. (Kossoy & Ambrosi 2010).

Con respecto a los compradores de este tipo de créditos, el Reino Unido es el mayor comprador de CERs desde el año 2006, llegando a representar un 37% de los CERs comprados durante el año 2009. A pesar de mantener esta situación, a partir del año 2008, su cuota en la compra de créditos ha ido disminuyendo. Los Países Bajos y otros países de Europa se encuentran en segundo lugar de los mayores compradores con un 22%, seguido por Alemania, Suecia y otros países del norte de Europa con un 20%, como se observa en la Figura 2-6.

**Figura 2-6 Compradores de transacciones provenientes de proyectos MDL y Volúmenes comprados**



Fuente: (Kossoy & Ambrosi 2010)

Como tendencia a futuro, se prevé que el mercado del MDL continúe su crecimiento y que el mecanismo se fortalezca y expanda en el régimen Post-Kioto de acuerdo a la positivas señales para el mercado de carbono y el financiamiento para el cambio climático tras la Conferencia de Cancún<sup>5</sup> y en la medida que se avance con las negociaciones y compromisos durante los próximos dos años.

<sup>5</sup> Entre las que destacan la decisión de crear el Fondo Verde Climático, la continuación de los mecanismos de Kyoto, incluyendo importantes mejoras y reformas al Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), la reducción de la deforestación a través de REDD y REDD + y el reconocimiento formal de las promesas de reducción de los países en desarrollo a través de la adopción de medidas nacionales de mitigación apropiadas, con el objetivo de lograr una reducción de sus emisiones GEI con respecto a su línea base al 2020. Carbon Finance (2011). State and Trades of the Carbon Market. Washington, Carbon Finance.

A pesar de esto, el futuro incierto de las negociaciones internacionales afecta la percepción que tienen los participantes con respecto al futuro del mercado de carbono, mostrándose poco optimistas con respecto a que un acuerdo internacional vinculante se logre en el corto plazo mientras los países continúan el proceso de negociación. Sin embargo si creen que aunque exista una ausencia de un marco internacional, esto no impedirá que los países continúen actuando, considerando mecanismos bilaterales, más flexibles y rápidamente adaptables a las realidades, como un modelo alternativo. Adicionalmente los participantes se muestran optimistas con respecto a que en el largo plazo se logrará un acuerdo internacional vinculante<sup>6</sup>.

### 2.3.2 Huella de Carbono

La Huella de Carbono describe la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero (GHG) causadas por la producción de un producto, por una actividad en particular o una institución (BSi\_Group 2008), convirtiéndose de esta manera en una herramienta que permite a las instituciones, empresas y la ciudadanía evaluar sus contribuciones con respecto al cambio climático.

Debido a la importancia que tiene el Cambio Climático en la agenda internacional, la Huella de Carbono está siendo ampliamente utilizado en diversos países, sobre todo en Estados Unidos y países de Europa, lo que está generando que el uso de este indicador se amplíe hacia aquellos países que no han avanzado en este ámbito, como es el caso de Chile.

Entre los países que han avanzado de manera significativa en este tema se encuentran Francia, Alemania, Estados Unidos y el Reino Unido, quienes han buscado la mejor manera de comunicar la cantidad de carbono de los productos y servicios que producen (etiquetado de productos) e incluso han desarrollado protocolos para el cálculo de la huella de carbono, como es el caso de Estados Unidos y el Reino Unido.

La falta de una norma o estándar único para el cálculo de la Huella de Carbono, ha promovido justamente que estos países desarrollaran sus propias guías para orientar y estandarizar el desarrollo de este indicador. El Reino Unido ha publicado tres normas con respecto a las emisiones de gases efecto invernadero de productos y servicios con un enfoque de ciclo de vida: “PAS2050:2008”, “Guide to PAS 2050” y recientemente la “PAS2060”, todos elaborado por el Instituto de Normalización Británico (British Standard Institute- BSI), “Carbon Trust” y “defra”. La guía “PAS 2050:2008”, proporciona a la industria y a la comunidad en general, un método estándar para evaluar las emisiones de gases efecto invernadero de productos y servicios bajo un enfoque de ciclo de vida. (BSi\_Group 2008). La “Guide to PAS 2050” profundiza la PAS2050:2008, orientando de manera específica y práctica a las empresas en la aplicación del método establecido en la PAS 2050. Por otra parte la norma PAS 2060, publicada

---

<sup>6</sup> Percepciones obtenidas a través de una encuesta realizada por el World Bank’s Carbon Finance Unit a distintos participantes con respecto al éxito de un acuerdo internacional post 2012.

y presentada recientemente en Londres (Mayo de 2011), es una especificación para la neutralidad de carbono. Tiene como objetivo asegurar que las declaraciones de las organizaciones con respecto a la neutralización de sus emisiones de CO<sub>2</sub> sean adecuadas, aumentando así la confianza de los clientes. Para lograr esto, esta norma entrega orientación con respecto a cómo cuantificar, reducir y compensar las emisiones de GEI *“sobre una materia específica, incluidas las actividades, productos, servicios, edificios, proyectos y desarrollos importantes, pueblos y ciudades y eventos”*<sup>7</sup>.

Por su parte, Estados Unidos ha generado dos estándares distintos bajo la iniciativa de Protocolo de Gases Efecto Invernadero “GHG Protocol Initiative”: “The Greenhouse Gas Protocol: A Corporate Accounting and Reporting Standard” y “The Greenhouse Gas Protocol Project Quantification Standard”. Ambos estándares están vinculados y fueron desarrollados por el Instituto de Recursos Mundiales (World Resources Institute -WRI) y el Consejo Mundial Empresarial para el Desarrollo Sustentable (World Business Council for Sustainable Development -WBCSD).

“The Greenhouse Gas Protocol: A Corporate Accounting and Reporting Standard” es un protocolo con enfoque corporativo desarrollado a partir de la asociación de múltiple actores interesados: empresas, ONG’s y entidades gubernamentales. (World Business Council for Sustainable Development & World Resources Institute 2004). Este protocolo proporciona una guía paso a paso para que las empresas y otras organizaciones cuantifiquen e informen sus emisiones de GEI. The Greenhouse Gas Protocol Project Quantification Standard” es una estandarización que orienta la cuantificación de las reducciones de GEI de proyectos de mitigación.

Adicionalmente a estos estándares, un grupo de agencias internacionales (El Instituto del Vino de California, Viticultores de Nueva Zelandia, Producción Integrada de Vinos de Sudáfrica y la Federación de Enólogos de Australia) desarrolló un protocolo para el cálculo de la huella de carbono del vino, basado en el estándar de Estados Unidos. Este estándar proporciona una orientación general sobre el cálculo de las emisiones significativas asociadas a los productos considerando todas las actividades de la empresa y clasificándolas en tres niveles. (FIVS 2008)

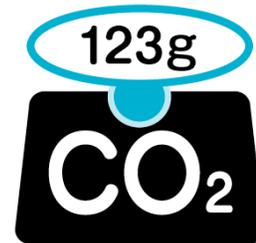
Francia, no sólo ha avanzado desarrollando un protocolo que permita estandarizar el cálculo de la huella de carbono, sino que también ha iniciado una serie de iniciativas que apuntan a un desarrollo sostenible y en equilibrio con el medio ambiente. Durante el año 2007 inició un proceso de debate **“Grenelle Environnement”** que busca definir los temas de la política pública sobre medio ambiente y desarrollo sostenible en el mediano plazo. En este proceso participan todos los actores sociales: representantes del gobierno (nacional y local) y representantes de distintas organizaciones no gubernamentales, incluyendo aquellas que representan a la ciudadanía (industria, asociaciones profesionales, ONG’s). En el contexto de esta iniciativa, se

---

<sup>7</sup> BSI. Retrieved 4 de Mayo, 2011, from <http://www.bsigroup.es/es/certificacion-y-auditoria/Sistemas-de-gestion/Novedades/Noticias-2010/LD-News-Source-/PAS-2060-Especificacion-para-la-neutralidad-de-carbono>.

desarrolló la Ley Grenelle, ley marco con diversas metas, entre las que se contempla la implementación de un sistema de etiquetado para el CO<sub>2</sub> con el objetivo de permitir al consumidor integrar información sobre los impactos medioambientales de un producto como criterio de decisión para su compra. Esta ley comenzó a ser exigible a partir del 1 de Enero del 2011.

Por su parte, Japón, a través de su Ministerio de Economía, Comercio e Industria, implementó un proyecto piloto para el etiquetado de la Huella de Carbono de productos (CFP<sup>8</sup>) que comenzó oficialmente en Abril del año 2009 y al cual las grandes empresas se suscriben voluntariamente. La etiqueta diseñada indica dónde y cuánto GEI fueron emitidos durante el ciclo de vida de alimentos y bebidas. Al año 2009, 94 productos han sido certificados en el contexto de esta iniciativa y 252 productos han sido verificados a marzo del 2011. (Ministerio de Economía Comercio e Industria de Japón 2010). Para el desarrollo de esta iniciativa el gobierno japonés está trabajando con las normas ISO y PAS2050.



Fuente: (Ministerio de Economía Comercio e Industria de Japón 2010)

Iniciativas privadas también se han desarrollado de manera voluntaria en distintos países como Reino Unido, Francia, Japón e incluso Chile, especialmente en empresas del retail. En el caso de Francia, las cadenas de supermercado “E. LECLERC” y “Casino” fueron las primeras compañías que introdujeron voluntariamente el etiquetado de huella de carbono a productos.

La cadena de supermercados Casino inició este proceso en el año 2006 adoptando un enfoque de ciclo de vida para el cálculo de este indicador. En junio del año 2008, 26 de los productos de su propia marca contaban con la etiqueta “l’Indice Carbone” (ClimateChangeCorp Climate News for Business 2008), aumentando a 400 productos a principios del año 2010. (ProChile 2010)



Por su parte, E. LECLERC desarrolló un etiquetado cuyo piloto fue lanzado en el año 2008 en dos tiendas de la compañía e incluyó el etiquetado de 20.000 productos. (ClimateChangeCorp Climate News for Business 2008). Actualmente, esta cadena entrega información con respecto a la huella de carbono de sus productos en estanterías y en la boleta de compra, en la cual



Fuente: (ProChile 2010)

<sup>8</sup> CFP: Carbon Footprint of Products

informan la huella de carbono total de los productos comprados. Por otra parte la empresa “Casino” en el 2008 incorporó etiquetado de CO<sub>2</sub> de algunos de sus productos.

En el Reino Unido, la cadena de supermercado TESCO fue la primera compañía en etiquetar los productos de su propia marca, mostrando cuánto CO<sub>2</sub> se emite a partir de la producción, uso y disposición de cada producto. Hasta el año 2010, TESCO ha etiquetado 120 productos de diversos tipos (jugo de naranja, leche, detergente, pan, bolsas reutilizable, entre otros). La iniciativa de esta compañía se enmarca dentro del concepto de responsabilidad corporativa que ha desarrollado TESCO, que tiene como uno de sus ejes el cuidado del medio ambiente “Greener Tesco”, lo que ha llevado a esta empresa a buscar maneras de ser más ecológicos y ayudar a sus clientes a ser más ecológicos también (TESCO 2011). De hecho el mayor desafío que se ha propuesto y declarado esta empresa es “ayudar a minimizar el cambio climático”<sup>9</sup>, comprometiéndose a ser una empresa cero emisión para el año 2050. Es así como en el presente año lanzaron pantallas piloto en sus centros de reciclajes, que entregan información a los clientes con respecto a la cantidad de CO<sub>2</sub> que están ahorrando por el reciclaje de latas, vidrios y botellas.



A pesar de que existen diversas iniciativas con respecto a la Huella de Carbono incluyendo las iniciativas de países y organizaciones a través de la elaboración de protocolos para el cálculo de este indicador, es importante contar con una única norma que establezca un método estandarizado a nivel global para el cálculo de la Huella de Carbono. Es así como actualmente la Organización Internacional de Estandarización (International Standards Organization – ISO) se encuentra desarrollando una normativa específica para el cálculo de huella de carbono “ISO/CD 14067”, que será publicada durante el 2011<sup>10</sup>. Este gran avance permitirá estandarizar la metodología de cálculo de este indicador y por tanto hacer comparable las huellas de carbono calculadas en distintos países.

## 2.4 Breve Diagnóstico de la Situación del Cambio Climático en Chile

El cambio climático en Chile toma relevancia principalmente por dos razones. La primera corresponde a que somos un país social, económica y ambientalmente vulnerable por lo que, entre otras cosas, las pérdidas económicas y humanas bajo posibles escenarios futuros podrían

<sup>9</sup> <http://cr2010.tescopl.com/environment.aspx>

<sup>10</sup> [http://www.iso.org/iso/iso\\_catalogue/catalogue\\_tc/catalogue\\_detail.htm?csnumber=59521](http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=59521)

ser considerables. Segundo, al país le interesa aportar en soluciones para controlar las emisiones de GEI.

Según la definición de vulnerabilidad que se plantea en el artículo 4.8 de la Convención Marco de las Naciones Unidas (Naciones Unidas 1992), Chile cuenta con 6 de las 9 características de tipificación de la vulnerabilidad. Estas se muestran en la siguiente figura.

**Tabla 2-2 Condiciones de vulnerabilidad para Chile**

<b>Característica País</b>	<b>Chile</b>
Insular Pequeño	
Zonas Costeras Bajas	✓
Zonas Áridas y Semiáridas, Zonas con Cobertura Forestal y zonas expuestas al deterioro Forestal	✓
Zonas propensas a los desastres naturales	✓
Zonas expuestas a la sequia y desertificación	✓
Zonas de alta contaminación atmosférica urbana	✓
Zonas con ecosistemas frágiles	✓
Economía dependiente de los ingresos generados por la producción, procesamiento y exportación de combustibles fósiles	
País sin litoral y de tránsito	

Fuente: (Naciones Unidas 1992, Comité Nacional Asesor de Cambio Climático 2006)

En cuanto a la evaluación de la vulnerabilidad, en Chile se han realizado ya diversos estudios en las áreas de Agricultura, Recursos Hídricos, Silvicultura, zonas costeras y recursos pesqueros y variabilidad climática. Principalmente, estos estudios se han realizado con el objetivo de las preparaciones de las comunicaciones nacionales<sup>11</sup>. La siguiente tabla muestra los estudios que han sido encargados.

<sup>11</sup> La elaboración de comunicaciones nacionales corresponden al único compromiso que asumió Chile en el marco de la Convención de Cambio Climático (UNFCCC)

**Tabla 2-3 Estudios realizados para abordar el tema de la vulnerabilidad de Chile frente al Cambio Climático**

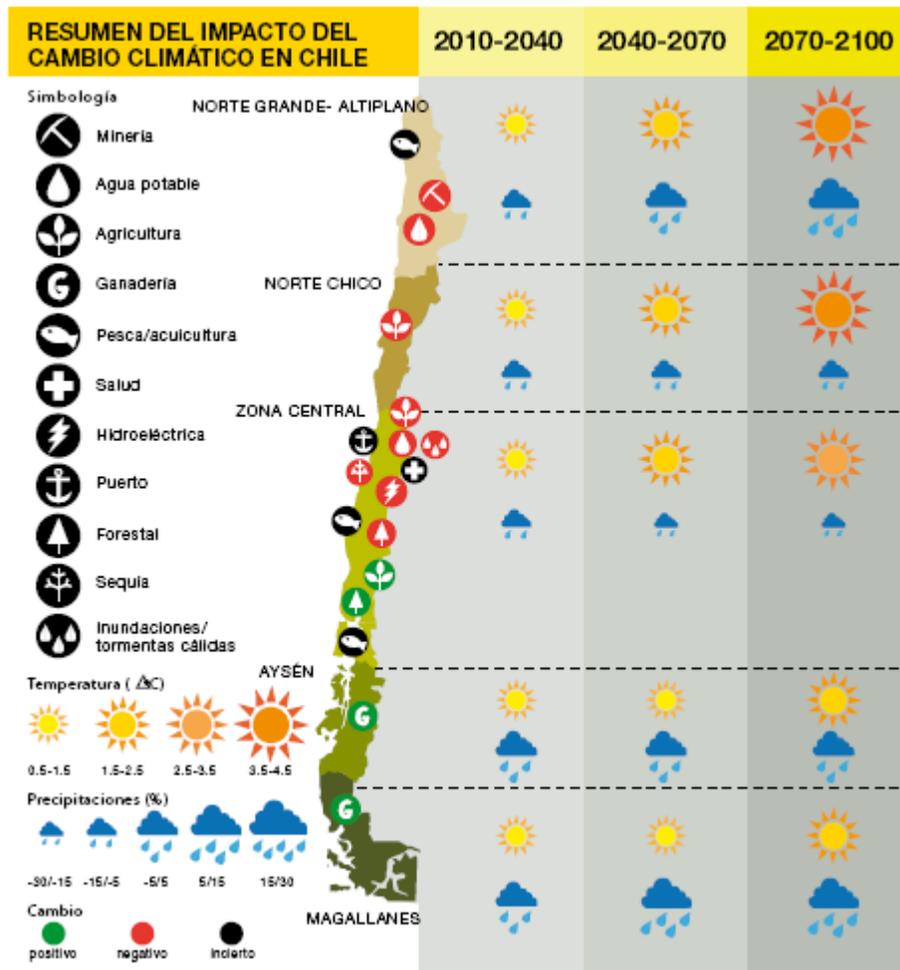
Motivo	Estudio	Autor
<b>Primera Comunicación Nacional</b>	Análisis de Vulnerabilidad y Adaptación en agricultura, recursos hídricos y silvicultura	(Centro AGRIMED 2000)
	Análisis vulnerabilidad y adaptación en zonas costeras y recursos pesqueros	(Centro EULA 2000)
<b>Segunda Comunicación Nacional</b>	Estudio de la Variabilidad Climática en Chile para el siglo XXI	(Universidad de Chile 2006)
	Análisis de Vulnerabilidad del Sector Silvoagropecuario y de los Recursos Hídricos y Edáficos de Chile frente a Escenarios de Cambio Climático	(Centro AGRIMED 2008)
	Desastres Asociados al Clima en la Agricultura y Medio Rural en Chile.	(Paulina Aldunce & Meliza González 2009)
	Análisis de vulnerabilidad de recursos hídricos frente a escenarios de cambio climático para las cuencas de Cautín, Aconcagua, Teno e Illapel.	(U. de Chile Departamento Ingeniería Civil 2010)
<b>Otros</b>	Hacia la Evaluación de Prácticas de Adaptación ante la Variabilidad y el Cambio Climático.	(Paulina Aldunce, Carolina Neri et al. 2008)
	Estudio Regional sobre La Economía del Cambio Climático en Sudamérica.	(CEPAL 2009)
	Estudio sobre impacto, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en el sector silvoagropecuario en dos zonas agroclimáticas de Chile.	(FIA & INIA 2009)
	Relación entre Agua, Energía y Cambio Climático: Estudio de alto nivel sobre el impacto económico del cambio climático en la industria minera de Argentina, Chile, Colombia y Perú.	(Ecosecutives & Centro de Cambio Global UC 2009)
	Estimación del Impacto Socioeconómico del Cambio Climático	(P. Universidad Católica de Chile Departamento de Economía Agraria 2010)
	Efectos del Cambio Climático en las costas de Chile	(ICOUV (Grupo de Ingeniería Oceanica de la U. de Valparaíso) 2010)
	Estudio de vulnerabilidad de la biodiversidad terrestre en la eco-región mediterránea, a nivel de ecosistemas y especies, y medidas de adaptación frente a escenarios de cambio climático.	(CASEB, Centro de Cambio Global UC et al. 2010)
Portafolio de propuestas para el programa de adaptación del sector silvoagropecuario al cambio climático en Chile	(AGRIMED 2011)	

Fuente: Elaboración propia

Los estudios asociados a la Primera Comunicación Nacional han proyectado las condiciones hacia el 2040 llegando a la conclusión de que se intensificará la aridez en la zona norte, avanzará el desierto hacia el sur, habrá una reducción hídrica en la zona central, un aumento de las precipitaciones en el sur y una disminución de la biodiversidad.

Adicionalmente, un estudio encargado por CEPAL (2009) resume el impacto del cambio climático en Chile confirmando el aumento de temperaturas y la reducción de precipitaciones además de efectos en los sectores productivos, sociedad y ecosistemas. La siguiente figura resume estos resultados.

Figura 2-7 Representación Esquemática de los impactos del Cambio Climático y su relación con las proyecciones climáticas futuras.



Fuente: CEPAL (2009)

De la figura puede desprender que:

- ✓ Se proyectan aumentos de temperatura para todo el país, especialmente en zonas de mayor altitud.
- ✓ Se proyectan disminuciones de precipitación en la zona centro-sur del país. Aumentos en el extremo austral (Región de Magallanes) e incertidumbre en la zona altiplánica.
- ✓ Se proyectan impactos negativos para el desarrollo de la silvoagricultura en la zona centro-norte del país, pero también habrían beneficios en la zona sur.
- ✓ Se proyectan disminuciones en la disponibilidad de agua para la generación hidroeléctrica y en la disponibilidad de recursos hídricos en la zona centro-sur del país.
- ✓ No existe información todavía con respecto a los potenciales impactos en sectores como salud, pesca, infraestructura.

El aporte de Chile a las emisiones de GEI es bajo, menos de 0.3% del total mundial, sin embargo, la intensidad de estas emisiones (por habitante o por producto) es elevada y creciente en comparación con países de la región. Por otra parte se ha demostrado que los impactos del cambio climático en Chile pueden traer consecuencias para el desarrollo futuro del país. Finalmente, el constante desarrollo del país, ejemplificado de manera particular por el reciente ingreso del país al grupo de los “países desarrollados” (OECD), implica una mayor visibilidad y por ende una presión creciente con respecto a los estándares de gestión ambiental en el país.

Todas estas razones han motivado una creciente demostración por parte del país con respecto a sus compromisos internacionales para controlar las emisiones futuras de GEI. Estas ideas se desarrollan con mayor detalle a continuación.

## **Chile y la Convención de Cambio Climático**

Chile es signatario de la UNFCCC desde Diciembre de 1994 y del protocolo de Kioto desde Agosto de 2002. En la convención se definen años de cumplimiento de reducciones pero sin la existencia de sanciones por el no cumplimiento de estas metas. Debido al no cumplimiento de las reducciones comprometidas bajo el marco de la convención, en 1997 se creó el Protocolo de Kioto entrando en vigor el año 2005. El protocolo de Kioto, a diferencia de lo establecido por la Convención de Cambio Climático, sí define periodos de cumplimiento y sanciones por incumplimiento estableciendo además mecanismos de apoyo para lograr lo comprometido.

Bajo estos marcos regulatorios, Chile pertenece al grupo de países sin compromisos de reducción obligatorios (países No-Anexo I) asumiendo solo un compromiso cualitativo de elaborar periódicamente comunicaciones nacionales que dieran cuenta de la situación general del país, un inventario nacional de emisiones GEI, información sobre la vulnerabilidad del país, el impacto y las alternativas de adaptación ante este fenómeno, así como las posibilidades de mitigación para disminuir la generación de GEI. Bajo esta misma definición Chile es un país que puede aplicar a proyectos del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), mecanismo flexible de reducción de emisiones que se desprende del Protocolo de Kioto.

La relación de Chile con respecto a los recientes procesos de negociación (COP15-Copenhague; COP16-Cancún) se resume en los siguientes puntos.

- ✓ En la COP-15 en Copenhague, a finales del año 2010, existió como resultado el Acuerdo de Copenhague (Copenhagen Accord) que implicó un compromiso por parte de los países Anexo I de enviar sus metas de reducción al 2020 utilizando un año base de libre elección, mientras que los países No Anexo I solo se comprometen a enviar inventarios de emisiones cada dos años y planes que detallen las acciones comprometidas para reducir emisiones. Estas acciones son las llamadas NAMAs (National Appropriate Mitigation Actions).

Chile no envió sus NAMAs en esa ocasión pero realizó un compromiso voluntario de reducir sus emisiones. La ex Ministra de Medio Ambiente de Chile, Ana Lya Uriarte, dio a conocer al mundo el compromiso de Chile con respecto al control de emisiones de GEI indicando que pese a que Chile es un país en vías de desarrollo, se compromete a reducir sus emisiones del año 2020 en un 20% con respecto a la línea base de emisiones, financiada significativamente con recursos nacionales (Uriarte, 2009)<sup>12</sup>. Además, la ex-Ministra Uriarte, planteó que Chile sea concebido como un país con agricultura carbono neutral, estrategia que fomentará a través de plantaciones, bioenergía, eficiencia energética y buenas prácticas en el sector.

- ✓ En el marco del Acuerdo de Copenhague y particularmente en el discurso pronunciado en Agosto 2010 por la actual Ministra de Medio Ambiente María Ignacia Benítez en la COP16 en Cancún, Chile revalida el compromiso e incluye algunos cambios al texto oficial, el cual se presenta a continuación:

“..Chile tomará medidas de mitigación apropiadas para lograr una desviación del 20% por debajo de la línea base de emisiones “Business as Usual” para el año 2020 según las proyecciones del año 2007. Para lograr este objetivo Chile necesitará un nivel relevante de apoyo internacional.

Medidas de eficiencia energética, energía renovable y cambio de uso de suelo y silvicultura serán el foco principal de las acciones nacionales de mitigación de Chile.” (Traducción del aporte de Chile al Apéndice II del Acuerdo de Copenhague en el marco de la UNFCCC)

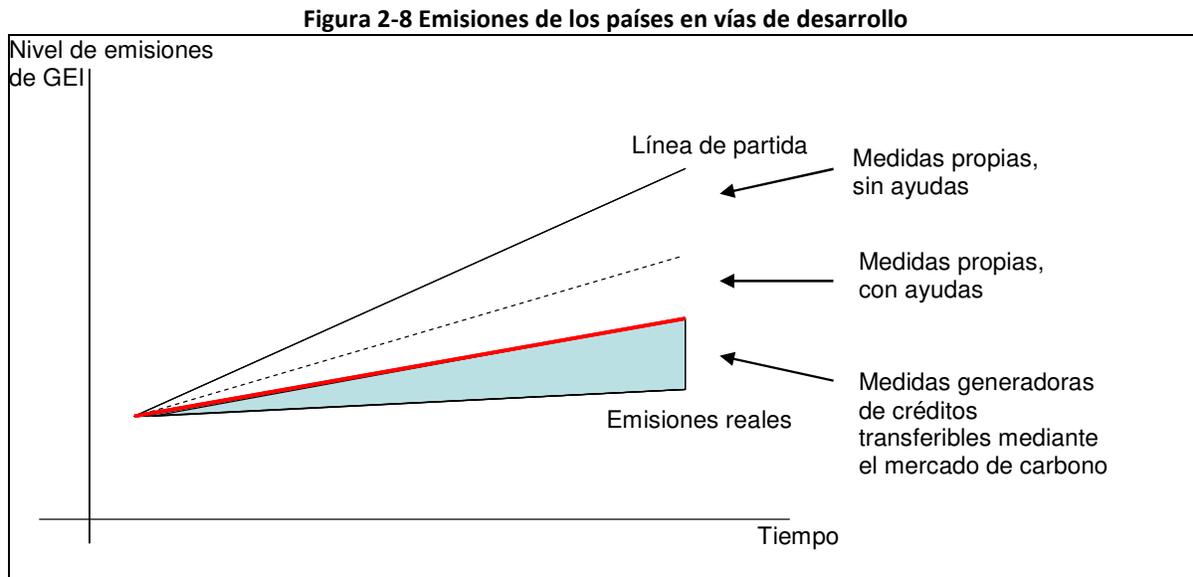
## Comisión de las Comunidades Europeas

Vale la pena destacar algunas iniciativas que se desprenden de procesos fuera del marco de la UNFCCC pero que afectan potenciales compromisos internacionales de Chile con respecto a emisiones de GEI. Un ejemplo es la propuesta realizada por la Comunidad Europea en una Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo, y al Comité de las Regiones (Comisión de las Comunidades Europeas 2009) que entrega propuestas concretas para lograr objetivos de control de emisiones abordando tres retos fundamentales: objetivos y medidas; financiación; y la creación de un mercado del carbono mundial y efectivo. Con respecto a los objetivos y medidas, el comunicado establece que para limitar el aumento de la temperatura media del planeta a un máximo de 2 °C respecto a los niveles preindustriales, el conjunto de los países desarrollados debe haber reducido en 2020 sus emisiones hasta un 30 % respecto a los niveles de 1990. Por su parte, el conjunto de los países en vías de desarrollo debe limitar el crecimiento de sus emisiones a entre el 15 % y el 30 % por debajo de lo previsible en la situación actual (no se explicita el año al que se llevaría a cabo el control).

---

<sup>12</sup> <http://www.conama.cl/porta1/1301/article-47189.html>. Accedido en Agosto 2010

Estas estimaciones excluyen el impacto de las reducciones que den lugar a transferencias de créditos de carbono a países desarrollados, según lo ilustrado en la Figura 2-8, a continuación.



Fuente: Comisión de las Comunidades Europeas (2009)

## Ingreso de Chile a la OECD

En el año 2007 Chile comenzó el proceso de entrada a la OECD concretándose este proceso a principios del año 2010 con la entrada oficial y la firma del convenio de adhesión por parte del ex Ministro de Hacienda Andrés Velasco y en presencia de la ex Presidenta Michelle Bachelet.

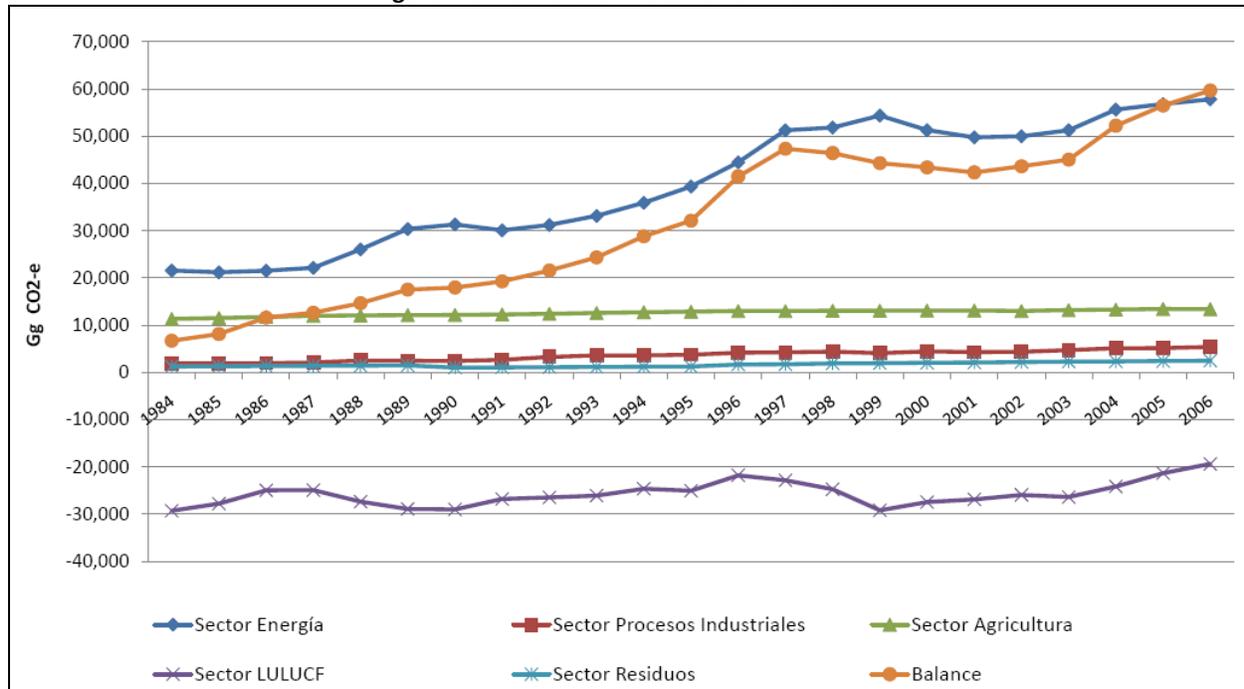
El hecho de pertenecer al grupo OECD compromete a los países pertenecientes a cumplir con los acuerdos que se han firmado y los que se firmarán. En relación al tema de cambio climático hay dos acuerdos a los cuales Chile se ha comprometido:

- ✓ Declaración sobre la Integración de la Adaptación al Cambio Climático en la Cooperación al Desarrollo (OCDE 2006), en donde se estipula la necesidad de integración de la adaptación al Cambio Climático al desarrollo de los países.
- ✓ Green Growth (OCDE 2009), en donde se plantea la necesidad de desarrollo de una estrategia de crecimiento verde incluyendo aspectos económicos, ambientales, tecnológicos y de desarrollo.

## 2.4.1 Análisis de los Sectores emisores de GEI

En la siguiente figura se pueden observar los inventarios de emisiones GEI de los distintos sectores emisores y sumideros.

Figura 2-9 Distribución histórica emisiones GEI

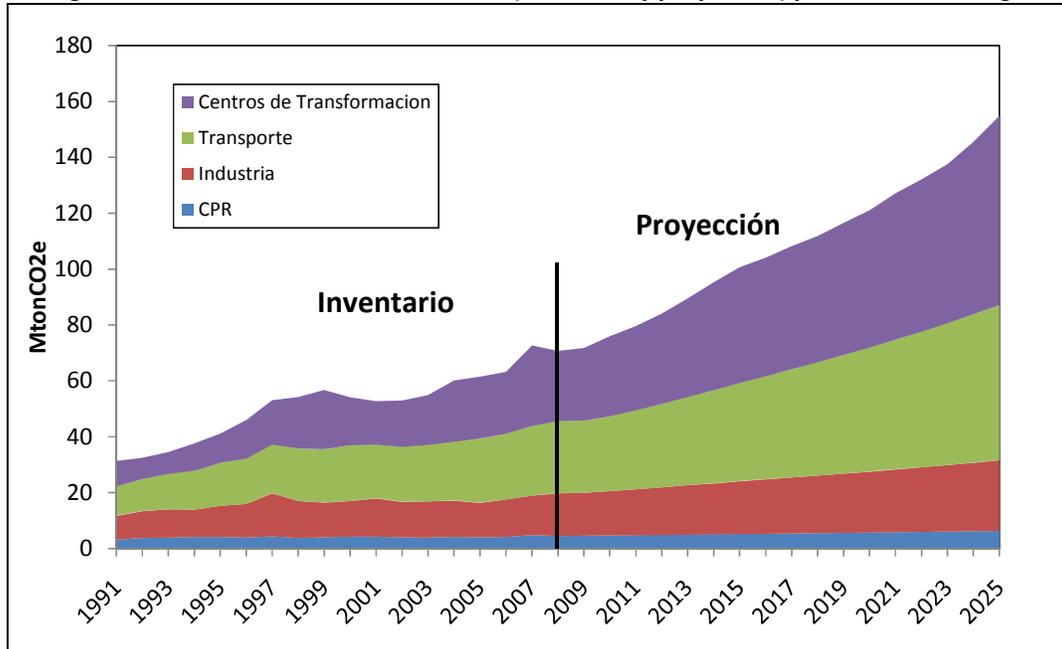


Fuente: Ministerio Medio Ambiente

Según se desprende de estos inventarios, el Sector Energía está aumentando constantemente sus emisiones, las capturas del Sector LULUCF (cambio en el uso de la tierra y silvicultura) están disminuyendo, mientras que las emisiones en los sectores Agricultura y Residuos se mantienen relativamente constantes.

Para el sector Energía es posible analizar tanto los inventarios como las proyecciones en mayor detalle.

Figura 2-10 Distribución de emisiones GEI (inventario y proyección) para el sector Energía



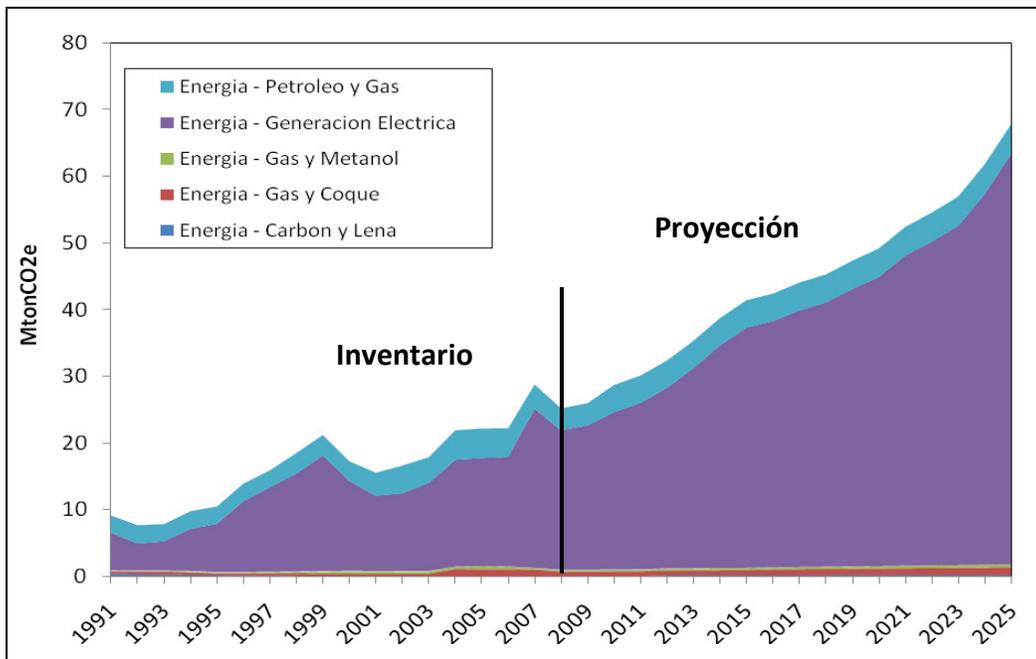
Fuente: (POCH Ambiental 2008, POCH Ambiental 2009)

Para el año 2008 (último año de inventario), la distribución de las emisiones según los subsectores presentados en el gráfico es de un 36% para Centros de Transformación, 36% para Transporte, 22% para Industria y 6,3% para el sector CPR (Comercial, Residencial y Público). De ello se desprende que los sectores Centros de Transformación, Transporte e Industria cobran especial relevancia.

Por otro lado, de las emisiones proyectadas se desprende que se espera que las emisiones del sector Energía (escenario BAU) se dupliquen en el periodo 2008-2025.

Si observamos en detalle el desglose del Sector Centros de Transformación según los estudios de POCH (2008, 2009) podemos destacar la participación de emisiones GEI del Subsector Generación Eléctrica.

Figura 2-11 Distribución de emisiones GEI (inventario y proyección) para el subsector Centros de Transformación

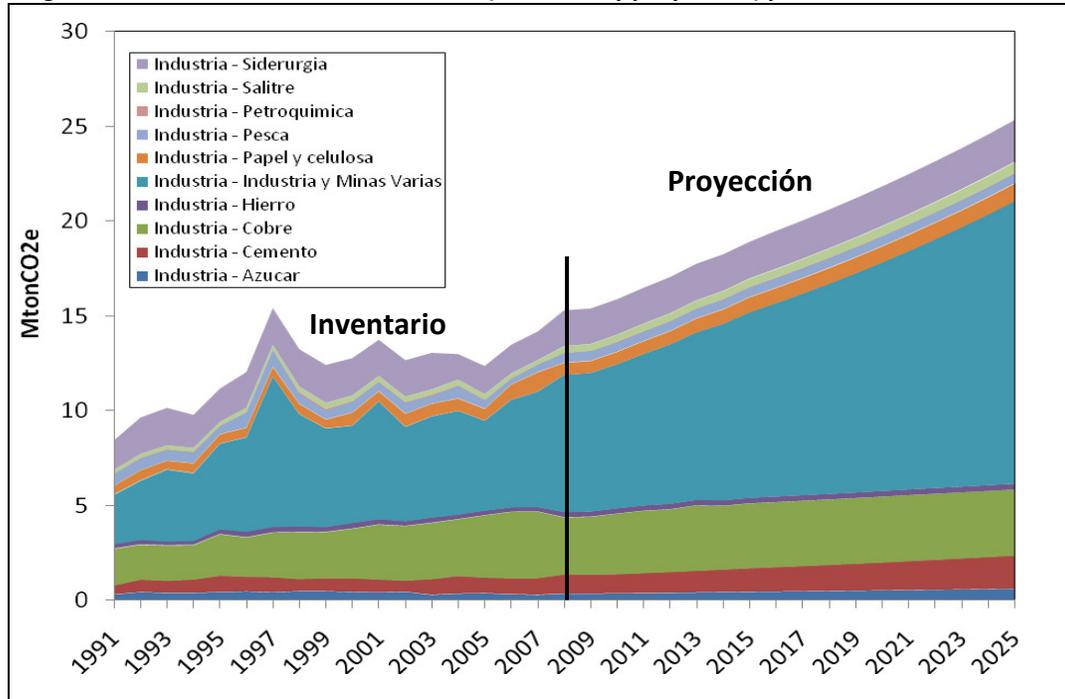


Fuente: (POCH Ambiental 2008, POCH Ambiental 2009)

Para el año 2008 podemos contabilizar una participación del 82% dentro de este campo, (lo que implica que a nivel de Sector Energía, la generación de electricidad aporta en un 30% a las emisiones GEI). Si analizamos las proyecciones de las emisiones de este subsector, se espera que estas se tripliquen en el periodo 2008-2025 (escenario BAU del estudio).

Adicionalmente, el siguiente gráfico muestra el desglose del Sector Industria en donde se puede apreciar la importancia de la Industria y Minas Varias y Minería del Cobre en la participación de las emisiones del sector.

Figura 2-12 Distribución de emisiones GEI (inventario y proyección) para el subsector Industria



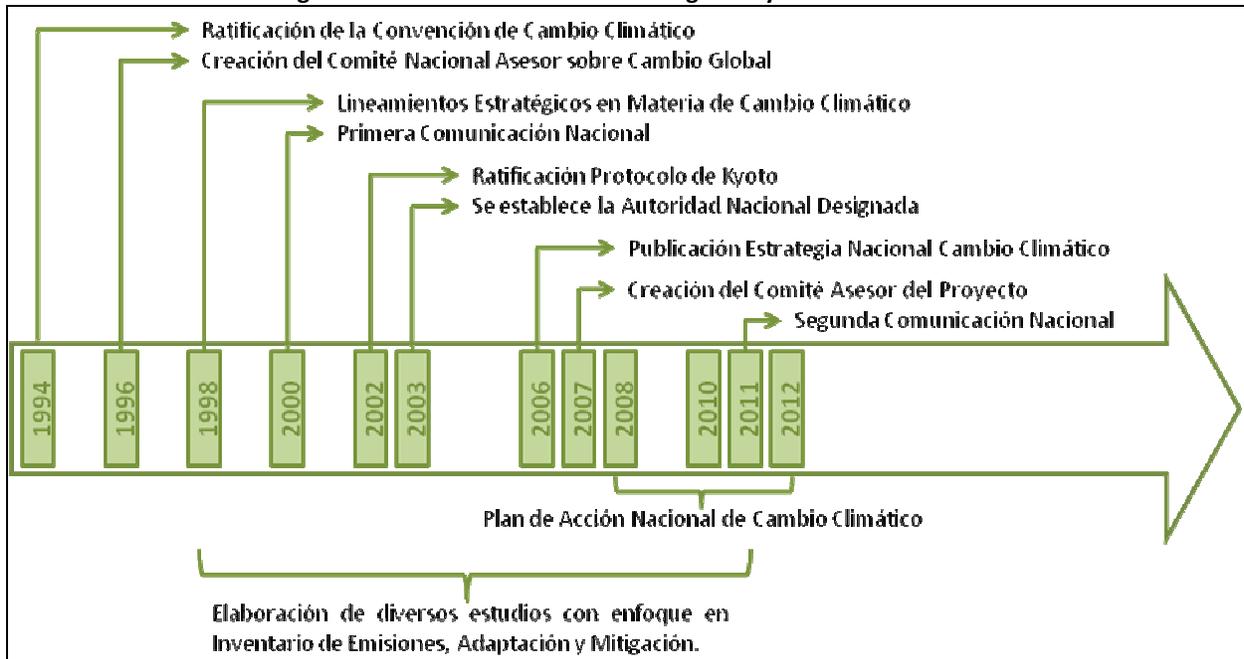
Fuente: (POCH Ambiental 2008, POCH Ambiental 2009)

## 2.4.2 Acciones Públicas de Mitigación

El gobierno de Chile ha realizado acciones asociadas al cambio climático a partir del año 1994 al momento de ratificar la Convención del Cambio Climático.

La siguiente figura muestra los hitos que han formado las acciones dirigidas por el gobierno en la temática de cambio climático.

Figura 2-13 Acciones Públicas en Mitigación y Cambio Climático



Fuente: Elaboración Propia

Posterior a la ratificación de la Convención de Cambio Climático por parte del Estado, en 1996 se crea el Comité Nacional Asesor Sobre Cambio Global (CNACG) el cual asume la labor de ser la institucionalidad nacional para abordar la temática en Chile.

A finales del año 1998 fueron aprobados por el Consejo Directivo de CONAMA los Lineamientos Estratégicos en Materia de Cambio Climático (que fueron desarrollados por el CNACG). Estos lineamientos fueron la base para orientar las acciones del Estado hasta el año 2006 en donde se publicó la Estrategia Nacional de Cambio Climático.

A comienzos del año 2000, el CNACG aprobó la entrega de la Primera Comunicación Nacional (1CN) (CONAMA 2000) a la Secretaría de la Convención de Cambio Climático, cumpliendo el compromiso de Chile frente a la Convención. En temas de mitigación, la 1CN incluyó escenarios de mitigación al 2020 en los sectores de Energía, Manufactura y Construcción, CPR, Transporte y Silvicultura, con medidas de mitigación y estimación de costos para el sector de Silvicultura.

El año 2002 se ratificó el Protocolo de Kioto oficializándolo como Ley de la República lo que implica que éste posee el marco legal para efectuar acciones. Posterior a esto, el año 2003 se establece la Autoridad Nacional Designada del MDL, la cual es coordinada y representada por CONAMA y es la encargada de firmar la carta de aprobación de los proyectos MDL para su posterior envío a la Junta Ejecutiva del Mecanismo de Desarrollo Limpio. Esta junta es la encargada de hacer operativo el mecanismo y asegurar la integridad ambiental del protocolo y que está bajo la autoridad y orientación de la Conferencia de las Partes.

La Estrategia Nacional de Cambio Climático fue publicada durante el año 2006 (Comite Nacional Asesor de Cambio Climatico 2006) y corresponde a una actualización de los lineamientos planteados por el documento Lineamientos Estratégicos en materia de Cambio Climático. En esta estrategia se plantean los lineamientos básicos para la definición y ejecución de líneas de acción en materias relativas al cambio climático, orientadas hacia la adaptación y la mitigación de sus impactos en el territorio nacional. Esta Estrategia está estructurada en base a tres ejes temáticos principales; Adaptación, Mitigación y Creación y Reforzamiento de capacidades nacionales. Cada uno de estos ejes contiene sus respectivos objetivos para abordar integralmente el problema del cambio climático.

A fines del año 2007, se formó el Comité Asesor del Proyecto (CAP) en el marco de la preparación de la Segunda Comunicación Nacional (2CN) el cual busca involucrar a los sectores académicos, empresarial, público y a la sociedad civil en la elaboración de ésta. Este comité tiene un rol de realizar el nexo entre los sectores recién mencionados y la información que es generada en el proceso de preparación de la 2CN principalmente en compartir la visión sectorial, aportar y recibir información relevante, distribuir información del sector e integrar conclusiones a las acciones del sector.

El año 2008 se publicó el Plan de Acción Nacional de Cambio Climático para el periodo 2008 – 2012 el cual es una respuesta a los lineamientos planteados por la Estrategia Nacional de Cambio Climático por lo que también posee sus acciones divididas en los mismos ejes temáticos; Adaptación, Mitigación y Creación y fomento de capacidades. En particular para el eje de mitigación, el lineamiento general se definió como “propender hacia una economía más baja en carbono, que contribuya al desarrollo sustentable de nuestro país y a los esfuerzos mundiales de reducción de emisiones”.

Se espera que a mediados del año 2011 Chile presente a la Secretaría de la Convención su Segunda Comunicación Nacional, la cual se encuentra en una última fase de revisión. Los componentes temáticos de la 2CN se listan a continuación (Departamento Control de la Contaminación CONAMA, 2008):

- ✓ Inventario Nacional de GEI
- ✓ Adaptación
  - Evaluación de vulnerabilidad
  - Identificación de estrategias y medidas de adaptación
  - Formulación de políticas para el desarrollo e implementación de estrategias de adaptación.
- ✓ Mitigación
  - Análisis de la línea base, proyecciones y opciones de mitigación
  - Formulación y evaluación de marcos de política para implementar medidas de mitigación.

- ✓ Transferencia tecnológica, Investigación y observación sistemática, Educación, Capacitación, Sensibilización pública, Formación de capacidades.
- ✓ Limitaciones, brechas y oportunidades.

En lo referido a estudios en donde el gobierno los ha gestionado y en particular a aquellos referidos a elaboración de Inventarios, Línea Base y Mitigación, los estudios elaborados en el último tiempo y que, muchos de ellos, han sido información relevante para la elaboración de la Segunda Comunicación Nacional se muestran en las siguientes tablas.

**Tabla 2-4 Estudios encargados por el Ministerio del Medio Ambiente asociados con Inventarios, Línea Base y Mitigación**

<b>Estudio</b>	<b>Año</b>	<b>Autor</b>
Medición y Mitigación de la Huella de Carbono en el Ministerio del Medio Ambiente-ex Comisión Nacional del Medio Ambiente	2011	Universidad Católica & Green Solutions
Análisis de opciones futuras de mitigación de GEI para Chile asociadas a programas de fomento del sector silvoagropecuario	2011	Centro de Cambio Global UC
Análisis de opciones futuras de mitigación de GEI para Chile en el sector energía	2010	Centro de Cambio Global UC & POCH
Complementos y actualización del inventario de GEI para Chile en los sectores agricultura, uso de la tierra y cambio de uso de la tierra y forestal, y residuos	2010	PNUD
Desarrollo y aplicación de una metodología local de cálculo de emisiones bunker para gases de efecto invernadero.	2009	Sistemas Sustentables
Aplicación de metodologías para producir series de tiempo nacionales de emisiones de gases de efecto invernadero en los sectores energía, procesos industriales y uso de solventes y otros productos.	2008	POCH & Deuman

Fuente: Ministerio de Medio Ambiente

**Tabla 2-5 Estudios encargados por el Ministerio del Energía e asociados con Mitigación, ERNC y Eficiencia Energética**

<b>Estudio</b>	<b>Año</b>	<b>Autor</b>
Estudio de usos finales y curva de oferta de la conservación de la energía en el sector residencial	2010	CDT, Cámara Chilena de la Construcción
Análisis de Impacto de Centrales Eólicas en el SING	2010	GTD Ingenieros Consultores
Análisis de Impacto sobre el SIC de generación Eólica en la Zona de Taltal	2010	Fundación para la Transferencia Tecnológica
Generación Hidroeléctrica en pequeñas centrales asociadas a obras de riego	2010	PROCIVIL INGENIERIA LTDA.
Recursos en energía de los mares en Chile y selección preliminar de sitios	2009	Garrad Hassan
Marco Normativo y Procedimientos para el Consumo de Biocombustibles en Chile	2008	Barros y Errazuriz Abogados Gamma Ingenieros S.A.

Fuente: Ministerio de Energía

### **2.4.3 Acciones Privadas de Mitigación**

Este apartado se encuentra en desarrollo, sin embargo se incluye la información que tiene que ser desarrollada.

#### **2.4.3.1 Acuerdos de Producción Limpia**

Los Acuerdos de Producción Limpia (APL) consisten en “convenio celebrado entre un sector empresarial, empresas y los organismos públicos con competencia en las materias del Acuerdo, cuyo objetivo es aplicar producción limpia a través de metas y acciones específicas” (definición según norma chilena oficial NCh. 2796.Of2003).

El objetivo de los acuerdos de producción limpia corresponde a mejorar las condiciones productivas, ambientales, de higiene y seguridad, de eficiencia energética y de eficiencia en el uso del agua de las empresas de un determinado sector productivo buscando generar sinergias y economías de escala en el logro de los objetivos planteados en el Acuerdo.

El Acuerdo se suscribe entre una asociación empresarial representativa del sector y por cada empresa individualmente, así como por cada institución pública competente en las materias comprometidas en el convenio. Además, establece un plazo específico para cumplir con las metas y acciones propuestas.

Aunque el principal objetivo no tiene relación directa con el Cambio Climático, sus objetivos y resultados contribuyen a la mitigación de éste.

A principios del 2011, existían varios APL en los distintos sectores de la industria chilena. La siguiente tabla muestra el número de APL para cada uno de los sectores productivos comprometidos.

**Tabla 2-6 Acuerdos de Producción Limpia según sector**

Sector Productivo	Cantidad de APL
Agropecuario	16
Industria Manufacturera	24
Construcción	5
Minería	3
Pesca	3
Hoteles y Restaurantes	9
Servicios Públicos	1

Fuente: Consejo Nacional de Producción Limpia

### 2.4.3.2 Mesas de Trabajo Eficiencia Energética

El Programa País de Eficiencia Energética, actual Agencia Chilena de Eficiencia Energética ha mantenido mesas de trabajo con diferentes sectores productivos del ámbito privado. Estas mesas de trabajo reúnen en forma voluntaria a los líderes de las áreas energéticas de las empresas respectivas junto con representantes de diferentes entidades públicas relacionadas con el sector. Estas mesas de trabajo nacen con el objetivo de que las empresas compartan experiencias de buenas prácticas como también de la necesidad por parte de la institucionalidad pública de conocer de primera fuente los requerimientos, avances e inquietudes técnicas en materia de consumo de energía. Esto se transforma en una iniciativa para la identificación de propuestas, respaldadas por el respectivo sector, que facilita la implementación de políticas públicas.

Al igual que los Acuerdos de Producción Limpia, el principal objetivo de estas mesas de trabajo no es mitigar el cambio climático si no que la eficiencia energética; sin embargo, sus objetivos y resultados contribuyen a la mitigación de las emisiones GEI.

La siguiente tabla muestra las mesas de trabajo que se han establecido:

**Tabla 2-7 Mesas de Trabajo dirigidas por la Agencia Chilena de Eficiencia Energética (ex PPEE)**

Mesa de Trabajo
Mesa de Eficiencia Energética de principales Centros Comerciales y Supermercados (Retail).
Mesa de Eficiencia Energética con la Industria Metalúrgica y Metalmecánica (ASIMET).
Mesa Minera de Eficiencia Energética.
Mesa de Eficiencia Energética para la Asociación Gremial de Industriales Gráficos de Chile (ASIMPRES).
Mesa de Eficiencia Energética para Chilealimentos.

Fuente: Agencia Chilena de Eficiencia Energética

### 2.4.3.3 Mecanismo de Desarrollo Limpio

Según Concilience Energy Advisory Group Limited (2009) y las estadísticas de la UNFCC, en el año 2009 Chile se encontraba en el sexto lugar de los países No Anexo I que tienen un mayor número de proyectos MDL registrados atrás de China (primer lugar), India, Brasil, México y Malasia. Mientras que en promedio de reducciones anuales esperadas para los proyectos MDL registrados a febrero del 2009, Chile también se encuentra en el sexto lugar luego de China, India, Brasil, Corea del Sur y México.

Por su parte, la información de Chile, a Mayo del 2011, establece que la Autoridad Nacional Designada ha aprobado 77 proyectos desde el año 2003 de diferentes áreas. La siguiente tabla presenta las áreas y la cantidad de proyectos para cada una de ellas.

**Tabla 2-8 Proyectos MDL aprobados por la Autoridad Nacional Designada**

Tipo de Proyecto	Cantidad de Proyectos
<b>Biomasa</b>	<b>9</b>
Cambio de combustible	2
<b>Captura de metano</b>	<b>23</b>
Co-generación	1
EE Generación Propia (Recuperación Energía)	1
Eficiencia Energética Industria	1
Eólico	7
<b>Hidroeléctrica</b>	<b>21</b>
N2O	2
Pequeña escala A/R	1
Recuperación de metano	5
Reforestación	2
Solar	1
Transporte	1
<b>Total</b>	<b>77</b>

Fuente: Ministerio de Medio Ambiente (2011)

### 2.4.3.4 Huella de Carbono

En Chile no se ha avanzado de manera significativa en la Huella de Carbono. No se ha promovido su uso ni se ha desarrollado un protocolo que defina una metodología estandarizada para el cálculo de este indicador. Poco a poco esta situación se está revirtiendo, principalmente por la naturaleza exportadora del país y el ingreso de Chile a la OCDE, que conlleva una serie de desafíos a nivel de manejo ambiental, para cumplir con la orientación,

criterios y recomendaciones de este organismo<sup>13</sup> y mantenerse al nivel de los países participantes. Los desafíos y esfuerzos tanto ambientales como económicos se verán redoblados debido a la ambiciosa política de crecimiento verde “Green Growth” que la OCDE ha iniciado y para la cual el organismo se ha propuesto generar un marco de políticas concretas a través del fortalecimiento de sus recomendaciones. (Angel Gurría Secretario General de la OCDE 2011)

Es en este contexto, que a nivel empresarial y de país, se ha generado preocupación y una consiguiente atención a las oportunidades y amenazas de iniciar o no iniciar un proceso de desarrollo y fomento del uso de esta herramienta. Este proceso ha sido iniciado especialmente por las empresas, quienes han medido de manera voluntaria su huella de carbono. Es el caso de la Minera Collahuasi, asesorada por la empresa Price Water House Coopers (PWC), la que calculó en el año 2009 su huella de carbono, utilizando el enfoque GHG Protocol desarrollado por Estados Unidos. Arauco, empresa maderera, también desarrolló su huella de carbono en el año 2009 y con el mismo enfoque estadounidense.

La empresa Viñedos Emiliana ha ido un poco más lejos en sus acciones y ha certificado como carbono neutral a uno de sus viñedos y el proceso de producción de 6 de sus vinos (Coyan, Gê, y 4 de la línea Novas), incluyendo la totalidad del proceso (campo, bodega y transporte vinos elaborados). Esta certificación fue otorgada por la **TÜV SUD** de Alemania. Adicionalmente esta empresa ha desarrollado iniciativas que responden a un criterio de sustentabilidad que han abordado como Organización, que involucra iniciativas en las temáticas de carbono neutral, manejo de residuos sólidos y líquidos, eficiencia energética, envases y manejo sustentable del viñedo.

---

<sup>13</sup> [http://www.oecd.org/pages/0,3417,en\\_36734052\\_36761681\\_1\\_1\\_1\\_1\\_1,00.html](http://www.oecd.org/pages/0,3417,en_36734052_36761681_1_1_1_1_1,00.html)

### 3 Análisis FODA de la Mitigación del Cambio Climático en Chile

En esta sección se realizará un análisis de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas (FODA) sobre la situación actual frente al cambio climático, para los sectores más relevantes en emisiones en Chile, para los cuales se analizarán 3 categorías:

- Sector Energía
- Sectores Consumidores finales de Energía (Transporte, Minería, CPR e Industria)
- Sector Silvoagropecuario

Un análisis FODA sectorial busca identificar las características internas de un sector (fortalezas y debilidades) frente a una cierta temática y luego aborda las situaciones externas (oportunidades y debilidades) que podrían afectar al sector.

La siguiente sección se estructura de la siguiente manera: Para cada Sector se inicia con una tabla resumen del FODA, para luego pasar a sub-secciones más detallada donde se documenta y fundamenta porque se consideró cada fortaleza, oportunidad, debilidad y amenaza en el contexto de la mitigación del cambio climático.

#### 3.1 Sector Energía

Resumen Análisis FODA

Fortalezas	Debilidades
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Alta Disponibilidad de Recursos para Energía Renovable</li> <li>▪ Sistemas de Transmisión eléctrico</li> <li>▪ Capacidad Instalada de Centrales Ciclo Combinado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Matriz en proceso de Carbonización</li> <li>▪ Bajo desarrollo tecnológico local de ERNC</li> <li>▪ Falta de instrumentos para promover ERNC</li> <li>▪ Dependencia energética internacional</li> <li>▪ Marco Legislativo</li> <li>▪ Dificultades Técnicas y Sociales de instalar energía nuclear</li> </ul>
Oportunidades	Amenazas
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Existencia del Mecanismo de Desarrollo Limpio</li> <li>▪ Nuevos Precios GNL</li> <li>▪ Smart Grid</li> <li>▪ Interconexión SIC-SING</li> <li>▪ Integración Regional</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Exigencias de estándar de Huella de Carbono</li> <li>▪ Presiones internacionales y crecientes</li> <li>▪ Futuras regulaciones nacionales de contaminantes locales</li> </ul>

### 3.1.1 Fortalezas

#### 3.1.1.1 Alta Disponibilidad de Recursos para Energía Renovable

Los recursos energéticos renovables son aquellos recursos naturales a partir de los cuales se puede generar energía y que son recuperables. Estos recursos incluyen a la biomasa, agua (hidroeléctricas), mar (mareomotriz), recursos geotérmicos (geotérmica), viento (eólica) y energía solar.

Chile es un país rico en recursos energéticos renovables, siendo uno de los pocos países que presenta recursos energéticos de todo tipo, lo que representa una de las principales fortalezas con respecto a las ERNC. Por otra parte las energías renovables tienen características, cuyo uso presenta las siguientes fortalezas:

- **Desarrollo Sustentable:** Las energías renovables representan la mayor y mejor fuente de energía para apoyar el desarrollo sustentable del país. (Colegio de Ingenieros de Chile A.G. 2006).
- **Limpias en GEI:** Las emisiones de GEI a lo largo del ciclo de vida de las energías ERNC son bajas en comparación a las energías no renovables.
- **Limpias en contaminantes locales:** La utilización de ERNC genera Co- beneficios por reducción en los daños a la salud provocados por emisiones de contaminantes locales.
- **Recurso propio:** Los recursos energéticos renovables se encuentran disponibles dentro del territorio nacional, lo que disminuye la dependencia energética nacional al independizar la matriz de suministros externos y por otra parte permite el ahorro en divisas.
- **Estabilidad de Precios:** Son menos susceptibles a variaciones en su costo de generación, una vez que ya están construidas.
- **Madurez Tecnológica:** Las fuentes maduras que se aprovechan hoy en Chile son la Hidroeléctrica (menores o iguales a 20 MW) y la Eólica. Existe a nivel internacional madurez tecnológica para el recurso geotérmico y para solar térmico.

A nivel de disponibilidad técnica de las ERNC, Chile cuenta con una gran capacidad de recursos energéticos renovables en sus distintas líneas de transmisión (SING y SIC).

Figura 3-1: Disponibilidad Técnica Factible de Recursos Energéticos Renovables en Chile (MW)

Recurso Energético Renovable No Convencional	Disponibilidad Técnica Factible	
	SING	SIC
Biomasa	No estudiado	3.249
Eólica	510	5.500
Geotérmica	3.000	1.500
Hidroeléctrica	40	5.080
Mareomotriz	No estudiado	14.000*
Solar	1.551**	1.551

Fuente: (Colegio de Ingenieros de Chile A.G. 2006), (PRIEN & NEIM 2008)

\* Considera la disponibilidad del Canal de Chacao

\*\* Se asume el mismo valor reportado por el PRIEN para el SIC, de manera conservadora, considerando que las condiciones del norte son

**Nota:** Verde corresponde a una ALTA disponibilidad del recurso energético, Naranja corresponde a una disponibilidad MEDIA del recurso energético y el rojo a una BAJA disponibilidad del recurso energético. Las disponibilidades se obtuvieron asignando el siguiente criterio:

- **Disponibilidad Baja:** Menos al 10% de la capacidad instalada del correspondiente sistema.
- **Disponibilidad Media:** Entre el 10% y el 30% de la capacidad instalada del correspondiente sistema.
- **Disponibilidad Baja:** Mayor al 30% de la capacidad instalada del correspondiente sistema.

A nivel de disponibilidad técnica-económica de las ERNC, Chile cuenta con una gran capacidad de recursos energéticos renovables en el SIC, como se puede observar en la tabla siguiente.

Tabla 3-1 Disponibilidad Técnica-Económica de las ERNC del SIC

Recurso Energético	Capacidad de Potencia Instalable
Hidráulico	1.653
Geotérmica	940
Eólica	998
Biomasa	501
Solar	210
FV	100
<b>Total (MW)</b>	<b>4.402</b>

Fuente: (PRIEN & NEIM 2008)

**Nota:** Los valores presentados corresponden al escenario intermedio (escenario dinámico definido por PRIEN), entre el conservador y el dinámico – plus.

### 3.1.1.2 Sistemas de Transmisión Eléctrico

Los sistemas de transmisión nacionales se caracterizan por:

- Sistema de Transmisión Integrado: El sistema de transmisión nacional tiene una estructura donde existen solo dos sistemas principales (SIC y SING) que abastecen más del 93% de la electricidad demandada (CNE 2009e). Esta característica facilita la administración y el control de la transmisión de la electricidad.
- Suministro Continuo: El sistema no presenta un nivel importante de fallas lo que aumenta su eficiencia.
- Pérdidas Bajas: Las pérdidas por transmisión y distribución del sistema son bajas en relación a los países vecinos, lo que reduce las bajas emisiones de GEI, asociadas a la transmisión.

### 3.1.1.3 Capacidad Instalada de Centrales Ciclo Combinado

Debido que hasta antes del año 2007 Chile podía comprar Gas Natural a Argentina a precios muy convenientes existe una gran cantidad de centrales de generación eléctrica de ciclo combinado, que se caracterizan por ser altamente eficientes. Debido a la posterior crisis del gas argentino, estas centrales se subutilizan o funcionan a base de Diesel. Esta situación deja abierta la puerta de que frente a un escenario de bajo precio del gas natural licuado o de impuesto al carbono resulta viable (considerando que se encuentran en funcionamiento dos centrales de regasificación) aprovechar esta capacidad instalada generando la electricidad con un combustible con un factor de emisión GEI mucho más bajo.

## 3.1.2 Oportunidades

### 3.1.2.1 Existencia del Mecanismo de Desarrollo Limpio

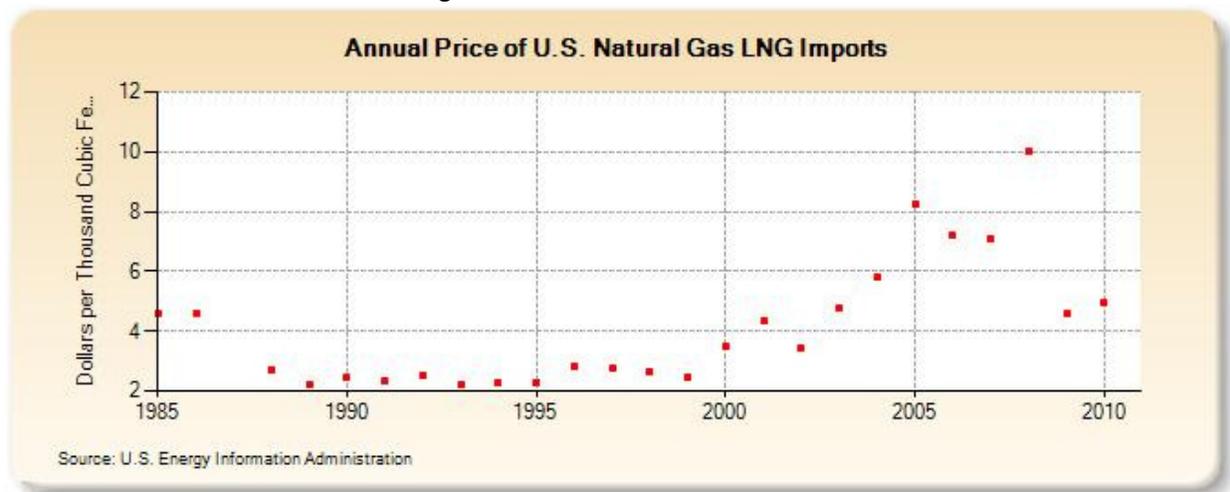
El MDL es una oportunidad para los inversionistas en ERNC ya que genera un ingreso anual por la venta de CER`s. Chile ya cuenta con algunos pocos proyectos aprobados y registrados en el MDL, los cuales han transado reducciones de emisiones de GEI en el mercado del carbono, lo que a producido un ingreso monetario a las empresas dueñas de los proyectos, generando una mayor rentabilidad.

Las acreditaciones de las reducciones de emisiones son durante un período de tiempo establecido, luego de éste la empresa puede contabilizar, si así lo desea, las reducciones de emisiones como propias, con el fin de cumplir con posibles límites de emisión de GEI impuestos en Chile en el futuro.

### 3.1.2.2 Nuevos Precios GNL

En el 2012 se renegociarán los contratos que se firmaron el 2007 para la compra de gas natural licuado. Debido a que en el 2008 el precio del GNL se encontraba en su máximo histórico, en la Figura 3-2, se puede ver que el 2008 el Precio del GNL era más del doble del Precio actual. Por esto es esperable que el precio al que se negociará en el 2012 sea más bajo en términos reales, lo que aumentará la competitividad de esta tecnología. Considerando que existe una capacidad instalada de centrales a ciclo combinado, ello permitiría una reducción rápida e importante de las emisiones al sustituir Diesel o Carbón.

Figura 3-2 Precios Históricas del GNL



Fuente: (U.S. Energy Information Administration 2011)

### 3.1.2.3 Smart Grid

Se encuentra en desarrollo y se espera que en el mediano plazo alcance madurez tecnológica las “*smart grids*”. Estos nuevos sistemas de transmisión permitirían reducir las pérdidas de manera importante lo que implicaría menores emisiones de GEI.

El concepto de “Smart Grid” se puede entender como la superposición de un sistema de control y comunicación de la infraestructura de transmisión y despacho de la electricidad, entregando información adecuada a las entidades decidoras en el momento adecuado. Este sistema optimiza el sistema de transmisión y despacho de electricidad al minimizar las pérdidas, auto-restaurándose y permitirá aprovechar la siguiente generación de tecnologías de eficiencia energética, incluyendo las aplicaciones sensibles a la demanda.

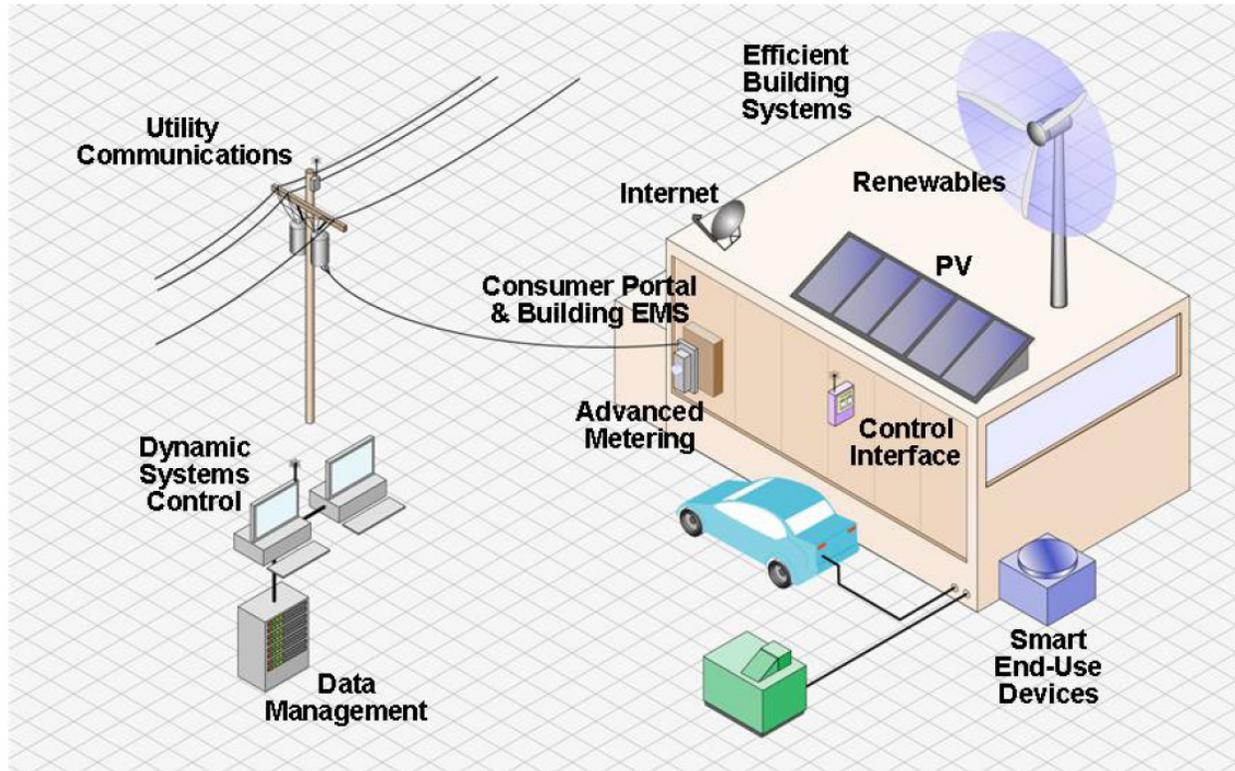
Existen 3 elementos que conforman un “Smart Grid”:

- Transición de un sistema de transmisión radial a una verdadera red, que asegure plena conectividad entre las fuentes generadoras y los consumidores finales.
- Pasar de un sistema electro-mecánico a uno totalmente digital, lo que permitiría tener un soporte informático y un conjunto de configuraciones automáticas del sistema.

- Permitir la comunicación bidireccional de la red, lo que permitiría a los clientes finales pasar de un rol pasivo a uno activo.

La Figura 3-3 muestra como sería el hogar de un consumidor final activo, que aprovechara la estructura del “Smart Grid”.

Figura 3-3 Smart Grid aplicada en consumo



Fuente:(Global Energy Partners 2008)

Al existir una comunicación bidireccional se podrá optimizar el consumo de energía, regulando el voltaje de ser necesario, almacenando en un vehículo eléctrico eventuales sobregeneraciones y aportando electricidad al sistema por medio de micro-generación.

El sistema permitiría reducir las pérdidas del sistema eléctrico actual, las cuales representan alrededor de un 9% de la electricidad generada (CNE 2009e). (Global Energy Partners 2008) sugiere que las mejoras de un sistema de “Smart Grid”, permitirían disminuir las pérdidas entre un 1,2% y 4,3% de la electricidad generada.

#### 3.1.2.4 Interconexión SIC-SING

Existe la posibilidad de conectar los dos principales sistemas de transmisión nacionales. Sabemos que el SING se caracteriza por una matriz alta en emisiones de CO<sub>2</sub>e mientras que el SIC es una matriz más limpia en emisiones, debido principalmente a la participación de las centrales hidroeléctricas en la generación. Esta misma característica hace que los costos medios de generación sean menores en el SIC, que en el SING, esto se refleja en el Precio medio de

Mercado, siendo aproximadamente un 20% mayor en el SING, que en el SIC (65,058 [\$/kWh] versus 54,285 [\$/kWh])<sup>14</sup> (Comisión Nacional de Energía (CNE) 2011). La interconexión de los sistemas, permitiría administrar de una manera carbono-eficiente el sistema de generación nacional, disminuyendo los costos de generación promedio y por ende el Precio Medio de mercado. Es importante reconocer que esta acción beneficiaría al SING y podría perjudicar el SIC, tanto en costos como en emisiones de CO<sub>2</sub>.

### 3.1.2.5 Integración Regional

Existe la posibilidad a futuro de crear un anillo energético en Sudamérica. Este anillo permitiría aprovechar:

- El gas natural boliviano, que tiene un bajo costo que permitiría generar electricidad con la sobrecapacidad de centrales a gas instalada principalmente en el SING.
- Los grandes embalses peruanos lo que nos permitiría almacenar electricidad generada por fuentes renovables más fluctuantes.
- Chile podría vender la sobre generación de energía renovable en ciertos periodos (específicamente solar y eólica) a los países vecinos. Esto se debe a que las centrales solares y eólicas tiene una generación oscilante, lo que genera problemas de gestión, especialmente cuando la generación supera la demanda esperada, ya que esa energía se perdería, en este caso convendría vender a otros sistemas.<sup>15</sup>

### 3.1.3 Debilidades

#### 3.1.3.1 Matriz en Proceso de Carbonización

La matriz energética de Chile históricamente ha estado compuesta principalmente por tecnologías que consumen combustibles fósiles, las cuales emiten CO<sub>2</sub> a la atmosfera.

---

<sup>14</sup> Precio Medio de Mercado determinado con los precios medios de los contratos informados por las empresas generadoras a la Comisión, correspondientes a cuatro meses, que incluye los meses de noviembre y diciembre de 2010, y enero y febrero de 2011.

<sup>15</sup> Los problemas de gestión asociados a la generación eléctrica con centrales solares y eólicas, son de dos tipos:

- Generación menor a la esperada: normalmente se compensa con respaldo diesel o embalses.
- Generación mayor a la esperada: se regula con modulación de centrales térmicas (complejo si la variación es muy fuerte), con bombeo de agua en el caso de existir embalses con contra-embalse (tecnología no difundida en Chile) o venta a otros sistemas del excedente (aunque el precio sea bajo, evita la pérdida).

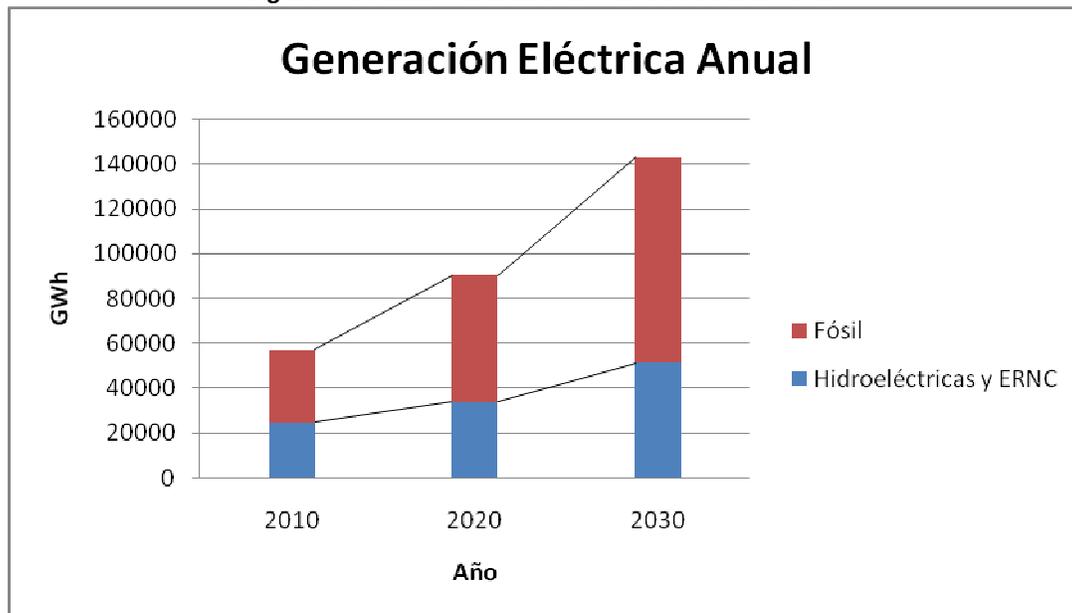
Tabla 3-2 Capacidad instalada en Chile según tipo de planta.

Planta	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Hidráulica	40%	40%	38%	37%	36%	41%	39%	39%	38%
Gas natural	23%	25%	29%	31%	32%	34%	36%	36%	37%
Carbón	23%	22%	21%	20%	20%	19%	18%	17%	16%
Diesel Fuel Oil	12%	11%	9%	9%	9%	5%	5%	7%	7%
Otros	2%	2%	3%	3%	3%	2%	2%	2%	2%
<b>Total Fósil</b>	<b>58%</b>	<b>58%</b>	<b>59%</b>	<b>60%</b>	<b>61%</b>	<b>57%</b>	<b>59%</b>	<b>60%</b>	<b>60%</b>

Fuente:(Nicola Borregaard & Ricardo Katz 2009)

Según un estudio realizado por la CEPAL, en conjunto con la fundación Bariloche, se estima que para el año 2020 la generación eléctrica total será generada por medio de un 61% de plantas de combustibles fósiles y que aumentará a un 64% el 2030 (CEPAL 2010), lo cual es un aumento significativo en comparación a la situación actual y se puede ver en la Figura 3-4.

Figura 3-4 Cambio en la matriz Generadora 2010-2020



Fuente: (CEPAL 2010)

La carbonización de la matriz energética chilena también se ve reflejada en el plan de obras presentado por el Ministerio de Energía, el cual tiene contemplado un porcentaje relevante y creciente de nuevas centrales intensivas en emisiones de carbono, es así que para el SING el plan de obras proyecta un 79% de proyectos fósiles (CNE 2011b) y para el SIC un 67% (CNE 2011a).

Cabe destacar que este incremento es mayoritariamente producto de la construcción de centrales termoeléctrica a carbón, las cuales emiten sustancialmente más GEI que otras

tecnologías fósiles. La construcción de plantas a carbón se debe a los relativamente bajos costos marginales de generación, a la alta seguridad de abastecimiento de combustible y a una volatilidad de los precios menor en relación a otros combustibles fósiles.

### 3.1.3.2 Bajo Desarrollo Tecnológico Local de ERNC

- Costos de Inversión

Generalmente toda nueva tecnología posee costos de inversión comparativamente altos debidos principalmente a el escaso desarrollo y madurez de la tecnología, sin embargo con el correr del tiempo y debido a la curva de aprendizaje los costos de producción de estas nuevas tecnologías bajan y su rendimiento técnico aumenta, tornándose competitivas frente a tecnologías previamente existentes y más desarrolladas. (IEA 2008a).

La generación masiva de energía por medio de ERNC es una práctica relativamente nueva y esto implica que la mayoría de las ERNC posean un desarrollo tecnológico bajo (Geotérmica, Solar Térmica, Fotovoltaica, Eólica, Mareomotriz) generando que los costos de inversión sean mayores en comparación a las energías convencionales ya maduras, tales como las centrales térmicas a carbón, las plantas de ciclo combinado, entre otras.

A lo largo de los años los costos de inversión de las ERNC se han ido reduciendo y se espera que continúen en esta tendencia debido a una mayor madurez y desarrollo, las proyecciones de los costos de inversión se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 3-3 Costo actual de la inversión en ERNC y sus proyecciones

Inversión						
	Presente			Proyección		
	Costo Inversión [US\$/kW]	Año	Ref.	Costo Inversión [US\$/kW]	Año	Ref.
<b>ERNC</b>						
Mini Hidráulica	2,500	2005	[5]	2,200.0	2030	[5]
Geotérmica	3,517	2009	[2]	3,325.0	2030	[5], [3]
Eólica	1,629	2009	[3], [4]	1,300.0	2030	[3], [1]
Biomasa Cofiring	679	2008	[1], [5]	Cte.		
Biomasa BIGCC	5,245	2009	[1]	1,852.0	2030	[7]
Solar-Th	4,788	2008	[6], [3], [2], [1]	1,900.0	2030	[3]
Solar-PV	4,296	2005	[4], [5], [2], [1][3]	2,267.0	2030	[5], [3]
Mareomotriz	8,500	2009	[1]	3,750.0	2030	[5]

Fuente: Elaboración Propia en base a las siguientes referencias

[1] (Borregaard 2009); [2] (NREL 2009); [3](IEA 2008c); [4] (IEA 2005); [5] (IEA 2008b); [6] (NREL 1997); [7] Suposición propia en base a [2].

Cabe destacar que para los proyectos de ERNC que se construyen en Chile los costos de inversión son bastante más elevados que en otros lugares del mundo como Europa y Estado Unidos (Tabla 3-4), debido a factores tales como el flete desde los países donde se fabrican de los componentes mecánicos, la capacidad técnica del país, entre otros.

Tabla 3-4: Costos Tecnología Eólica Internacional y en Chile

Proyecto	Inversión [USD/kW]	Año
Eólico Internacional	1.629	2009
Parque Eólico el Totoral	3.040	2010
Talinay	2.080	2011

Fuente: Elaboración Propia.

- Madurez y desarrollo de las tecnologías

Hoy en día existen tecnologías de ERNC que ya se encuentran operativas y dentro de la matriz energética chilena como es el caso de la energía eólica y la mini hidráulica, sin embargo la mayoría de las tecnologías de ERNC se encuentran escasas o nulas, estudiadas y desarrolladas, en especial faltan estudios sobre los sitios adecuados y con mayor factibilidad técnica para la operación de distintas tecnologías de ERNC a lo largo del país, lo que retrasa el desarrollo de energías ya competitivas en otros países, pero que requieren de exploración de los recursos disponibles como es el caso de la energía Geotérmica (Tabla 3-5). Se estima que el potencial económicamente factible para la

generación de recursos energéticos a través del uso de la geotermia en Chile es de entre 1.235 - 3.350 MW (CER 2010).

**Tabla 3-5: Países con mayor potencia instalada de energía geotérmica**

**Países Generando Energía Geotérmica el 2010**

País	Capacidad Instalada (MW)	Ranking
Estados Unidos	3,086	1
Filipinas	1,904	2
Indonesia	1,197	3
México	958	4
Italia	843	5
Nueva Zelandia	628	6
Islandia	575	7
Japón	536	8
El Salvador	204	9
Kenia	167	10

Fuente:(Alison Holm, Leslie Blodgett et al. 2010)

- Falta de subsidios directos

Hoy en Chile las ERNC se promueven por medio de la CORFO para distintas etapas del proyecto mediante los siguientes instrumentos:

- Pre inversión en ERNC
  - Región Metropolitana
  - Programa TodoChile (para el resto de las regiones del país).
- Subsidio a Estudios de Pre inversión en etapa avanzada
- Financiamiento: Líneas de Créditos para Inversión
  - Crédito CORFO Medioambiental
  - Crédito CORFO ERNC

Sin embargo, los costos de desarrollo e inversión aún son excesivamente altos, por lo que serían necesarios mayores incentivos y ayuda por parte del gobierno.

- Concentración del mercado eléctrico

Los actores del mercado eléctrico en Chile son principalmente tres grandes empresas que controlan el 74% de la matriz energética, repartiéndose el 26% restante en otras 3 empresas (Systep Ingeniería y Diseños 2011). Además algunas de estas empresas son dueñas de parte de las redes de transmisión y distribución de la energía eléctrica. Todo lo anterior produce grandes barreras de entrada a nuevos proyectos de ERNC, desarrollados por otras empresas, que quieran ingresar al mercado eléctrico.

- Falta de información para planes de gobierno

Si bien existen estudios sobre el potencial energético de ERNC y su localización en el territorio nacional, tales como "Estimación del aporte potencial de las Energías

Renovables No Convencionales y del Uso Eficiente de la Energía Eléctrica al Sistema Interconectado Central (SIC) en el período 2008-2025" (PRIEN & NEIM 2008)", "Análisis del Potencial Estratégico de la Leña en la Matriz Energética Chilena" (Comisión Nacional de Energía 2008), "Potencial Hidroeléctrico asociado a Obras de Riego existentes o en proyecto" (CNE & CNR 2007) y "Recursos en energía de los mares en Chile y selección preliminar de sitios" (Garrad Hassan 2009), estos estudios resultan insuficientes para elaborar una política energética que defina proyectos específicos y su priorización, labor que debiera ser centralizada para tener una comparación objetiva de los distintos proyectos.

### 3.1.3.3 Falta de Instrumentos para promover ERNC

En Chile no existen suficientes instrumentos que promuevan las ERNC que ya son utilizados en distintos países. Algunos de estos son los siguientes:

- **Net Metering:** medidores bidireccionales que contabilizan también la energía que podría producir un pequeño generador (solar, eólico, etc.) lo que se descuenta de su cuenta final de electricidad. La micro generación eólica y solar, tiene el problema de la intermitencia, lo cual hoy es suplido por baterías, lo que incrementa sus costos. De existir el Net Metering, facilitaría la micro-generación. Esto ya ha sido implementado en Australia, Canadá, Italia, Dinamarca, USA, entre otros.
- **Feed in Tariff:** implica garantizar un pago mínimo a los generadores de ERNC por medio de un subsidio que cubre la diferencia entre el pago y el mayor al precio del generador marginal (en caso de que este sea menor), esto genera seguridad para la inversión en proyectos de ERNC y lleva a una disminución en el costo de desarrollo de estas tecnologías (Toby Couture & Yves Gagnon 2009). Esta política puede ser financiada por todos los consumidores finales (caso de España), solo por los consumidores en zonas donde son obligados a pagar (caso de Alemania) o por impuestos y los consumidores (caso de Dinamarca) (Pablo del Rio & Miguel A. Gual 2006). Sin embargo producto que esta regulación del mercado eléctrico puede generar imperfecciones de mercado y elevar de manera significativa los costos de la electricidad para los usuarios finales se debe regular prolijamente y poner especial atención sobre quien asumirá los costos de estas políticas.
- **MultiCarrier eléctrico:** Consiste en un sistema que permita al consumidor final elegir el tipo de electricidad que desea comprar, ya sea eligiendo el proveedor o el mix de generación. Este sistema permitirá transparentar la disposición a pagar por energías más limpias (esta práctica es común en Europa). Sin embargo este tipo de medidas puede generar un aumento en el costo de la electricidad para los usuarios finales y debe ir acompañada de cambios que den herramientas a los consumidores para hacer valer sus derechos y, sobre todo, de una institucionalidad pública que resguarde adecuadamente esta relación contractual, todo esto con el fin de que no ocurran

irregularidades como las ocurridas en países como Inglaterra y España (Daniel Gracia Schilling 2011). Además para su implementación surgen restricciones a nivel de sector ya que los contratos entre las empresas generadoras y distribuidoras deben pactarse a mediano plazo con el fin de que las empresas distribuidoras puedan elegir a quien comprar la energía que transmiten según el cambio a energías más limpias que van implementando las empresas generadoras.

#### 3.1.3.4 Dependencia energética internacional

Actualmente Chile es un país que depende fuertemente de combustibles fósiles importados. Esto lo deja en una posición desfavorable debido a:

- Tomador de Precio de Energía y Precio del Carbono: Chile es un país pequeño lo que no le permite acordar precios bajos en los combustibles. Frente a un escenario de impuestos al carbono la recarga en el precio del combustible la asumirá principalmente Chile y no el país productor, mientras que en el caso de querer comprar biocombustibles este beneficio se lo llevará el productor.

#### 3.1.3.5 Marco Legislativo

En Chile, el marco legislativo actual dificulta en gran medida la existencia de una matriz energética menos carbono-intensiva, debido a lo siguiente:

- Sistema de Mercado: En las últimas décadas, la planificación energética en Chile, se ha guiado por un sistema de mercado en que las decisiones de inversión son tomadas por las empresas considerando solo los costos privados, lo que implica tomar decisiones futuras, considerando solo los costos de generación. Esto impide la consideración de otros aspectos derivados de la producción de electricidad, como el cambio climático y otras externalidades, fuera de una perspectiva de los costos privados. La integración de externalidades en el análisis económico, puede cambiar el orden de entrada de las centrales, como podemos ver en la Tabla 3-6.

Tabla 3-6 Costos de Generación Privados v/s Sociales

Tecnología	Costo Privado [US\$/MWh]	Ext. Salud	Ext. CO2	Costo Social [US\$/MWh]	Jerarquización de Costos***	
		[US\$/MWh]**	[US\$/MWh]*		Privado	Social
Mini-Hidro	36			36	1	1
Pasada	37			37	2	2
Embalse	42			42	3	3
Geotérmica	44			44	4	4
Nuclear	52			52	5	5
Eólica	68			68	7	6
GNL	95	18	8	122	8	7
Solar-Th	152			152	10	8
Carbón CP	63	94	16	173	6	9
Solar-PV	184			184	12	10
Diesel	155	40	13	208	11	11
Biomasa	147	122		269	9	12
Mareomotriz	348			348	13	13

Fuente: Elaboración Propia en base a (DICTUC 2011)

\* Se considero un costo de la tonelada de CO<sub>2</sub> de USD20 (Emisión solo en planta).

\*\* Se obtuvieron del estudio (DICTUC 2011), que utilizó una tasa de descuento del 6%.

\*\*\* El orden de costos, indica el orden en que se construirían las centrales cuando se consideran los costos del privado (1ª columna) y sociales (4ª columna): donde se agrega la externalidad por daño a la salud y por cambio climático.

- Ley de ENRC insuficiente: Las actuales leyes de fomento a las energías renovables son insuficientes, deja fuera las centrales de pasada mayores a 20MW y carece de un sistema de estímulos a la investigación en ENRC, aspecto fundamental, para la localización de fuentes geotérmicas, desarrollo de la tecnología solar, etc.

### 3.1.3.6 Dificultades técnicas y sociales de instalar energía nuclear

Chile presenta pocas aptitudes, para el desarrollo de la energía nuclear, debido a:

- Alto riesgo sísmico en todo el territorio nacional  
El territorio Chileno se encuentra ubicado donde se superponen dos placas tectónicas, la placa de Nazca y la placa Sudamericana, esto genera un lugar geológicamente inestable con un alto nivel sísmico, además de numerosos registros de maremotos. Es importante aclarar que las centrales nucleares necesitan grandes cantidades de agua para funcionar, por lo que deben ubicarse cerca de un río de gran caudal o del mar.

- **Opinión pública**  
La opinión pública es aprensiva y reacia a la energía nuclear por miedo a las consecuencias catastróficas de un eventual accidente. El miedo se fundamenta en el gran poder destructivo de las armas nucleares, y más adecuadamente por accidentes en plantas de energía nuclear como Chernóbil y más recientemente Fukushima).
- **Bajo capital humano**  
Faltan profesionales y operarios capacitados para la construcción y operación de una planta de energía nuclear en Chile.
- **Desechos radioactivos**  
Los desechos radioactivos persisten por miles de años, por lo cual su manejo y almacenamiento es una materia compleja ya que deben mantenerse perfectamente aislados, siguiendo una serie de protocolos con los que aún no estamos familiarizados.

### **3.1.4 Amenazas**

#### **3.1.4.1 Estándar de Huella de Carbono para el sector**

En el mediano plazo se popularizará a nivel internacional las exigencias de huella de carbono, esto implicará que el parque generador se considerará como sucio, lo que podría impactar en la demanda por electricidad proveniente de los sistemas tradicionales, aumentando la autoproducción proveniente de energías más limpias.

#### **3.1.4.2 Compromisos internacionales crecientes**

Chile se comprometió voluntariamente a reducir un 20% de sus emisiones en relación a su línea base para el año 2020, ya forma parte de la OECD y existe el inminente compromiso de la Comisión de las Comunidades Europeas que indica que los países en vías de desarrollo deberán limitar el crecimiento de sus emisiones entre un 15 y 30% bajo el BAU (Comisión de las Comunidades Europeas 2009) lo que implica que paulatinamente deberá ir asumiendo compromisos ambientales mayores acordes a las expectativas del resto de los países miembros, las dificultades de estos compromisos podrían ser:

- **Alto costo de improvisar:**  
Si el sector energía no es previsor en la adecuación de su matriz energética, el tener que aumentar la generación eléctrica en base a tecnologías poco carbono intensivas, adecuando la matriz en pocos años resultará más caro, ya que se perderá la inversión ya realizada en centrales a carbón y diesel.
- **Daño a la imagen país:** El incumplimiento o retraso en el cumplimiento de las metas de reducciones podría afectar fuertemente la imagen país de Chile, quien vería vulnerado su prestigio como país serio que está alcanzando el desarrollo.

### 3.1.4.3 Futuras regulaciones nacionales de contaminantes locales

- Normas de Emisión para contaminantes locales: El aumento en las exigencias a las emisiones de contaminantes locales (Material particulado, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> y metales pesados), puede aumentar las emisiones de CO<sub>2</sub> producto del consumo energético adicional asociado a los sistemas de abatimiento como los scrubber (los cuales pueden llegar a consumir hasta un 10% de la energía generada por la central) disminuyendo la eficiencia de la planta y aumentando el factor de emisión de CO<sub>2</sub> por MWh neto generado.

### 3.2 Sectores Consumidores Finales de Energía

#### Resumen Análisis FODA

Sector	Fortaleza	Debilidades
<b>Transporte</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>País Lineal</li> <li>Alto desarrollo Líneas de Metro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Alta dependencia de combustibles fósiles</li> <li>Debilitamiento Ferrocarril</li> <li>Sector altamente desagregado</li> </ul>
<b>Minería</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Calidad del recurso cuprífero</li> <li>Co-producción de otros metales preciosos</li> <li>Mesa Minera de Eficiencia Energética</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Industria intensiva en el consumo de energéticos</li> <li>Equipos relativamente ineficientes</li> </ul>
<b>CPR e Industria</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Potencial de Co-Generación</li> <li>Disponibilidad de energía térmica</li> <li>Potencial de Micro-Producción de electricidad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Imposibilidad de elegir origen de electricidad</li> </ul>
Sector	Oportunidades	Amenazas
<b>Global</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Eficiencia Energética</li> <li>Biocombustibles</li> <li>Mercado del Carbono</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Eventual Impuesto al CO2</li> <li>Requerimientos de Huella de Carbono</li> </ul>
<b>Transporte</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mejoras en la Gestión de Flotas</li> <li>Cambios en la Distribución modal</li> <li>Vehículos eficientes</li> <li>Vehículos eléctricos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tasa de Motorización creciente (efecto ingreso)</li> </ul>
<b>Minería</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Renovación equipos ineficientes</li> <li>Motores Eficientes</li> <li>Sistemas de transporte de materiales</li> <li>Co-Generación</li> <li>Interconexión SIC-SING</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ley del mineral decreciente</li> </ul>
<b>CPR e Industria</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Co-Generación</li> <li>Colectores Solares</li> <li>Net Metering</li> <li>Nuevos diseños arquitectónicos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aumento del consumo Energético (efecto ingreso)</li> <li>Barreras a la co-generación y micro-producción de electricidad</li> <li>Interconexión SIC-SING</li> </ul>

### 3.2.1 Fortalezas

#### 3.2.1.1 Transporte

- País lineal:  
Las características lineales de Chile, permiten tener un eje de transporte único y más directo. Ello facilita la gestión de flotas lo que conlleva a un menor consumo de combustibles y emisiones de GEI, pero por otro lado aumenta las distancias de transmisión.  
También esta condición genera que casi todo el país posea acceso al mar.
- Alto desarrollo líneas de Metro:  
El Metro en las principales ciudades de Chile (Santiago, Valparaíso y Concepción) se ha desarrollado de manera acelerada en los últimos 10 años y aún existen planes para continuar esta expansión. Esta es una fortaleza desde el punto de vista del cambio climático debido a que las emisiones de GEI asociadas a esta forma de transporte son mucho más bajas que las de un vehículo particular o un bus convencional.

#### 3.2.1.2 Minería

- Calidad del recurso cuprífero:  
Chile es el primer productor a nivel mundial de cobre y tiene las mayores reservas de este mineral. Esto le da ventajas competitivas en relación a otras naciones a la hora de extraer el mineral, ya que cuenta con varios yacimientos de buena calidad lo que le permite extraer cobre a costos relativamente bajos.
- Co-producción de otros metales preciosos:  
La minería chilena aprovecha de co-producir otros minerales, en el proceso de elaboración del cátodo de cobre, los co-productos más importantes son el oro, la plata y el molibdeno. Esto permite distribuir la huella del carbono entre más productos, disminuyendo de manera importante la huella por unidad económica de producto, no así si se distribuye por masa.
- Mesa Minera de Eficiencia Energética:  
Desde el 2006 existe la Mesa Minera de eficiencia energética, este organismo técnico voluntario busca mejorar las prácticas al interior de la industria, aumentando la eficiencia del sector. Está compuesta por líderes de:  
La Mesa Minera de Eficiencia Energética es una agrupación técnica voluntaria, integrada por los líderes de las áreas energéticas de empresas de:

- La Gran Minería
- Minería no metálica de Chile
- ENAMI
- Programa País de Eficiencia Energética (actual Agencia Chilena de Eficiencia Energética)
- Subsecretaría de Minería

Este organismo ha permitido avanzar en la implementación de programas de eficiencia energética, siendo uno de los más importantes el fomento al recambio adelantado de motores. Que ha permitido aumentar la participación de motores de alta eficiencia en el sector.

### 3.2.1.3 CPR e Industria

- **Potencial de co-generación:**  
La Industria chilena tiene un potencial muy grande de co-generación sub-explotado en varias industrias. Esta medida permite reducir costos en el consumo de electricidad y mitigar las emisiones de GEI de paso, estas condiciones son particularmente buenas en la industria de la celulosa y en otros complejos industriales que utilizan calor.
- **Disponibilidad de energía térmica:**  
CPR e industria puede aprovechar el potencial de energía térmica, aprovechando principalmente el recurso solar y en algunos casos el geotérmico, para calefacción y generación de agua caliente sanitaria.
- **Existencia de recursos potenciales de micro-producción de electricidad:**  
Por otro lado, tanto CPR como la industria puede aprovechar el potencial de micro-generación de electricidad, aprovechando principalmente el recurso solar y en algunos casos también el recurso eólico e hidroeléctrico.

## 3.2.2 Oportunidades

### 3.2.2.1 Global

- **Eficiencia Energética:**  
La minería es un sector con un consumo muy grande de electricidad y combustibles fósiles, que aún se encuentra atrasado en lo que es eficiencia energética, por lo que existe un potencial enorme para reducir el consumo de energía y por tanto las emisiones de GEI, resulta esperable conseguir grandes reducciones mejorando los sistemas de transporte de materiales, utilizar motores eficientes, entre otros.
- **Biocombustibles:**  
El eventual ingreso de biocombustibles al mercado nacional, permitiría reducir las emisiones de GEI, al considerarse que las emisiones del biodiésel y el bioetanol son carbono neutrales. Una de las alternativas sería exigir que los combustibles comercializados, fueran una mezcla entre combustibles tradicionales y biocombustibles, lo que reduciría de manera directa las emisiones de todo el sector en casi el porcentaje de la mezcla que es biocombustibles (los biocombustibles tienen un Poder Calorífico menor, por lo que la eficiencia de los motores disminuiría).
- **Mercado del Carbono:**  
La existencia de un mercado de carbono, en el cual se asignen permisos de reducción, que pueden ser transados, es el método más eficiente para cumplir con metas de reducciones, ya que el mercado opera regulando el precio y las entidades que pueden conseguir reducciones a menor costo marginal, pueden venderlas a quien les resulta más caro, aumentando el beneficio para ambas partes y cumpliendo con los objetivos de reducción, cosa que resulta muy difícil si es el Estado quien debe implementar una serie de medidas. Además si este mercado es mundial, puede permitir aumentar este beneficio aun más, ya sea comprando a otras naciones reducciones más económicas como vendiendo propias a países con costos marginales mayores.

### 3.2.2.2 Transporte

- **Mejoras en la Gestión de Flotas:**  
Una gestión más eficiente en las flotas de buses y camiones, permitiría disminuir el consumo de combustible y por tanto las emisiones de GEI en el sector. Chile aun puede aprovechar mucho del potencial de reducción en el consumo de combustible, por medio de fomento de programas de conducción eficiente, gestión de carga, etc.
- **Cambios en la Distribución modal:**  
Es importante entender que la intensidad en las emisiones de GEI por kg-km transportado varía mucho entre los distintos modos de transporte. Siendo el transporte aéreo el más intensivo en emisiones, seguido por el caminero, ferroviario y finalmente marítimo. Es por esto que fomentar un cambio modal de camiones a ferrocarriles o barcos, permitiría reducir de manera importante las emisiones del sector, esta es una posibilidad abierta para Chile dado su fácil acceso al océano a lo largo de todo el país. También fomentar el uso de la bicicleta a nivel urbano, por medio de habilitación de ciclovías adecuadas, habilitación de estacionamientos y arriendo de bicicletas públicas, permitiría generar un cambio modal desde los vehículos y buses a la bicicleta, especialmente para distancias intermedias. Chile puede aprender mucho de la experiencia francesa y noruega, como ya lo han imitado otras naciones como Suiza, España e Italia, entre otras.
- **Vehículos eficientes:**  
La eficiencia en los vehículos terrestres ha mejorado mucho en los últimos años, especialmente por los vehículos híbridos, que si bien aún tienen costos relativamente altos, puede ser conveniente para usuarios con alto nivel de actividad. Además se esperan avances en las características aerodinámicas y en materiales en vehículos pesados principalmente, permitirían mejorar el rendimiento en manera importante, lo que implicaría una reducción de las emisiones de GEI.
- **Vehículos eléctricos:**  
Actualmente ya están disponibles en el mercado vehículos eléctricos. Si bien aún su difusión es escasa, debido a la alta inversión inicial asociada. En la medida que esta tecnología se vuelva más competitiva, abre la oportunidad para importantes ahorros energéticos y económicos para vehículos con alto nivel de actividad (camiones, buses y taxis principalmente).

### 3.2.2.3 Minería

- Renovación equipos ineficientes  
La presencia de equipos ineficientes en el sector minero presenta una gran oportunidad de reducir las emisiones de GEI al implementar una medida de renovación de estos equipos, posiblemente debido a la antigüedad, por equipos de mayor eficiencia.
- Motores eficientes:  
Cambiar los motores antiguos por motores eficientes, los nuevos motores pueden ahorrar hasta un 15% de la energía utilizada.
- Sistemas de transporte de materiales:  
Crear nuevos sistemas de transporte para el mineral desde la mina al puerto, permitiría ahorrar grandes emisiones.
- Co-generación:  
Utilizar el potencial de Co-generación eléctrica, por medio de una adaptación a las fundiciones, se podría aprovechar las pérdidas de calor, para generar electricidad, aumentando la eficiencia energética de la planta, reduciendo costos y mitigando emisiones.
- Interconexión SIC-SING:  
Existe la posibilidad de conectar los dos principales sistemas de transmisión nacionales. Sabemos que el SING se caracteriza por una matriz alta en emisiones de CO<sub>2</sub>e mientras que el SIC es una matriz más limpia en emisiones, debido principalmente a la participación de las centrales hidroeléctricas en la generación. Esta misma característica hace que los costos de generación del SING sean mucho mayores a los del SIC. La interconexión de los sistemas, permitiría administrar de una manera carbono-eficiente el sistema de generación nacional y disminuir los costos de generación promedio. Es importante reconocer que esta acción beneficiaría mucho al SING y podría perjudicar el SIC, tanto en costos como en emisiones de CO<sub>2</sub>. Si consideramos que la minería se localiza principalmente en el SING, esto beneficiaría en gran medida a este sector.

### 3.2.2.4 CPR e Industria

- Co-generación:  
Utilizar el potencial de co-generación eléctrica, en las industrias que tienen procesos a altas temperaturas o por quemando metano (proveniente de lodos y otros desechos), para generar electricidad, aumentando la eficiencia energética de la planta, reduciendo costos y mitigando emisiones.

- **Colectores solares:**  
La industria y especialmente CPR, podría aprovechar el recurso solar, abundante en la zonas centro y norte del país, para generar agua caliente sanitaria, ahorrando energía que normalmente proviene de la quema de combustibles fósiles, ahorrando energía, dinero y mitigando emisiones de GEI.
- **Net Metering:**  
De implementarse medidores bidireccionales, se facilitaría la compensación de emisiones directa, por parte del sector industrial y CPR, quienes podrían implementar un pequeño generador (solar, eólico, hidroeléctrico, etc.), disminuyendo el costo de esta medida y resolviendo el problema de la intermitencia.
- **Nuevos diseños arquitectónicos:**  
Las nuevas tendencias arquitectónicas apuntan al diseño de estructuras más amigables con el medio ambiente. Estas tienen menos pérdidas de energía, aprovechan más la luz natural, son más templadas (aprovechan energía geotérmica, entre otras cosas), utilizan menos materiales y son más recuperables al final de su vida útil. Todo esto reduce la huella de carbono de una construcción.

### **3.2.3 Debilidades**

#### **3.2.3.1 Transporte**

- **Alta dependencia de combustibles fósiles:**  
El sector transporte es el principal consumidor de combustibles fósiles a nivel nacional con más de un 50% (CNE 2009e). Lamentablemente el sector no cuenta con alternativas tecnológicas adecuadas para consumir otro tipo de energéticos, salvo el ferrocarril.
- **Debilitamiento ferrocarril:**  
El Ferrocarril en Chile es el único sub-sector del transporte que no se ha desarrollado en el tiempo, lo que es lamentable desde un punto de vista del cambio climático, ya que es el modo de transporte, que puede llegar a ser menos intensivo en sus emisiones.
- **Sector altamente desagregado:**  
El sector transporte es un sector altamente desagregado en el que participan diversos actores y usuarios. Esta situación genera complicaciones al momento de llegar a acuerdos para el sector o para implementar medidas, así como también dificultades para la implementación de incentivos.

### 3.2.3.2 Minería

- **Industria intensiva en el consumo de energéticos:**  
La minería del cobre, necesita grandes cantidades de electricidad en el proceso de elaboración de los cátodos de cobre. El consumo del sector es un tercio de la demanda por electricidad nacional (CNE 2009e) y dada la ubicación del mineral de cobre, principalmente en la zona del SING, que tiene un factor de emisión muy alto, ya que su generación es prácticamente 100% termoeléctrica.  
Además el sector tiene un consumo importante de diésel, que si bien no es el primer consumidor a nivel nacional, si es un actor relevante.
- **Equipos relativamente ineficientes:**  
Los motores del sector si bien se están renovando son antiguos y tienen eficiencias menores a las últimas tecnologías, lo que conlleva una desventaja a nivel de consumo de energía.

### 3.2.3.3 CPR e Industria

- **Imposibilidad de elegir origen de electricidad:** El consumidor no puede elegir la fuente de su electricidad y la matriz se ha carbonizado fuertemente en los últimos años, lo que ha aumentado la huella de carbono del sector industrial y CPR.

## 3.2.4 Amenazas

### 3.2.4.1 Global

- **Eventual impuesto al CO<sub>2</sub>:**  
Uno de los instrumentos económicos para mitigar las externalidades son los impuestos y es una alternativa frente a un escenario de mayor compromiso nacional para mitigar las emisiones de GEI. De implementarse este sistema, por ejemplo, por medio de un impuesto según el contenido de carbono fósil de los combustibles, se podría reducir en parte las emisiones. El problema es que resulta casi imposible determinar la tarifa para llegar a la meta, lo que implica ineficiencias económicas que pueden ser muy grandes.
- **Requerimientos de Huella de Carbono:**  
El avance de países, como Japón, Estados Unidos, la Unión Europea y Francia (importantes socios comerciales de Chile), en la huella de carbono hace cada vez más cercano un escenario de exigencias a estos sectores para los productos y servicios que son exportados desde Chile. Ello puede significar que el sector global se encontrará en desventaja con la consiguiente pérdida de competitividad si no se implementa o se implementa tardíamente el desarrollo de la Huella de Carbono. En segundo lugar puede significar una pérdida de mercados por el no cumplimiento de exigencias, que en el caso de Francia, a partir de Enero de 2011 ya está en vigencia para todos los productos que se comercialicen en el país.

### 3.2.4.2 Transporte

- **Tasa de motorización creciente (efecto ingreso):**  
El aumento de los ingresos per-cápita en Chile y la creciente accesibilidad a la compra de vehículos motorizados, hacen que la tasa de motorización crezca, sustituyendo el transporte público y otras formas de transporte menos carbono intensivas, por el uso de vehículos particulares.

### 3.2.4.3 Minería

- **Ley del mineral decreciente:**  
La minería del cobre nacional, ha ido explotando los mejores yacimientos cupríferos, lo que en el tiempo provocará que el promedio de la ley explotada probablemente vaya decayendo, aumentando el consumo de energía y por tanto las emisiones de GEI.

### 3.2.4.4 CPR e Industria

- **Aumento del consumo energético (efecto ingreso):**  
El aumento de los ingresos per-cápita en Chile, aumenta la demanda por bienes y servicios. Lo que hace probable un incremento en el consumo de energía per cápita, lo que se reflejaría en el sector CPR, principalmente. El principal riesgo está asociado al aumento del consumo energético en climatización, ya que el resto de los servicios energéticos son menos intensivos y las tecnologías son cada vez más eficientes.
- **Barreras a la co-generación y micro-producción de electricidad:**  
La alta disponibilidad de recursos energéticos que permitirían una co-generación o una micro-producción de electricidad en los sectores CPR e industrial, se ve limitada hoy por barreras de accesibilidad tecnológica y principalmente por la alta complejidad burocrática (que se convierte en imposibilidad) de que un pequeño generador de energía (1MW o menos) pueda conectarse al sistema, lo que cierra el acceso a un recurso energético importante menos carbono intensivo.
- **Interconexión SIC-SING:**  
Existe la posibilidad de conectar los dos principales sistemas de transmisión nacionales. Sabemos que el SING se caracteriza por una matriz alta en emisiones de CO<sub>2</sub>e mientras que el SIC es una matriz más limpia en emisiones, debido principalmente a la participación de las centrales hidroeléctricas en la generación. Esta misma característica hace que los costos de generación del SING sean mucho mayores a los del SIC. La interconexión de los sistemas, permitiría administrar de una manera carbono-eficiente el sistema de generación nacional y disminuir los costos de generación promedio. Es importante reconocer que esta acción beneficiaría mucho al SING y podría perjudicar el SIC, tanto en costos como en emisiones de CO<sub>2</sub>. Si consideramos que más del 90% de la demanda de estos sectores está conectada al SIC, este cambio perjudicaría estos sectores a nivel de emisiones de CO<sub>2</sub>, como en costos.

### 3.3 Sector Silvoagropecuario

#### Resumen Análisis FODA

Fortaleza	Debilidades
<ul style="list-style-type: none"> <li>Sector forestal de plantaciones muy agregado, con desarrollo tecnológico alto y gran potencial de mitigación.</li> <li>Incentivos a actividades sectoriales (forestales y recuperación de suelos) con gran potencial de generar expansión de tierras forestales (PRSD, DL-701 y Ley de Bosque Nativo)</li> <li>Compromiso Agricultura Carbono-Neutral</li> <li>Amplia base de tierras disponibles para forestación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tomadores de decisión muy atomizados y con grados de desarrollo muy dispar.</li> <li>Foco de incentivos a la actividad focalizados en actividades productivas (emisoras) en sub-sectores de cultivos y ganadería.</li> <li>Desarrollo precario de una cultura de producción compatible con exigencias medioambientales.</li> <li>Recursos humanos.</li> </ul>
Oportunidades	Amenazas
<ul style="list-style-type: none"> <li>Bioenergía</li> <li>Biocombustibles</li> <li>REDD+</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Importante sector exportador direccionado a regiones con alta sensibilidad a certificaciones medioambientales (Huella de Carbono, Manejo Sustentable).</li> <li>Competencia creciente por usos productivos de la tierra (producción de alimentos, madera, biocombustibles, dendroenergía, servicios ambientales).</li> </ul>

#### 3.3.1 Fortalezas

##### 3.3.1.1 Sector de Plantaciones Agregado

El sector forestal chileno que está asociado a plantaciones industriales está constituido en gran parte por grandes empresas, verticalmente integradas en toda la cadena de producción (desde el bosque a la planta de elaboración) y que exportan gran parte de su producción. Estas empresas tienen un alto grado de desarrollo tecnológico y operan en mercados altamente competitivos, donde las certificaciones y estándares ambientales cobran crecientemente mayor importancia como ventajas competitivas y en algunos casos constituyen exigencias mínimas. Estas empresas son organizaciones resilientes que tienen facilidad y mucho interés en implementar mejoras en sus procesos y productos de manera de adaptarse a nuevas realidades y requerimientos como pueden ser exigencias asociadas a disminuir sus emisiones de GEI, ya

sea voluntariamente o no. Asimismo, el tamaño de estas empresas asegura que las decisiones que toman, tienen impactos detectables en el perfil del sector de plantaciones, que incluye una gran cantidad de pequeños y medianos productores y propietarios, que en muchos casos trabajan en colaboración con estas empresas, incluso recibiendo parte de los desarrollos tecnológicos implementados por las grandes empresas. Asimismo, el sector forestal mantiene una gran masa de bosque en régimen de manejo que se asume permanecerá como bosque en el largo plazo.

### 3.3.1.2 Incentivos Sectoriales

En el sector SAP hay una serie de instrumentos orientados a ampliar el área de bosques plantados o bien a mejorar la productividad de suelos. En particular la Ley 20.283 de Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal y el Decreto Ley 701 (que en el año 2010 recientemente se renovó temporalmente por 2 años para discutir su orientación y foco) constituyen instrumentos que bonifican la forestación de terrenos sin árboles o bien el manejo de bosques nativos para producir madera u otros productos no madereros, evitando así su degradación y valorizándolos. Asimismo, el programa de recuperación de suelos degradados (PRSD), que tuvo una actualización reciente en su foco, contempla actividades que mejoran la productividad del suelo. Este mejoramiento de la productividad, en muchos casos considera la aplicación de fertilizantes nitrogenados (que incrementa las emisiones de GEI), así como en algunos casos contemplan actividades que fomentan el secuestro de GEI.

### 3.3.1.3 Agricultura Carbono Neutral

De acuerdo al último reporte de emisiones de GEI para el sector No Energía (INIA 2010) el sector SAP es un sumidero de emisiones de GEI, ya que el balance histórico en la serie de tiempo 1984-2007 demuestra que las emisiones de Agricultura y Ganadería siempre son superadas por las capturas del sector LULUCF. La definición clave “Chile: Agricultura Carbono Neutral” hecha en Copenhague por el estado chileno estableció la voluntad del estado de trabajar en acciones, políticas y medidas sectoriales para fomentar prácticas que aporten en el esfuerzo de disminuir las emisiones de GEI.

### 3.3.1.4 Base de Tierras

Un reciente estudio de CIREN (2010) determinó que en Chile existen 36,8 millones de hectáreas con algún grado de erosión. Entre las regiones de Valparaíso y Magallanes, donde se encuentran la mayor parte de los bosques en Chile, la superficie de tierras erosionadas alcanza a los 11,64 millones de hectáreas (Tabla 3-7). Estos resultados indican que hay una gran superficie de tierras en zonas forestales, y donde es posible establecer una gran cantidad de plantaciones con usos no madereros. El Ministerio de Agricultura y el Ministerio de Energía han

generado información respecto de especies que tienen potencial para este tipo de terrenos, que de ser forestados constituirían un aporte en la mitigación de emisiones de GEI.

Tabla 3-7 Estadísticas de erosión en Chile

REGIÓN	SUPERFICIE, MILES HA.		CON EROSIÓN
	TOTAL	CON EROSIÓN (*)	
DE VALPARAÍSO	1.600	907	56,7%
METROPOLITANA	1.541	683	44,3%
DE O'HIGGINS	1.638	861	52,6%
DEL MAULE	3.034	1.479	48,7%
DEL BÍO-BÍO	3.712	1.183	31,9%
DE LA ARAUCANÍA	3.186	911	28,6%
DE LOS RÍOS	1.837	545	29,7%
DE LOS LAGOS	4.834	1.170	24,2%
DE AYSÉN	10.797	2.605	24,1%
DE MAGALLANES	3.751	1.295	34,5%

(\*) Incluye las categorías de erosión ligera a muy severa

Fuente: (CIREN 2010)

### 3.3.2 Oportunidades

#### 3.3.2.1 Biocombustibles y Bioenergía

El sector SAP ha comenzado a evaluar (con apoyo del estado) alternativas productivas de cultivos para biocombustibles (biodiésel y bioetanol) o bioenergía (biomasa forestal). Actualmente existen asociaciones público-privadas (consorcios tecnológicos de biocombustibles) que están desarrollando los paquetes tecnológicos en la parte agrícola, forestal y su fase industrial, y que permitirían reemplazar combustibles fósiles tal y como actualmente lo hacen ciertas empresas forestales que autogeneran electricidad en base a biomasa e incluso inyectan parte de su generación al SIC.

Un análisis hecho por el Departamento de Industrias de la UTFSM (2007) concluyó que para Chile los biocombustibles de primera generación (B1G) son una opción factible en términos energéticos (balance energético positivo). Sin embargo, en términos económicos, la producción de bioetanol (maíz) implicaría importar la materia prima en grandes cantidades. La opción de biodiésel a partir de raps presenta mejores perspectivas, pero tiene costos de producción algo mayores que el bioetanol. Los biocombustibles de segunda generación (B2G), lignocelulósicos, algas y otras especies no agrícolas de zonas áridas, constituyen la apuesta del Estado en esta área. Tanto la CNE como las agencias sectoriales del Ministerio de Agricultura han estudiado

cuáles son las perspectivas de estos B2G para Chile y de acuerdo a las experiencias de los consorcios tecnológicos financiados en parte por el Estado se concluye que la producción debe estar orientada a biodiesel, para reemplazar diesel. El potencial de los B2G basados en materiales lignocelulósicos se basa en la gran cantidad de recurso forestal existente, producto de condiciones naturales como de políticas de fomento en el sector de plantaciones. Los resultados son preliminares y actualmente se ha iniciado una segunda fase de estudios con el objetivo de confirmar la factibilidad técnica y económica de producir y comercializar biodiesel de segunda generación en Chile.

### 3.3.2.2 REDD+

La reducción de emisiones de carbono mediante la disminución de la deforestación y la degradación de bosques en países en Desarrollo (REDD+ Reducción de Emisiones de la Deforestación y la Degradación de bosques por su acrónimo en inglés) es un concepto que aparece mencionado por primera vez en Bali (COP13). Este mecanismo contempla incentivos para mitigación basados en el pago a naciones en desarrollo para que detengan el deterioro y tala de sus bosques. Si bien hay consenso que el mecanismo REDD+ puede ser una medida efectiva para reducir emisiones, todavía existen dudas respecto de su modo de implementación, verificación de reducciones y de los mecanismos de asignación de beneficios entre los actores involucrados. La Figura 3-5 muestra las actividades potencialmente incluidas en REDD+:

Figura 3-5 Actividades incluidas en REDD+

<b>Cambios en</b>	<b>Cambio negativo reducido</b>	<b>Cambio positivo aumentado</b>
<b>Area forestal (hectárea)</b>	Deforestación reducida	Forestación y reforestación
<b>Densidad de carbono (carbono por hectárea)</b>	Degradación reducida	Restauración, rehabilitación forestal y manejo sostenible de los bosques

Fuente: Meridian Institute (2009)

### 3.3.3 Debilidades

#### 3.3.3.1 Tomadores de Decisiones

El sector SAP está integrado en su conjunto por un gran número de actores y tomadores de decisiones con grandes diferencias en sus objetivos, grados de desarrollo, tamaño, prioridades, disposición a innovar y cultura productiva. Esta característica hace que sea difícil establecer políticas sectoriales que tengan impactos significativos y en general es necesario formular políticas específicas para distintos segmentos del sector.

#### 3.3.3.2 Incentivos con Foco en la Producción

La agricultura es una actividad económica estratégica para cualquier país y por esta razón es frecuente que el Estado la incentive mediante diferentes mecanismos; transferencia tecnológica, capacitación, protección o derechamente subsidios. En el caso de Chile, los incentivos a la actividad, que se canalizan en gran parte a través de las agencias sectoriales (INDAP, SAG, CONAF, CNR) o transversales como CORFO, tienen en su mayoría como foco el incremento de la productividad o de la eficiencia en la producción. Este foco de incentivos en este sector, está asociado a mayores emisiones de GEI por la aplicación de fertilizantes o incrementos en la masa ganadera o en su productividad. La aparición de instrumentos asociados a Buenas Prácticas (BP) Ambientales o Agrícolas es una excepción a este patrón general.

#### 3.3.3.3 Cultura Productiva

El sector SAP presenta un desarrollo precario en prácticas de producción ambientalmente amigables. De hecho, una práctica frecuente y generalizada es la quema de desechos agrícolas, generando efectos ambientales no deseados como deterioro de la calidad del aire y emisiones de GEI. Con la excepción natural del segmento de empresas y productores exportadoras(es), que, por exigencias en mercados donde se demandan mejores estándares ambientales en los productos, se los ha autoimpuesto, en su gran mayoría el sector no considera una prioridad los aspectos relacionados con el medio ambiente, incluida la mitigación de emisiones de GEI.

#### 3.3.3.4 Recursos Humanos

El cambio climático recién se está integrando como un elemento relevante a ser considerado por los actores del sector SAP. En este contexto hay una carencia evidente de recursos humanos calificados en el sector que permitan articular un diálogo fluido entre los distintos actores involucrados; sector privado, estado y organizaciones de investigación y transferencia. Este diálogo debe contribuir a la formulación de políticas, medidas y acciones coherentes con la realidad de Chile, un país en desarrollo pero tratando de integrarse al mundo de países

desarrollados (ingreso a la OECD por ejemplo) donde las exigencias país relacionadas con el medioambiente son muy altas.

### **3.3.4 Amenazas**

#### **3.3.4.1 Certificaciones Medio Ambientales**

El segmento del sector SAP que exporta productos a Norteamérica, Europa y Japón enfrenta creciente exigencias en etiquetados, no sólo medioambientales: certificaciones de manejo sustentable, inocuidad, comercio justo, huella de carbono por ejemplo. Estas certificaciones pueden constituir barreras de entrada y al mismo tiempo funcionan como estímulos para reducir las emisiones de GEI. Sin embargo, en relación con la huella de carbono, por su ubicación geográfica respecto de estos mercados, los productores chilenos tienen desventajas en los componentes de transporte de su huella, al compararlos con muchos de sus competidores. Esto es especialmente significativo para productos que deben ser transportados por vía aérea, como frutas y pescados frescos. La matriz energética de Chile también influye en esta huella de carbono.

#### **3.3.4.2 Competencia por Usos de la Tierra**

Chile posee una gran cantidad de tierra para iniciar emprendimientos productivos (agricultura, silvicultura, ganadería). Sin embargo, se evidencia en algunas regiones una gran competencia por usos alternativos de la tierra. La existencia de poderes compradores de biomasa forestal o biocombustibles, y de los ya existentes para madera, alimentos y productos de la ganadería, pueden configurar situaciones de alta demanda por terrenos en las regiones del Maule, Bío Bío, Araucanía, Los Lagos y Los Ríos. Este potencial efecto se ve incrementado al considerar una sociedad mayoritariamente urbana que es más exigente con los usos de la tierra y valora los servicios ambientales proporcionados por bosques, praderas y matorrales. Siendo la forestación (y la reforestación) una medida de mitigación de GEI reconocidamente costo-eficiente, un escenario de alta demanda por la tierra desfavorece y desincentiva los emprendimientos de largo plazo como la forestación y reforestación, que en el caso de Chile aparecen como buenas alternativas para mitigar los efectos esperados del cambio climático.

## 4 Desafíos

A continuación se presenta un análisis de los principales desafíos que posee actualmente Chile en relación al Cambio Climático y específicamente con la mitigación de emisiones GEI. Estos se dividen en los desafíos que plantean los compromisos internacionales y todas las acciones faltantes que aun no ha abordado Chile en profundidad en relación a la mitigación de cambio climático.

### 4.1 Compromisos

Como se mencionó anteriormente, la ratificación por parte de Chile a la Convención y al Protocolo de Kioto y el reciente ingreso al grupo de la OECD traerá consigo la posibilidad de que el país deba asumir ciertos compromisos internacionales de mitigación de cambio climático. Hasta el momento son todos compromisos voluntarios, sobre todo aquellos relacionados con la Convención ya que Chile es un país perteneciente al grupo No-Anexo I. Además, al ingresar al grupo de la OECD, Chile se compromete a formar parte de las decisiones que se tomen por los participantes de este.

La siguiente tabla muestra, a modo de comparación, los compromisos que han tomado en el Acuerdo de Copenhague los países que de alguna u otra forma poseen un símil con Chile, tanto por ser un país No-Anexo I o un país perteneciente al grupo de la OECD.

País	Tipo País	Compromiso de Reducción al 2020	Con respecto a:
<b>Chile</b>	No-Anexo I / OECD	20%	BAU 2020
<b>EEUU</b>	Anexo I / OECD	17%	Año Base 2005
<b>Unión Europea</b>	Anexo I / OECD *	20 – 30%	Año Base 1990
<b>México</b>	No-Anexo I / OECD	30%	BAU 2020
<b>Israel</b>	No-Anexo I / OECD**	20%	BAU 2020
<b>Brasil</b>	No-Anexo I / No OECD	36-40%	BAU 2020
<b>Sudáfrica</b>	No-Anexo I / No OECD	34%	BAU 2020

\* No todos los países son Anexo I ni OECD

\*\* Actualmente en vías de negociación de la adhesión al grupo OECD

Fuente: UNFCCC, Acuerdo de Copenhague (2011)<sup>16</sup>

Como se aprecia en la tabla, si comparamos el compromiso declarado por los países No-Anexo I, el compromiso asumido por Chile es bastante más bajo siendo igualado solo por Israel. Lo mismo ocurre si comparamos el compromiso de Chile con respecto a los países OECD. Con respecto a Brasil, este se comprometió a un alto porcentaje de reducción de sus emisiones, pero este porcentaje no es posible compararlo directamente con el de Chile ya que parte

<sup>16</sup> [http://unfccc.int/meetings/cop\\_15/copenhagen\\_accord/items/5262.php](http://unfccc.int/meetings/cop_15/copenhagen_accord/items/5262.php), Pagina visitada el día 12 de Julio 2011.

importante de esa reducción es debida al compromiso de reducir la deforestación. A pesar de esto, ambos países han declarado su compromiso de reducción sujeto a financiamiento extranjero.

Dado este escenario, es probable que Chile deba asumir un compromiso más exigente en un mediano plazo que sea comparable a los países Anexo I y OECD.

## 4.2 Acciones faltantes

### 4.2.1 Globales

- **Preparación de Instrumentos Económicos**

Desde un punto de vista económico, la manera más eficiente de controlar la contaminación asociada a las emisiones de GEI es la implementación de instrumentos económicos, tales como los permisos transables. Esto se debe al hecho de que permite a quien le sale muy caro reducir sus emisiones directas, comprar certificados de reducción a quien le resulta más económico hacerlo, maximizando el beneficio social, ya que el comprador disminuye sus emisiones a un costo menor, el vendedor obtiene una ganancia por la venta y la sociedad logra cumplir con su meta de reducciones.

En la actualidad en Chile solo se pueden utilizar instrumentos de comando y control, ya que la legislación no permite el uso de instrumentos económicos para controlar la contaminación, que para ciertos tipos de contaminación son mucho más eficientes.

Por esto resulta importante la existencia de un marco legislativo que permita el uso de instrumentos económicos (permisos transables), si bien existe un proyecto de ley, este aun se encuentra en el Congreso desde el año 2003 sin ser aprobado. La aprobación de una ley del tipo, prepararía el terreno para cuando exista la necesidad de limitar las emisiones de GEI en Chile. De esta forma, la reducción de emisiones GEI se podría realizar al menor costo social posible y sin duda estos instrumentos servirán para controlar otros problemas nacionales de contaminación.

- **Adelantarse a exigencias de huella de carbono**

Es un hecho que los mercados desarrollados se están preocupando por la huella de carbono de productos y servicios. Por su parte, el mercado nacional no ha dado señales de exigencias de huella de carbono, pero es probable que lleguen con el desarrollo del país.

En este contexto resulta recomendable adelantarse a las exigencias de huella de carbono. El solo hecho de calcularla es importante para posicionarse en ciertos mercados internacionales (Francia, Inglaterra, Japón y EEUU), especialmente para los sectores que producen productos finales para el retail. Dentro de los grandes sectores

de la economía chilena, quienes más se beneficiaran de adelantarse al cálculo de huella de carbono son: la industria vinícola, agrícola, forestal y salmonera.

Los principales beneficios de adelantarse a las exigencias de huella de carbono son:

- **Mejora de imagen:**  
El determinar la huella de carbono y demostrar una preocupación por reducirla, se puede traducir en la captación de clientes “verdes”.
- **Evitar pérdidas de clientes:**  
Dado a que grandes clientes del sector retail están exigiendo el cálculo de huella de carbono a sus proveedores, no estar listos para esto, puede implicar la pérdida de clientes o al menos el retraso de ciertos negocios.
- **Aumentar la competitividad:**  
En un contexto de cambio en los mercados, ciertos agentes se verán beneficiados y otros perjudicados, quienes se adelanten en la disminución de su huella de carbono tienen la oportunidad de aumentar su participación a un costo menor.

#### 4.2.2 Sector Energía

- **Planificación energética integrada**

Chile necesita tener una planificación energética integrada que busque maximizar el beneficio social y considerando el beneficio privado, el abatimiento de las emisiones de GEI y otras externalidades. El Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental realiza esta labor de manera incompleta, ya que evalúa cada proyecto de manera aislada, lo que no implica minimizar los impactos ambientales. Chile debiera avanzar hacia una evaluación ambiental estratégica sectorial, que genere ranking de impactos ambientales por proyectos, utilizando indicadores adecuados (por ejemplo: USD (por externalidad)/MWh).

Por otro lado considerar las interacciones entre los sectores resulta relevante a la hora de definir los incentivos a utilizar. No basta ver el sector eléctrico de manera aislada, existen interacciones que se deben ir abordando. Realizar estudios profundos de perspectivas de crecimiento y composición de la demanda resulta esencial. Por ejemplo, si el sector transporte fomenta la sustitución de combustibles fósiles por electricidad de manera abrupta (uso de ferrocarriles, tranvías o en un futuro más lejano autos y camiones eléctricos), esto cambiaría la demanda de electricidad en cantidad y forma.

Luego, se debieran integrar los estudios de demanda con los proyectos disponibles para satisfacerla considerando los costos privados, seguridad de abastecimiento, ubicación, emisiones de GEI, intermitencia, externalidades, entre otros factores. Esto se puede implementar por medio de mecanismos como:

- Cargar las externalidades a cada forma de generación a través de tarifas, generando así un desincentivo a las energías sucias e incentivando las limpias de manera adecuada.
  - Fijar límites de emisiones sectoriales, para luego formar un mercado de emisiones locales y globales.
- **Fomento a la energía geotérmica**

Considerando las energías ERNC que son competitivas y tienen potencial, la energía geotérmica es la ERNC menos desarrollada en Chile. Este tipo de energía es la más competitiva en costos y carece de las debilidades tradicionales de las fuentes renovables (intermitencia, bajo factor de planta, vida útil relativamente corta y necesidad de respaldo diesel).

Esta tecnología no es muy difundida a nivel internacional, principalmente por la falta de disponibilidad de “puntos calientes”. Por su parte Chile, en toda su extensión, cuenta con altos niveles de actividad volcánica y por ende cuenta con potenciales fuentes geotérmicas.

La principal debilidad para el desarrollo de esta tecnología a nivel nacional, se asocia a los costos de exploración y dimensionamiento de los “puntos calientes” en donde actualmente el riesgo debe ser asumido por privados sin garantía de retornos. Dadas las condiciones nacionales y los bajos costos nivelados de la tecnología (menores al carbón), es esperable que aun recargando los costos promedios de exploración siga siendo más competitiva que la energía eólica y solar.

En este sentido se debería generar un programa de exploración geotérmica por parte del gobierno que localice y dimensione (potencia disponible) los “puntos calientes” para luego concesionarlos a privados, de esta manera, no existiría la aversión al riesgo de exploración, dado que un solo agente asumiría los costos y beneficios. Como el resultado neto sería positivo, esta tecnología podría alcanzar potencias netas instaladas similares a otras naciones con disponibilidad similar del recurso (EE.UU, Filipinas, México, Italia, Nueva Zelanda, etc.). Por ejemplo, si Chile alcanzará al 2020 la capacidad instalada de Nueva Zelanda (628MW (Alison Holm, Leslie Blodgett et al. 2010)), considerando un factor de planta de un 85% y considerando un factor de emisión de CO<sub>2</sub> de (0,658 CO<sub>2</sub>/MWh), se podrían evitar 3,1 Millones de toneladas de CO<sub>2</sub>, lo que representa cerca de un 15% de las emisiones del sector generación eléctrica al 2009 (POCH Ambiental 2009).

■ **Fomento a la I+D+i en el sector energía**

Los países desarrollados se caracterizan por ser líderes en Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+i). Chile está lejos de ser un país desarrollado en temas de investigación y el ámbito energético no es la excepción. Chile cuenta con un alto capital académico y

condiciones particularmente favorables para la generación eléctrica en base a ERNC inmaduras:

- **Energía solar:**

El norte de Chile cuenta con una extensa zona que se caracteriza por tener los niveles de radiación más altos del mundo y menor cantidad de días nublados. Estas condiciones debieran aprovecharse para desarrollar prototipos de centrales, para determinar cuánto vendrían siendo los costos en Chile de difundir esta tecnología y eventualmente generar patentes.

- **Energías marinas:**

Chile es un país con una gran extensión de costa y cuenta con la mayor disponibilidad potencial de recursos energéticos marítimos del mundo (Garrad Hassan 2009). Chile cuenta con grandes ventajas comparativas para desarrollar cualquier tipo de tecnologías de generación eléctrica en base a energías marinas (energías de las mareas, corrientes, olas, etc.). Si bien la experiencia internacional no es favorable a nivel de costos, Chile debiera potenciar la investigación y los proyectos pilotos en este ámbito, ya que dadas las condiciones nacionales podrían desarrollarse nuevas tecnologías más competitivas.

## 4.2.3 Sectores Consumidores Finales de Energía

### 4.2.3.1 Transversales

- **Potenciar la Política País de eficiencia energética**

Chile necesita generar una política nacional de eficiencia energética que sea más agresiva si se quiere alcanzar el compromiso voluntario del 20% de reducciones en relación a la línea base de emisiones al 2020.

Esto implica no solo un fuerte programa de incentivos, también concientizar e informar a los consumidores. En esta línea, debiera avanzarse más en el etiquetado energético ampliándolo a más productos, informando las emisiones de CO<sub>2</sub> estimadas y generando fuertes campañas de difusión a nivel nacional, que fomenten la compra de artefactos de alta eficiencia energética y bajas emisiones de GEI.

- **Fomento al I+D+i en eficiencia energética**

Dentro del sectores consumidores finales de energía no existen grandes iniciativas que fomenten la I+D+i. La diversidad climática y geográfica de Chile, abre muchas oportunidades para generar nuevas iniciativas, proyectos y tecnologías de eficiencia energética.

#### 4.2.3.2 CPR e Industria

- **Net-metering**

El net-metering permitiría aumentar la micro-producción (en base a ERNC) y la co-generación eléctrica. Dado que los pequeños consumidores finales pagan una tarifa entorno a los 250USD/MWh y dado un escenario que no tuvieran que pagar por el almacenamiento de la energía (que es lo que permitiría el net-metering), posiblemente muchos proyectos energéticos que para un gran generador no serían rentables, si lo serían para los consumidores finales. Esto podría llevar a importantes reducciones en las emisiones indirectas de GEI de estos sectores.

- **Multicarrier eléctrico**

Un Multicarrier eléctrico, ya sea según tipo de electricidad o por empresa generadora, permitiría transparentar la disposición a pagar por proyectos más “verdes”. Esto representaría la real voluntad de los consumidores chilenos para mitigar el cambio climático y establecería un mecanismo de mercado para determinar el parque de generación.

#### 4.2.3.3 Transporte

- **Cambios en la distribución modal**

Existen medios de transporte menos intensivos a nivel de emisiones de GEI en donde Chile tiene condiciones favorables para fomentarlos sustituyendo otros medios más intensivos. Principalmente se debe fomentar:

- **Fomento al transporte marítimo:**

El transporte de carga por mar, es mucho menos intensivo en emisiones de GEI y Chile cuenta con una extensa costa, que le permite acceder fácilmente a todas las regiones del país por esta vía.

- **Fomento al ferrocarril:**

Chile es un país lineal, por lo que revitalizar el transporte de carga y de pasajeros por esta vía sería altamente eficiente a nivel de emisiones de GEI. Por otro lado, los Centros Urbanos más grandes del país están a menos de 120km, por lo que fomentar el transporte ferroviario entre Santiago y Valparaíso, también sería altamente eficiente en emisiones de GEI.

- **Fomento al Metro:**

Dentro del transporte urbano, el sistema menos carbono intensivo es el Metro y en Chile las experiencias de este sistema han sido muy exitosas a nivel de costos de operación, por lo que continuar con el fomento a este sistema de transporte, conllevará un beneficio en la mitigación de los GEI.

- **Impuesto a las Emisiones de GEI para el Transporte Caminero**

Para transparentar el costo de las emisiones de GEI que generan los vehículos livianos y pesados, podría considerarse que los permisos de circulación consideraran un impuesto

variable asociado a las emisiones de GEI que genera un vehículo, considerando el rendimiento estimado del vehículo y la distancia recorrida. Esto podría fomentar la elección de vehículos de menor cilindrada, híbridos y eventualmente eléctricos.

#### 4.2.4 Sector Silvoagropecuario

- **Capacitación**

En el ámbito de capacitación, tanto el Estado como el sector privado deben promover y adoptar una cultura ambientalmente amigable, que permita una mejora significativa en este ámbito, principalmente en el segmento de medianos y pequeños productores y empresas. Esto incluye la adopción de protocolos de medición de huellas (carbono por ejemplo) y de Buenas Prácticas Ambientales.

- **Incentivos**

El Estado ya tiene avances en el ámbito de los incentivos para actividades que mitigan la emisión de GEI. Un reciente estudio evaluó distintas alternativas futuras de mitigación de GEI en el sector SAP (Centro de Cambio Global-Ministerio del Medio Ambiente, 2011) y los resultados indicaron que la forestación es la más eficiente (menor valor de \$/tCO<sub>2</sub>eq mitigada y mayor potencial de mitigación).

La voluntad de renovar los incentivos a la forestación (Ley 19.561 de 1998) y la promulgación de la Ley de Bosque Nativo, son iniciativas que promueven actividades productivas con significativos co-beneficios de mitigación de GEI. Es necesario identificar y promover actividades equivalentes para la agricultura y la ganadería.

- **Generación de Información**

El tercer ámbito se relaciona con la generación y difusión de información básica de la capacidad productiva y de especies y variedades apropiadas de cultivo o crianza para distintas zonas en Chile, área donde aún hay mucha incertidumbre.

## 5 Conclusiones

El presente documento aporta con un análisis de la situación de la mitigación del Cambio Climático en Chile, iniciándose con una breve introducción a la problemática del cambio climático a nivel global y las consiguientes acciones internacionales para enfrentarlo, así como sus implicancias a nivel privado, y la situación existente en Chile con respecto a esta temática y específicamente a la mitigación de Gases Efecto Invernadero.

El estudio contribuye con un análisis de las principales fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas de la mitigación de GEI para los sectores Energía, Consumidores finales de energía y Silvoagropecuario en Chile, y un análisis de los principales desafíos que el país deberá afrontar en el futuro con respecto a este tema, considerando los compromisos internacionales y las acciones faltantes que aun no han sido abordadas en profundidad.

Se espera que el presente instrumento sirva de apoyo para el debate, discusión y análisis de la situación del cambio climático en Chile, específicamente de la mitigación de GEI.

## 6 Bibliografía

AGRIMED (2011). Portafolio de propuestas para el programa de adaptación del sector silvoagropecuario al cambio climático en Chile.

Alison Holm, Leslie Blodgett, et al. (2010). Geothermal Energy: International Market Update, Geothermal Energy Association.

Angel Gurría Secretario General de la OCDE (2011). Green Growth Workshop.

Banco Interamericano de Desarrollo (BID) (2011). "Finanzas Carbono: Plataforma Sobre Financiamiento de Carbono para América Latina." Retrieved 6 de Julio, 2011, from <http://finanzascarbono.org/>.

Borregaard, N. (2009). Seminario: Matriz Energética 2010-2030 "Construyendo escenarios, innovando y rompiendo paradigmas: Discusiones hacia una visión energética-eléctrica para Chile" - Plan de Obras.

BSI. Retrieved 4 de Mayo, 2011, from <http://www.bsigroup.es/es/certificacion-y-auditoria/Sistemas-de-gestion/Novedades/Noticias-2010/LD-News-Source-/PAS-2060-Especificacion-para-la-neutralidad-de-carbono>.

BSi\_Group (2008). PAS 2050 - Assessing the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services.

Carbon Finance (2011). State and Trades of the Carbon Market. Washington, Carbon Finance.

CASEB, Centro de Cambio Global UC, et al. (2010). Estudio de vulnerabilidad de la biodiversidad terrestre en la eco-región mediterránea, a nivel de ecosistemas y especies, y medidas de adaptación frente a escenarios de cambio climático.

Centro AGRIMED (2000). Análisis de Vulnerabilidad y Adaptación en agricultura, recursos hídricos y silvicultura, como parte del proyecto GEF Capacitación de Chile para cumplir sus compromisos con la Convención Marco de la Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales Universidad de Chile.

Centro AGRIMED (2008). Análisis de Vulnerabilidad del Sector Silvoagropecuario y de los Recursos Hídricos y Edáficos de Chile frente a Escenarios de Cambio Climático. Facultad de Ciencias Agronomicas Universidad de Chile.

Centro EULA (2000). Estudio sobre vulnerabilidad y adaptación en zonas costeras y recursos pesqueros, como parte del proyecto GEF Capacitación de Chile para cumplir sus compromisos con la Convención Marco de la Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Universidad de Concepción.

CEPAL (2009). Estudio Regional de la Economía del Cambio Climático en Chile. Colección Documentos de Proyectos. Publicación de las Naciones Unidas, Santiago.

CEPAL (2010). Metodología y prospectiva El caso de Chile, CEPAL.

CER (2010). Driving up the potential of geothermal energy in Chile.

ClimateChangeCorp Climate News for Business (2008). "Summary of global carbon labels." Retrieved 18 de Mayo, 2011, from <http://www.climatechangeCorp.com/content.asp?ContentID=5828>.

CNE (2009e). Balance Nacional de Energías 2008.

CNE (2011a). FIJACION DE PRECIOS DE NUDO ABRIL DE 2011 SISTEMA INTERCONECTADO CENTRAL (SIC).

CNE (2011b). "FIJACION DE PRECIOS DE NUDO ABRIL DE 2011 SISTEMA INTERCONECTADO DEL NORTE GRANDE (SING) ".

CNE & CNR (2007). Potencial Hidroeléctrico asociado a Obras de Riego existentes o en proyecto.

Colegio de Ingenieros de Chile A.G. (2006). Chile y su Estrategia Ante el Panorama Mundial y Nacional de la Energía.

Comisión de las Comunidades Europeas (2009). Hacia la consecución de un acuerdo a gran escala sobre el cambio climático en Copenhague. Bruselas.

Comisión Nacional de Energía (2008). Análisis del Potencial Estratégico de la Leña en la Matriz Energética Chilena.

Comisión Nacional de Energía (CNE) (2011). "Fijación de Precios de Nudo Abril 2011." from [http://www.cne.cl/cnewww/openCMS/07\\_Tarificacion/01\\_Electricidad/Otros/Precios\\_nudo/otros\\_precios\\_de\\_nudo/abril2011.html](http://www.cne.cl/cnewww/openCMS/07_Tarificacion/01_Electricidad/Otros/Precios_nudo/otros_precios_de_nudo/abril2011.html).

Comite Nacional Asesor de Cambio Climatico (2006). Estrategia Nacional de Cambio Climatico.

CONAMA (2000). Primera Comunicación Nacional. B. I. C. M. d. I. N. U. s. C. Climático.

Consilience Energy Advisory Group Limited (CEAG) (2009). Climate Change and Emissions Trading: What Every Business Needs to Know. London.

Daniel Gracia Schilling (2011). "Multicarrier eléctrico y el riesgo para la protección del consumidor." from <http://www.elmostrador.cl/opinion/2011/06/18/multicarrier-electrico-y-el-riesgo-para-la-proteccion-del-consumidor/>.

DICTUC (2011). Co-beneficios de la Mitigacion GEI. Estudio realizado para Ministerio del Medio Ambiente.

Éco Ressources Carbone (2011). Guía Práctica para Desarrolladores de Proyectos MDL. Lima, Perú, Ministerio del Ambiente.

Ecosecuties & Centro de Cambio Global UC (2009). Relación entre Agua, Energía y Cambio Climático: Estudio de alto nivel sobre el impacto económico del cambio climático en la industria minera de Argentina, Chile, Colombia y Perú.

FIA & INIA (2009). Estudio sobre impacto, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en el sector silvoagropecuario en dos zonas agroclimáticas de Chile.

FIVS (2008). International Wine Carbon Calculator Protocol  
Forest Trends and Bloomberg New Energy Finance (2011). Back to the Future: State of the Voluntary Carbon Markets 2011.

Garrad Hassan (2009). Recursos en energía de los mares en Chile y selección preliminar de sitios.

Global Energy Partners (2008). "The Green Grid."

ICOUV (Grupo de Ingeniería Oceanica de la U. de Valparaíso) (2010). Efectos del Cambio Climático en las costas de Chile.

IEA (2005). "Projected Costs of Generating Electricity." Retrieved from <http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2005/ElecCost.PDF>.

IEA (2008a). ENERGY TECHNOLOGY PERSPECTIVES 2008 Scenarios & Strategies to 2050, IEA.

IEA (2008b). "Report Energy Technology Perspectives." Retrieved from <http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2004/weo2004.pdf>.

IEA (2008c). "Report World Energy Outlook." from [http://www.worldenergyoutlook.org/docs/weo2008/WEO2008\\_es\\_english.pdf](http://www.worldenergyoutlook.org/docs/weo2008/WEO2008_es_english.pdf).

IEA (2010a). CO2 Emissions from Fuel Combustion. Highlights

IEA (2010b). ENERGY TECHNOLOGY PERSPECTIVES 2010 Scenarios & Strategies to 2050, IEA.

IEA (2010c). "World Energy Outlook 2010."

IPCC (2007). Summary for Policymakers. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. enhen, M. Marquis, K.B. Averyt, M.Tignor and H.L. Miller (eds.).

Kossoy, A. & P. Ambrosi (2010). State and Trends of the Carbon Market. Washington DC.

Ministerio de Economía Comercio e Industria de Japón (2010). "Carbon footprint of products CFP,." Retrieved 3 de Mayo, 2011, from <http://www.cfp-japan.jp/english/>.

Naciones Unidas (1992). "Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático."

Nicola Borregaard & Ricardo Katz (2009). Opciones para la Matriz Energética Eléctrica.

NREL (1997). "Renewable Energy Technology Characterizations." from <http://www.nrel.gov/docs/gen/fy98/24496.pdf>.

NREL (2009). Data report.

OCDE (2006). Declaration on Integrating Climate Change Adaptation into Development Co-operation.

OCDE (2009). Green Growth

P. Universidad Católica de Chile Departamento de Economía Agraria (2010). Estimacion del Impacto Socioeconómico del Cambio Climático. Estudio encargado por ODEPA Ministerio de Agricultura Chile.

Pablo del Rio & Miguel A. Gual (2006). An integrated assessment of the feed-in tariff system in Spain.

Parliament of Australia (2011). "Carbon Pollution Reduction Scheme." Retrieved 19 de Mayo, 2011, from <http://www.aph.gov.au/library/pubs/climatechange/governance/domestic/national/cprs.htm>.

Paulina Aldunce, Carolina Neri, et al. (2008). Hacia la Evaluacion de Prácticas de Adaptación ante la Variabilidad y el Cambio Climático.

Paulina Aldunce & Meliza González (2009). Desastres Asociados al Clima en la Agricultura y Medio Rural en Chile.

POCH Ambiental (2008). Inventario Nacional De Emisiones De Gases Efecto Invernadero. Estudio Elaborado con apoyo de Deuman para la Comisión Nacional del Medio Ambiente.

POCH Ambiental (2009). Proyección de la Evolución de las Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en el Sector Energía. Años 2000-2025. Estudio Elaborado para la Comisión Nacional de Energía.

PRIEN & NEIM (2008). Estimación del aporte potencial de las Energías Renovables No Convencionales y del Uso Eficiente de la Energía Eléctrica al Sistema Interconectado Central (SIC) en el período 2008-2025.

ProChile (2010). Nuevas Tendencias de Mercado: Huella de Carbono. Paola Conca.

Stern, N. (2006). "The economics of climate change." *World Economics* 7(2): 1-10.

Systep Ingeniería y Diseños (2011). Reporte Sector Eléctrico SIC-SING. Abril 2011.

TESCO (2011). "Greener Tesco." Retrieved 3 de Mayo, 2011, from [http://www.tesco.com/greenerliving/greener\\_tesco/landing.page?](http://www.tesco.com/greenerliving/greener_tesco/landing.page?)

Toby Couture & Yves Gagnon (2009). An analysis of feed-in tariff remuneration models: Implications for renewable energy investment, Universidad de Moncton.

U. de Chile Departamento Ingeniería Civil (2010). Analisis de vulnerabilidad de recursos hídricos frente a escenarios de cambio climático para las cuencas de Cautín, Aconcagua, Teno e Illapel.

U.S. Energy Information Administration (2011). "U.S. Energy Information Administration." from <http://www.eia.doe.gov/>.

Universidad de Chile (2006). Estudio de la Variabilidad Climática en Chile para el siglo XXI. Departamento de Geofísica Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas.

World Business Council for Sustainable Development & World Resources Institute (2004). The GreenHouse Gas Protocol: A Corporate Accounting and Reporting Standard.