



2<sup>a</sup>



# Comunicación Nacional de Chile

ante la Convención Marco de las Naciones  
Unidas sobre Cambio Climático



2011

# SEGUNDA COMUNICACIÓN NACIONAL DE CHILE ANTE LA CONVENCIÓN MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO



Segunda Comunicación  
Nacional sobre  
Cambio Climático



Santiago, 2011

## SEGUNDA COMUNICACIÓN NACIONAL DE CHILE ANTE LA CONVENCIÓN MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO

### Implementación del Proyecto:

Ministerio del Medio Ambiente (2010-2011)

Comisión Nacional del Medio Ambiente (2007-2010)

### Coordinadores generales del proyecto:

Andrea Rudnick (2010-2011) (Ministerio del Medio Ambiente)

Claudia Ferreiro (2008-2010) (Comisión Nacional del Medio Ambiente)

Hans Willumsen (2007-2008) (Comisión Nacional del Medio Ambiente)

### Coordinador técnico:

Fernando Farías (Ministerio del Medio Ambiente)

### Coordinadores ejecutivos:

Alexa Kleysteuber (2008-2011) (Ministerio del Medio Ambiente)

Gerardo Canales (2007-2008) (Comisión Nacional del Medio Ambiente)

Corrección de pruebas: Mariel Sagredo, Carolina Reinoso, Fernanda Araya y Alida Mayne-Nichols.

Diseño y diagramación:



Impresión: RyR

Registro de propiedad intelectual: 207-538 (2011)

*“Autorizada su circulación en cuanto a los mapas y citas que contiene esta obra, referentes o relacionadas con los límites internacionales y fronteras del territorio nacional por Resolución N°322 del 2 de Agosto 2011 de la Dirección Nacional de Fronteras y Límites del Estado.*

*La edición y circulación de mapas, cartas geográficas u otros impresos y documentos que se refieran o relacionen con los límites y fronteras de Chile, no comprometen, en modo alguno, al Estado de Chile, de acuerdo con el Art. 2°, letra g) del DFL N°83 de 1979 del Ministerio de Relaciones Exteriores.”*

*“Las representaciones cartográficas de fuentes extranjeras son de exclusiva responsabilidad de sus autores y no comprometen al Estado de Chile.”*



# AUTORÍAS DE LOS CAPÍTULOS

## 1. Circunstancias nacionales

Coordinadora del Capítulo:

Alexa Kleysteuber (Ministerio del Medio Ambiente)

Colaboradores:

Sebastián Vicuña, Francisco Meza, Nicolás Bambach (P.Universidad Católica, Centro de Cambio Global)  
Jenny Mager (Ministerio del Medio Ambiente)

## 2. Inventario nacional de emisiones y absorción de gases de efecto invernadero

Coordinador del Capítulo:

Fernando Farías (Ministerio del Medio Ambiente)

Colaboradores:

Sergio González (Ministerio de Agricultura, INIA)  
Aquiles Neueschwander (Ministerio de Agricultura, FIA)  
Paulo Cornejo (Ministerio del Medio Ambiente)  
Sing-hi Wang (Universidad de Chile)

## 3. Vulnerabilidad del país y su adaptación al cambio climático

Coordinadora del Capítulo:

Alexa Kleysteuber (Ministerio del Medio Ambiente)

Colaboradores:

Sebastián Vicuña, Francisco Meza, Nicolás Bambach (P.Universidad Católica, Centro de Cambio Global)

## 4. Mitigación de gases de efecto invernadero

Coordinador del Capítulo:

Fernando Farías (Ministerio del Medio Ambiente)

Colaboradores:

Jaime Bravo, Ignacio Fernández (Ministerio de Energía)  
Daniel Barrera (Ministerio de Agricultura, ODEPA)  
Rubén Triviño (Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, SECTRA)  
Sarita Pimentel (Ministerio de Minería, COCHILCO)  
Andrea Rudnick, Alexa Kleysteuber, Jenny Mager (Ministerio del Medio Ambiente)

## 5. Otra información relevante para el logro del objetivo de la convención

Coordinadores del Capítulo:

Alexa Kleysteuber y Fernando Farías (Ministerio del Medio Ambiente)

Colaboradores:

José Luis Opazo, Ignacio Rebolledo, Luis Costa, Natalia Tobar (POCH Ambiental)  
Alexandra Ross (Ministerio del Medio Ambiente)

## 6. Obstáculos, brechas y necesidades financieras, técnicas y de capacidades.

Coordinador del Capítulo:

Fernando Farías (Ministerio del Medio Ambiente)

Colaboradores:

Alexa Kleysteuber, Alexandra Ross (Ministerio del Medio Ambiente)



# ÍNDICE

<b>RESUMEN EJECUTIVO</b>	13
<b>EXECUTIVE SUMMARY</b>	39
<b>CAPÍTULO 1: CIRCUNSTANCIAS NACIONALES</b>	65
<b>1. Perfil geográfico y desarrollo social</b>	67
1.1 Territorio	67
1.2 Clima	68
1.3 Población	69
1.4 Desarrollo social	70
1.5 Educación	70
1.6 Ciencia, tecnología e innovación	71
1.7 Transferencia tecnológica	71
<b>2. Perfil económico</b>	72
2.1 Economía del país	72
2.2 Sector energético	73
2.3 Sector silvoagropecuario	74
2.4 Sector pesquero	75
2.5 Sector minero	75
<b>3. Política ambiental</b>	76
<b>4. Arreglos institucionales</b>	78
4.1 El Ministerio del Medio Ambiente y la nueva institucionalidad ambiental	78
4.2 Institucionalidad para el cambio climático en Chile	79
4.3 Institucionalidad sectorial	83
<b>Bibliografía</b>	87
<b>CAPÍTULO 2: INVENTARIO NACIONAL DE EMISIONES Y ABSORCIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO</b>	89
<b>1. El inventario nacional de emisiones y absorción de gases de efecto invernadero (Ingei)</b>	91
<b>2. Aspectos metodológicos</b>	92
2.1 Características generales de los inventarios	92
2.2 Características del Ingei chileno	93
<b>3. Emisiones de GEI de Chile</b>	98
3.1 Resumen del Ingei de Chile para los años 2000 y 2006	98
3.2 Descripción e interpretación de tendencias para valores agregados de GEI	102
3.3 Descripción e interpretación de tendencias para los GEI considerados individualmente	103
3.4 Descripción e interpretación detallada de tendencias para emisiones por sector	104
<b>4. Partidas informativas de emisiones de GEI</b>	123
4.1 Emisiones de GEI de bunker fuels como partidas informativas	123



4.2 Emisiones de consumo de leña y biogás como partidas informativas	123
<b>5. Incertidumbres en el Ingei chileno</b>	124
<b>Bibliografía</b>	127

## **CAPÍTULO 3: VULNERABILIDAD DEL PAÍS Y SU ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO**

	129
<b>1. Introducción</b>	131
<b>2. Antecedentes generales y políticas nacionales</b>	134
2.1 Vulnerabilidad y adaptación en el Plan de Acción Nacional de Cambio Climático	134
<b>3. Vulnerabilidad de Chile frente al cambio climático</b>	135
3.1 Tendencias climáticas	135
3.2 Proyecciones climáticas	137
3.3 Eventos climáticos extremos y proyecciones	140
3.4 Recursos hídricos	142
3.5 Sector silvoagropecuario	154
3.6 Biodiversidad	163
3.7 Zonas costeras y alzas en el nivel del mar	165
<b>4. Adaptación al cambio climático</b>	168
4.1 Recursos hídricos	168
4.2 Sector hidroeléctrico	169
4.3 Sector minero	169
4.4 Sector silvoagropecuario	170
4.5 Biodiversidad	179
4.6 Otros sectores	179
<b>Bibliografía</b>	181

## **CAPÍTULO 4: MITIGACIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO**

	185
<b>1. Introducción</b>	187
1.1 La mitigación de gases de efecto invernadero en el país	187
1.2 Eje de mitigación en el Plan de Acción Nacional en Cambio Climático	187
1.3 Chile frente a la mitigación	188
1.4 Resultados del inventario de emisiones de GEI e identificación de sectores emisores y capturadores relevantes	189
<b>2. Análisis por sector</b>	191
2.1 Sector energía	191
2.2 Sector silvoagropecuario	204
2.3 Sector transporte	215
2.4 Sector minería del cobre	222
<b>3. Acciones transversales</b>	225

3.1 Instrumentos económicos orientados a la mitigación	225
3.2 Otros instrumentos para la mitigación de GEI	228
3.3 Otras iniciativas desarrolladas en el país en el ámbito de propuestas para abordar nacionalmente la mitigación de GEI	228
<b>Bibliografía</b>	229

<b>CAPÍTULO 5: OTRA INFORMACIÓN RELEVANTE PARA EL LOGRO DEL OBJETIVO DE LA CONVENCION</b>	231
<b>1. Introducción</b>	233
<b>2. Transferencia tecnológica</b>	234
2.1 El sistema de innovación y transferencia tecnológica en Chile	234
2.2 Evaluación de necesidades tecnológicas	236
2.3 Programas pilotos y otras experiencias de transferencia tecnológica en Chile orientadas al cambio climático	238
2.4 Vínculos entre actividades de transferencia tecnológica con procesos de planificación a nivel nacional	241
<b>3. Observación sistemática de la variabilidad climática y el cambio climático</b>	242
3.1 Programas nacionales de observación del clima	242
3.2 Participación y rol de instituciones nacionales en observación del clima a escala internacional	244
3.3 Brechas en la observación del clima	245
<b>4. Información sobre programas de investigación</b>	246
4.1 Programas de investigación en el país	246
4.2 Participación del país en actividades de investigación con instituciones internacionales bilaterales o multilaterales	249
4.3 Centros nacionales de investigación en áreas ligadas al cambio climático	253
4.4 Necesidades específicas y prioridades identificadas para el fortalecimiento de programas de investigación	254
<b>5. Información sobre educación, formación y sensibilización acerca del cambio climático</b>	255
5.1 Marcos institucionales y legales para promover el desarrollo de programas educativos y de sensibilización pública en el país	255
5.2 Iniciativas y programas ejecutados o planificados en la educación básica, media y superior	258
5.3 Campañas gubernamentales de difusión y sensibilización pública	259
5.4 Compilación de actividades de cambio climático realizadas en el periodo 2000-2009	259
5.5 Carencias, necesidades y prioridades en la educación y sensibilización pública sobre el cambio climático.	259
<b>6. Fomento de capacidades nacionales y locales en cambio climático</b>	260

6.1 Prioridades nacionales para la creación y fomento de capacidades	260
6.2 Creación de capacidades en el sector privado	260
6.3 Creación de capacidades en las Organizaciones No Gubernamentales (ONGs)	261
6.4 Creación de capacidades en organizaciones comunitarias locales	262
<b>7. Recursos financieros y apoyo técnico para la realización de actividades relacionadas con el cambio climático</b>	263
7.1 El apoyo del FMAM al cambio climático en Chile	263
7.2 Impacto de acuerdos internacionales de cooperación medioambiental en el área de cambio climático	265
7.3 Financiamiento nacional gubernamental para la gestión del cambio climático	267
<b>8. Seguimiento de las conclusiones presentadas en la Primera Comunicación Nacional de Cambio Climático</b>	268
<b>Bibliografía</b>	273

## **CAPÍTULO 6: OBSTÁCULOS, BRECHAS Y NECESIDADES FINANCIERAS, TÉCNICAS Y DE CAPACIDADES**

	277
<b>1. Introducción</b>	279
<b>2. Recursos financieros y apoyo técnico</b>	280
2.1 Acciones de mitigación	280
2.2 Acciones de adaptación	280
2.3 Acciones para la creación y fomento de capacidades	281
<b>3. Aspectos a mejorar sobre la coordinación interinstitucional</b>	282
<b>4. Necesidades de desarrollo y fortalecimiento de capacidades técnicas y tecnológicas sectoriales</b>	282
4.1 Inventario nacional de emisiones de gases de efecto invernadero	283
4.2 Recursos hídricos nacionales expuestos al cambio climático	283
4.3 Observación sistemática de la variabilidad climática y el cambio climático	285
4.4 Generación eléctrica y eficiencia energética	285
4.5 Transporte	285
4.6 Desarrollo de infraestructura con un enfoque de adaptación al cambio climático	286
4.7 Actividad silvoagropecuaria	286
4.8 Biodiversidad	288
<b>5. Fortalecimiento de la participación en las acciones nacionales sobre cambio climático</b>	288
<b>Bibliografía</b>	289

## Prefacio de la Segunda Comunicación Nacional en Cambio Climático

El Gobierno de Chile se complace en presentar al país y a la comunidad internacional el documento “Segunda Comunicación Nacional de Chile ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático”, cumpliendo así con el principal compromiso asumido por el país con la firma de dicha Convención. Este documento compila una década de actividades, iniciativas e información generada en el país respecto a diversas materias relacionadas con el cambio climático.

Desde la presentación de la Primera Comunicación Nacional de Chile en febrero de 2000, las temáticas relacionadas con el cambio climático han avanzado vertiginosamente. Es así como el Gobierno ha decidido hacer cambios profundos para abordar un compromiso como Estado frente a este fenómeno y sus consecuencias. Para esto ha generado lineamientos de políticas públicas, readecuando su institucionalidad, mejorando la coordinación interinstitucional y reestructurando partidas presupuestarias de instituciones públicas. También ha profundizado el diagnóstico respecto a vulnerabilidades y oportunidades de adaptación al cambio climático. Además, se ha actualizado la información sobre las implicancias que tiene el realizar acciones de mitigación de sus emisiones de gases de efecto invernadero. Esto ha permitido identificar mejor el alcance de diferentes brechas que se asoman en el país para poder conjugar crecimiento económico con el desarrollo de un Chile con bajas emisiones de carbono.

Al igual que otros países en desarrollo, Chile ha decidido colaborar en forma voluntaria en las iniciativas mundiales para mitigar emisiones de gases de efecto invernadero, comprometiéndose a tomar acciones que le permitan disminuir en un 20 por ciento sus emisiones proyectadas al 2020.

Está claro que las decisiones asociadas al cambio climático deben posicionarse más allá del ámbito puramente científico entre los tomadores de decisión del mundo público y privado. La sociedad civil y sus organizaciones representantes también lo han entendido así, dando cuenta de la urgencia con que hay que aplicar medidas de adaptación y mitigación, y también con la premura con la que hay que aunar esfuerzos en el ámbito que a cada uno le corresponde.

Aún cuando todavía el progreso en la materia no es suficiente, es fundamental que toda la sociedad chilena asuma estos compromisos prontamente. El apoyo internacional que se reciba para profundizar y acelerarlos será también un aporte importante.

La presente Comunicación Nacional lo demuestra. Ha sido elaborada gracias al trabajo conjunto de profesionales de diversos ministerios y organizaciones científicas, técnicas y sociales del país, así como también de la empresa privada, bajo la coordinación de la actual Oficina de Cambio Climático del Ministerio del Medio Ambiente, contando con el apoyo financiero otorgado por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial.

En ese sentido, agradezco a cada uno de los profesionales y directivos de todas las reparticiones públicas que colaboraron durante tres años en la preparación de esta Comunicación. A los académicos y consultores que proporcionaron valiosa información, y a la sociedad civil que periódicamente fue informada acerca de los avances de esta iniciativa y que aportó con su opinión e ideas, para dar vida a esta publicación, que refleja hoy los desafíos que nos quedan como país para enfrentar el cambio climático.

María Ignacia Benítez  
Ministra del Medio Ambiente de Chile  
Santiago de Chile, agosto de 2011.



## RESUMEN EJECUTIVO

La Segunda Comunicación Nacional de Chile la realiza el país siguiendo los requerimientos establecidos como Parte de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC). En ella se reportan los avances en la implementación de la Convención en el periodo 2000 - 2010, considerando que el país presentó su primera comunicación en febrero de 2000.

Siguiendo las guías recomendadas para su preparación, se entregan resultados del inventario nacional de emisión y absorción de gases de efecto invernadero (GEI), se exponen los principales avances en los ámbitos de vulnerabilidad y adaptación al cambio climático del país y aspectos de la mitigación de GEI. Asimismo, se incluye otra informa-

ción considerada como relevante a nivel nacional, a la luz también de los avances en la negociación internacional, materializados principalmente en las conferencias de las partes de los años 2007, 2009 y 2010. Por último, se detallan algunos obstáculos, brechas y necesidades financieras, técnicas y de capacidades identificados para el país durante la preparación de este informe.

Para realizar esta comunicación se contó principalmente con el apoyo financiero del Fondo Mundial para el Medio Ambiente, el que fue implementado a través de la oficina en Chile del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, y del Gobierno de Chile.

## 1. CIRCUNSTANCIAS NACIONALES

### 1.1 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL PAÍS

#### Territorio

Chile es un país tricontinental, cuyo territorio se asienta en la parte occidental y meridional de América del Sur, alcanza hasta la Isla de Pascua en Oceanía y se prolonga por el sur en la Antártica. También forman parte del territorio nacional el archipiélago Juan Fernández; las islas Salas y Gómez, San Ambrosio y San Félix. Además, comprende la zona económica exclusiva de 200 millas y la plataforma continental correspondiente.

El territorio continental de Chile se sitúa entre los 17° 30' y 56° 30' de latitud sur y el Territorio Chileno Antártico com-

prende el área entre los meridianos 53° y 90° de longitud oeste y hasta el polo sur. Limita al norte con Perú, al este con Bolivia y Argentina, al sur con el polo sur y al oeste con el océano Pacífico, que baña sus costas en una extensión superior a los 8.000 km.

Adicionalmente a sus amplias costas, su relieve posee tres rasgos morfológicos longitudinales: la cordillera de los Andes, al este; la cordillera de la Costa, al oeste; y la Depresión Intermedia entre ambos sistemas montañosos, aunque interrumpida en varias oportunidades por cordones montañosos transversales. Estos cordones imprimen al país un relieve accidentado y frágil, en el que las áreas planas no superan el 20% del territorio continental. En las planicies litorales, archipiélagos e islas, existen asenta-

mientos humanos y se desarrollan actividades económicas relevantes.

## Clima

Chile posee una multiplicidad de climas, pero en términos generales el territorio nacional presenta rasgos de clima templado, con algunas variaciones que se producen fundamentalmente por la latitud y la altura, dando origen al sistema climático desértico, tropical, mediterráneo, templado y polar, principalmente. La influencia oceánica es un poderoso agente modulador de la amplitud térmica en la zona costera y estudios recientes han mostrado tendencias históricas de cambios en la temperatura, siendo negativa en el océano y en la costa, y positiva en el valle central y la cordillera.

A nivel ecológico, la presencia de biomasa y formaciones vegetacionales específicas dependen de los distintos tipos climáticos. De acuerdo a Luebert y Plissock, se pueden distinguir cuatro zonas macrobioclimáticas en Chile: tropical, mediterráneo, templado y antiboreal (Figura 1).

## Población y desarrollo social

La población chilena experimentó un acelerado crecimiento durante el siglo XX, situación que ha tendido a

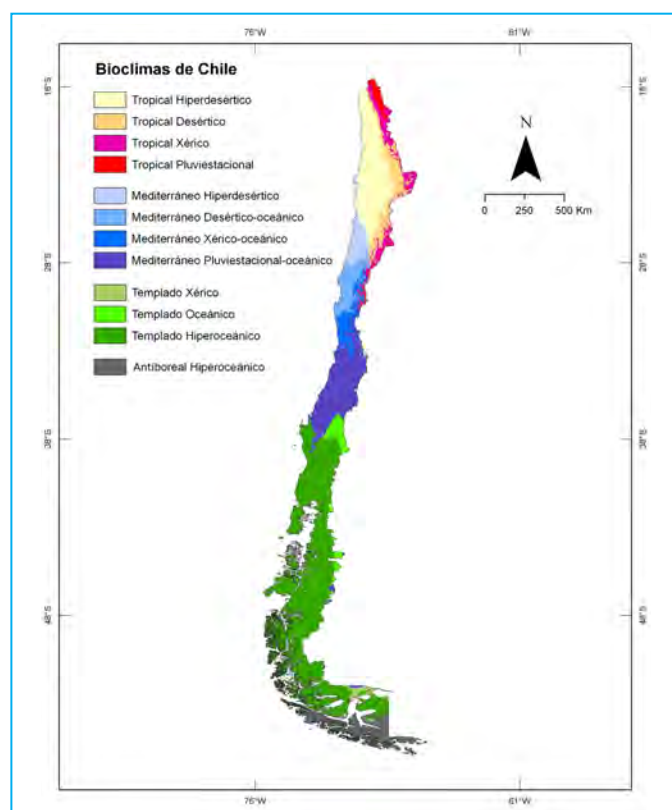
contraerse durante la última década. Se proyecta que el crecimiento de la población disminuirá aún más a mediados de este siglo.

El desarrollo del país ha permitido una mejor calidad de vida a sus habitantes, ocupando en 2010 la posición 45ª en el Índice de Desarrollo Humano a nivel mundial.

## Economía del país

Desde 1990, Chile ha experimentado un crecimiento económico rápido, progresivamente diversificado y liderado por las exportaciones. Una explicación para ello se encontraría en la adecuada gobernabilidad del país, que se traduce en instituciones políticas capaces de captar y guiar los consensos básicos y políticas públicas apropiadas.

Los efectos de la orientación hacia una política de desarrollo con un marcado enfoque en las exportaciones se advierten en la balanza comercial, con saldo positivo desde 1999, resaltando la expansión durante el periodo 2002-2007 y que se ha continuado manifestando a partir de 2010. Del valor total de las exportaciones, la minería aporta más de un 50% del valor total de todos los bienes exportados. En el caso de las importaciones, los bienes intermedios entre los que se cuentan los combustibles, son los que representan la mayor proporción de bienes importados, correspondiendo a más de un 50% del valor total.



**Figura 1. Bioclimas de Chile**  
Fuente: Luebert y Plissock, 2006



Foto: Ministerio del Medio Ambiente. Gobierno de Chile

TABLA 1. Indicadores claves para Chile

Información		Fuentes
<b>Geografía</b>		
Superficie total (km <sup>2</sup> )	2.006.096	Instituto Geográfico Militar (IGM)
Población 2000	15.397.784	Instituto Nacional de Estadísticas (INE)
Población estimada 2010	17.094.275	INE
Población estimada 2050	20.204.779	INE
Población Rural (% de total, 2009)	11%	Banco Mundial
Área forestada (2007)	22%	Corporación Nacional Forestal (CONAF)
<b>Desarrollo humano</b>		
Índice de Desarrollo Humano (2010)	0,783	PNUD
Tasa de alfabetismo (2008)	99%	Banco Mundial
Expectativa de vida al nacer (2010)	78,8	Banco Mundial
Tasa de mortalidad infantil por cada mil nacidos vivos (2007)	7,9	Ministerio de Salud
Cobertura de agua potable (2009)	99,8%	Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS)
Cobertura de alcantarillado (2009)	95,6%	SISS
Gasto público en educación como % del PIB (2008)	4,2%	Ministerio de Educación
<b>Actividad económica</b>		
PIB(ppp) estimado en 2011 (millones US\$ 2011)	276.053	Fondo Monetario Internacional
PIB(ppp) per cápita estimado en 2011 (US\$)	15.866	Fondo Monetario Internacional
Crecimiento del PIB(ppp) en 2009	-0,8%	Fondo Monetario Internacional
Crecimiento del PIB(ppp) en 2010	6,3%	Fondo Monetario Internacional
Crecimiento estimado del PIB(ppp) en 2011	6 - 7%	Banco Central de Chile
Exportación de bienes y servicios (% de PIB, 2009)	38%	Banco Mundial
<b>Actividad sectorial</b>		
Energía renovable (% de la matriz energética 2009)	29%	Ministerio de Energía
Importación de energía primaria (% de uso energético, 2009)	62%	Ministerio de Energía
Consumo de combustibles fósiles como energía primaria (% de total, en 2009)	71%	Ministerio de Energía
Consumo de agua por la agricultura de riego (% de total consumo de agua nacional)	84,5%	Dirección General de Aguas

## 1.2 POLÍTICA AMBIENTAL Y ARREGLOS INSTITUCIONALES

### Política ambiental

Las políticas nacionales orientadas al desarrollo sostenible forman parte de la estrategia integral de desarrollo del país. La Constitución Política de Chile garantiza como derecho fundamental vivir en un medio ambiente libre de contaminación, entregando al Estado el deber de tutelar y preservar la naturaleza y el patrimonio ambiental.

Sin embargo, el país presenta importantes desafíos en materia ambiental, como revertir la superación de normas primarias de calidad del aire en varias ciudades. Un área especialmente relevante la constituye también la degradación del suelo agrícola, ya que se ha observado que

las áreas afectadas por erosión hídrica y eólica, salinidad, contaminación, extracción de áridos y otros, han alcanzado niveles muy altos y se estima que virtualmente todos los suelos del país presentan algún nivel de degradación. La falta de un manejo eficaz del suelo y de objetivos de conservación, han significado una importante pérdida de su fertilidad, desertificación e inundaciones.

En relación al recurso hídrico, la extracción de agua dulce aumentó un 160% entre 1990 y 2002. En una proyección gubernamental sobre demanda de agua al 2017 se especifica que los requerimientos de los hogares, la minería y la industria prácticamente se duplicarán y que el uso para fines agrícolas aumentará un 20% en comparación con el año 1992. La agricultura de riego es el agente que presenta la mayor parte del consumo de agua y muestra avances significativos en el uso más eficiente del recurso, lo que



ha posicionado a los programas de mejoramiento del riego como una de las políticas agrarias más importantes del país.

### **El Ministerio del Medio Ambiente y la nueva institucionalidad ambiental**

En el año 2010 finalizó un proceso de transformación de la institucionalidad ambiental de Chile, que comenzó a gestarse en el año 2006, pasando de un modelo de coordinación multisectorial en manos de la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA) a un modelo de organización más centralizado e influyente, el Ministerio del Medio Ambiente.

Actualmente, el Ministerio del Medio Ambiente de Chile es el órgano del Estado encargado de colaborar con el Presidente de la República en el diseño y aplicación de políticas, planes y programas en materia ambiental. Además, procurando la protección y conservación de la diversidad biológica y de los recursos naturales renovables e hídricos, promoviendo el desarrollo sustentable, la integridad de la política ambiental y su regulación normativa. Destaca en forma importante el trabajo que le competará al Ministerio en el desarrollo de la temática del cambio climático en el país, estableciendo, específicamente y por primera vez en la legislación chilena, un mandato especial al respecto a nivel gubernamental.

Al indicar que “le corresponderá especialmente al Ministerio el proponer políticas y formular los planes, programas y planes de acción en materia de cambio climático” (Art.70, letra h de la Ley 20.417 de 2010), se generarán desafíos relevantes orientados a la implementación de este mandato. Cabe destacar que en el marco de la nueva institucionalidad, se considera al cambio climático como uno de los cinco ejes temáticos del Ministerio. Desde el punto de vista organizacional y administrativo, en 2010 se creó formalmente la Oficina de Cambio Climático, bajo el alero de la Subsecretaría del Ministerio del Medio Ambiente, la que cuenta con un presupuesto anual y profesionales permanentes para el trabajo que realiza.

### **Institucionalidad para el cambio climático en Chile**

Chile ratificó en 1994 la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático e igualmente se hizo parte de su Protocolo de Kioto, en el convencimiento de que se requería una respuesta mundial a un fenómeno de importantes consecuencias ambientales, en particular para los países vulnerables como es el caso nacional.

Tomando en consideración la necesidad de coordinar los esfuerzos internos y la política exterior nacional en esta materia, el Gobierno de Chile estableció en 1996, por decreto supremo, su principal institucionalidad para el cambio climático creando un Comité Nacional Asesor para el Cambio Global, cuya integración consideró tanto representantes del sector público como de la academia, además de contemplar la posibilidad de resolver la incorporación de otras instituciones u organismos privados. El Comité jugó un rol relevante en el año 2006 en la preparación de la Estrategia Nacional de Cambio Climático, la que consideró como sus ejes la adaptación, la mitigación y, el fomento y creación de capacidades. Con el objeto de poner en operación dicha estrategia, el año 2008 se aprobó el Plan de Acción Nacional de Cambio Climático.

Reconociendo su relevancia y para fortalecer el trabajo interinstitucional, particularmente en el marco de las negociaciones internacionales sobre cambio climático, por instrucción presidencial se creó el año 2009 un Comité Interministerial de Cambio Climático. La integración actual de este Comité contempla a las carteras de Medio Ambiente, Relaciones Exteriores, Agricultura, Transportes y Telecomunicaciones, Energía, Economía, Hacienda, Minería y Obras Públicas. Este Comité también cuenta con un Grupo Técnico, que se reúne con mayor frecuencia para desarrollar los temas técnicos y asesorar al nivel ministerial.

En 2010, con el fin de ampliar el espacio de intercambio de información y diálogo sobre cambio climático entre el Gobierno y otros actores relevantes, se crearon dos mesas de trabajo, una de carácter público-privada y otra, público-sociedad civil. Estas mesas se convocaron para ampliar las oportunidades de que dichos actores se involucren y participen del proceso de fortalecimiento del tema en Chile.

### **Plan de Acción Nacional de Cambio Climático**

En 2008, la CONAMA presentó el Plan de Acción Nacional de Cambio Climático 2008-2012, para responder en el corto plazo a los ejes y objetivos de la Estrategia Nacional de Cambio Climático. El plan de acción articula un conjunto de lineamientos de política pública que llevan a cabo diversos organismos públicos competentes en materia de cambio climático. Se constituyó también como una herramienta orientadora para el sector productivo, académico y para los organismos no gubernamentales, puesto que en él se indican las materias que el Estado considera relevantes de ser asumidas por la sociedad para enfrentar los

impactos del cambio climático. Al estar acotada su ejecución a cinco años, se buscó generar en un corto plazo la información necesaria para lograr la preparación, al final del periodo, de planes nacionales y sectoriales de adaptación y mitigación con un horizonte de aplicación más extendido. Las consideraciones estratégicas, para hacer frente a los desafíos que impone el cambio climático a nuestra sociedad, que considera el plan de acción pueden resumirse en:

- El cambio climático como un eje central de las políticas públicas y las regulaciones nacionales.
- La adaptación como un pilar para el desarrollo futuro del país y como respuesta temprana a los impactos al cambio climático.
- La mitigación como un aporte al mejoramiento en la calidad de crecimiento, a la reducción global de emisiones de gases de efecto invernadero y a la disminución de los costos de adaptación.
- La innovación del sector financiero y empresarial chileno, como estrategia para captar las oportunidades de inversión en proyectos de mitigación y adaptación al cambio climático.
- La evaluación de los compromisos futuros en cambio climático y su posible efecto en el comercio internacional y equilibrio macroeconómico, como una mirada estratégica de largo plazo.
- El desarrollo de una base de conocimientos mediante la investigación integrada y observación sistemática sobre el clima; la educación, formación y sensibilización ciudadana, como apoyo a la toma de decisiones.

### **Institucionalidad sectorial**

En la década que reporta esta comunicación nacional, han ocurrido varias modificaciones dentro del aparato público, las que han servido de plataforma para fortalecer diversas acciones ligadas con las temáticas asociadas al cambio climático en el país. Destacan la formación del Ministerio de Energía, cuya creación se presenta como una oportunidad para desarrollar una política energética integrada y coherente con los objetivos de seguridad, calidad y competitividad de suministro, y de protección del medio ambiente local y global; la creación en 2009 del Centro de Energías Renovables, con el propósito de servir de antena tecnológica para el desarrollo de las energías renovables

en el país; y en 2005, del Programa País de Eficiencia Energética, actual Agencia Chilena de Eficiencia Energética, una institución público - privada que tiene como misión el promover, fortalecer y consolidar el uso eficiente de la energía, articulando e implementando, tanto a nivel nacional como internacional, iniciativas público-privadas en los distintos sectores de consumo energético.

Desde la perspectiva del sector de la agricultura, su Ministerio reenfocó los quehaceres de algunas de sus instituciones hacia cambio climático y, a partir de 2008, el Ministerio de Agricultura creó el Consejo de Cambio Climático y Agricultura, presidido por la máxima autoridad ministerial. Este Consejo está constituido por representantes de los sectores productivo, público y académico.

En el sector de los recursos hídricos, destaca la creación en 2008 de la Unidad de Glaciología y Nieves dentro de la Dirección General de Aguas del Ministerio de Obras Públicas. Como principales tareas de esta unidad se han definido las de establecer y hacer operativo un programa glaciológico nacional tendiente a inventariar, estudiar y monitorear glaciares del territorio nacional para definir la respuesta presente y futura de los glaciares al cambio climático y determinar estrategias de adaptación frente a distintos escenarios climáticos.

## 2. INVENTARIO CHILENO DE EMISIONES Y ABSORCIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

### 2.1 CONTEXTO MUNDIAL

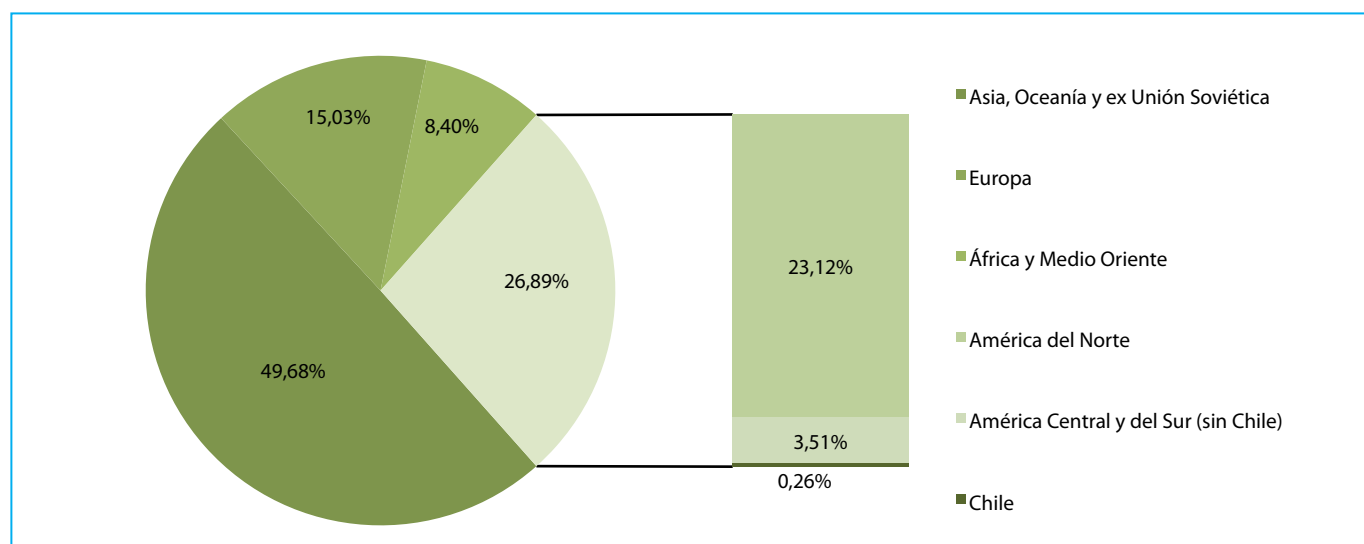
Chile no es un emisor relevante de gases de efecto invernadero. De acuerdo a estadísticas internacionales de la Agencia Internacional de Energía que consideran sólo las emisiones nacionales de CO<sub>2</sub> por combustión de hidrocarburos, su aporte al total de emisiones es aproximadamente el 0,2% (IEA, 2009; IEA, 2010). Este porcentaje se ha mantenido estable. Si no se consideran las emisiones globales asociadas al transporte internacional marítimo y aéreo, la contribución de Chile en 2008 correspondió a un 0,26% de las emisiones de CO<sub>2</sub> del conjunto de los países (IEA, 2010), ver Figura 2. En el documento más reciente publicado a la fecha por la Agencia Internacional de Energía (IEA, 2010) Chile aparece en el lugar 61° en el mundo respecto a las emisiones per cápita de CO<sub>2</sub> para el año 2008, con un valor de 4,35 ton CO<sub>2</sub>/habitante, ligeramente por sobre el promedio mundial de 4,23 ton CO<sub>2</sub>/habitante. No obstante, las emisiones del país están aumentando de manera importante, principalmente por el crecimiento del sector energía.

### 2.2 METODOLOGÍA UTILIZADA

El Inventario Nacional de Emisiones y absorción de Gases de Efecto Invernadero (Ingei) que se presenta en esta Segunda Comunicación Nacional fue elaborado siguiendo los lineamientos de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático para su presentación en comunicaciones nacionales. Asimismo, se utilizaron las

metodologías propuestas por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) para los países signatarios de la convención, y los lineamientos propuestos en la Decisión 17/CP.8 de la CMNUCC, relevante para países no Anexo I que presentan su segunda comunicación nacional. Esto significa que se usaron las guías revisadas del IPCC de 1996 y sus códigos de buenas prácticas de los años 2000 y 2003; se tomó como año de reporte 2000 y se completaron los formatos establecidos por la Convención para el informe de los inventarios anuales. Adicionalmente, el país decidió voluntariamente incluir los resultados de su inventario de emisiones para el año 2006, considerando que 2000 es distante en términos de representatividad de los niveles de emisiones y capturas de gases que ocurren en el país. El año 2006 es el último que presenta todos los sectores inventariados. También se presentan los resultados de estimaciones de emisiones y capturas entre 1984 y 2006, en un formato de serie de tiempo, para todos los sectores y subsectores.

Un resumen de las emisiones y capturas sectoriales de GEI en Chile para los años 2000 y 2006, expresados en CO<sub>2</sub> equivalente (CO<sub>2</sub>eq) se presentan en la Tabla 2. En tanto, la Figura 3 representa la tendencia global de crecimiento del CO<sub>2</sub> equivalente en el intervalo 1984-2006 para los cinco sectores del Ingei, así como el balance de emisiones y capturas, que en Chile es positivo en todo el periodo bajo análisis. La Figura 4 presenta la participación de los sectores del Ingei de Chile en porcentaje de emisiones y capturas.



**Figura 2.** Distribución de las emisiones de CO<sub>2</sub> a nivel mundial y contribución de Chile, año 2008

Fuente: Ministerio del Medio Ambiente en base a IEA, 2010

TABLA 2. Emisiones y capturas de GEI en Chile, años 2000 y 2006

Sector	Tipo	2000	2006	Variación
		Gg CO <sub>2</sub> eq	Gg CO <sub>2</sub> eq	%
Sector energía	emisiones	51.279	57.806	13%
Sector procesos industriales	emisiones	4.447	5.361	21%
Sector agricultura	emisiones	13.103	13.401	2%
Sector cambio en el uso de la tierra y silvicultura (CUTS)	emisiones y capturas	-27.446	-19.386	29%
Sector residuos	emisiones	2.028	2.489	23%
Total país	Balance global	43.410	59.672	37%

Fuente: Ministerio del Medio Ambiente, 2011

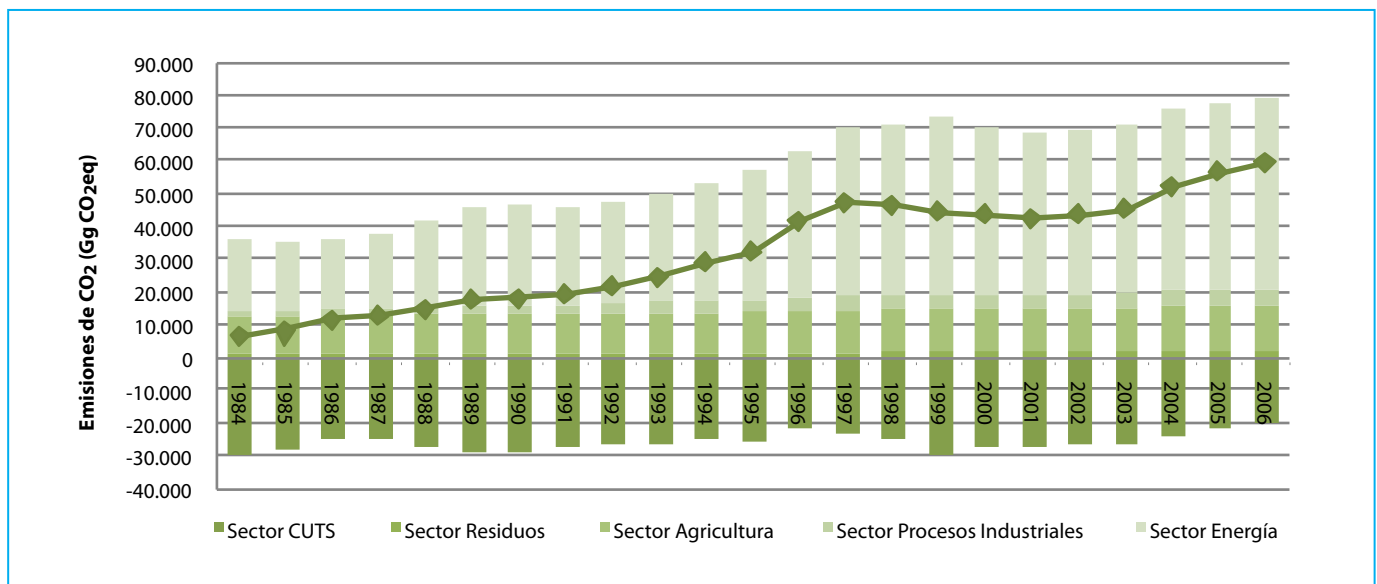


Figura 3. Emisiones, capturas y balance de GEI por sector, período 1984-2006

Fuente: Ministerio del Medio Ambiente, 2011

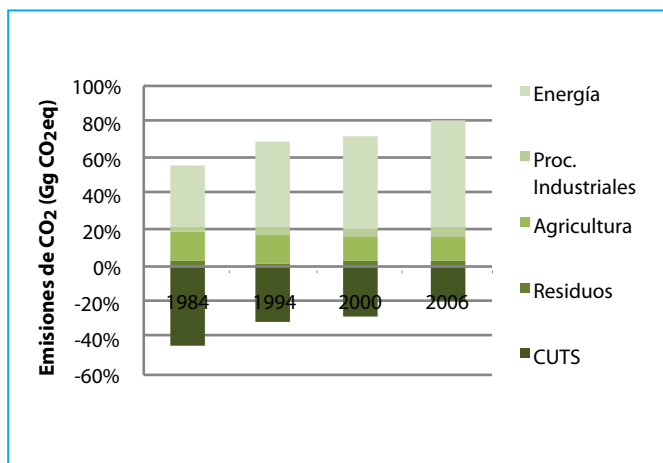


Figura 4. Participación porcentual de los sectores del Ingei de Chile en las emisiones y capturas de GEI

Fuente: Ministerio del Medio Ambiente 2011

A nivel sectorial se aprecia la importancia del sector del uso y cambio de uso del suelo y forestal (CUTS o LULUCF, por sus siglas en inglés) en el caso de las capturas de CO<sub>2</sub> en Chile, aunque la captura neta se ha visto progresiva-

mente reducida entre 1984 y 2006. En términos absolutos, el sector energía aporta en forma dominante y creciente a los valores de emisiones nacionales.

Respecto a las emisiones y capturas nacionales de los tres principales GEI del inventario chileno: el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el metano (CH<sub>4</sub>), y el óxido nítrico (N<sub>2</sub>O) se puede indicar que el CO<sub>2</sub> es el principal GEI emitido en Chile. Al año 2000 representaba el 55% del total de emisiones netas de CO<sub>2</sub>eq del inventario anual, en tanto que en 2006, su importancia subió al 65%. En el caso de las capturas de CO<sub>2</sub>, que ocurren por procesos fotosintéticos en la naturaleza, éstas disminuyeron desde 29,8 millones de ton de CO<sub>2</sub> a 22 millones de ton de CO<sub>2</sub> entre los años 2000 y 2006, de acuerdo a la contabilidad de la metodología de preparación de los inventarios, lo que corresponde a un decremento de un 26%. Ahora bien, el CH<sub>4</sub> es, después del CO<sub>2</sub>, el GEI que tiene mayor impacto en las emisiones del país. En 2000 representaba el 27% del total de emisiones netas de CO<sub>2</sub>eq del inventario anual, en tanto que el año

2006 correspondía al 21%. El sector agricultura es el que más contribuye con emisiones de metano. El N<sub>2</sub>O representaba el 18% del total de emisiones netas de CO<sub>2</sub>eq del Ingei en 2000, en tanto que en 2006, correspondía al 14% del CO<sub>2</sub>eq. El 88% de las emisiones de este GEI provienen del sector agricultura para 2000, porcentaje que se reduce marginalmente a un 87% para el 2006.

### 2.3 PARTIDAS INFORMATIVAS DE EMISIONES DE GEI

De acuerdo a la metodología de reporte de emisiones nacionales de GEI establecida por la CMNUCC, algunos tipos de emisiones no deben ser contabilizadas en la sumatoria total de emisiones asociadas al inventario de los países, bastando que se reporte esta información como partidas informativas independientes del resto de las emisiones del país. Estos casos comprenden las emisiones de gases de efecto invernadero que generan los consumos de combustibles con fines de transporte internacional (denominadas bunker fuels), y las emisiones de CO<sub>2</sub> que genera el consumo de leña y biogás como fuentes de energía, las que se reportan en la Tabla 3.

## 3. VULNERABILIDAD DEL PAÍS Y SU ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

### 3.1 VULNERABILIDAD DE CHILE FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO

Chile es un país altamente vulnerable frente al fenómeno de cambio climático, ya que cuenta con áreas de borde costero de baja altura, áreas áridas, semiáridas y de bosques, susceptibilidad a desastres naturales, áreas propensas a sequía y desertificación, zonas urbanas con problemas de contaminación atmosférica y ecosistemas montañosos como las cordilleras de la Costa y de los Andes. Los estudios desarrollados en Chile en los últimos años en materia de impactos y vulnerabilidad al cambio climático dan cuenta de esta situación, así como de una mayor comprensión del fenómeno y de sus potenciales efectos negativos sobre los planes de desarrollo sustentable de la nación.

**TABLA 3.** Partidas informativas: emisiones de GEI no incluidas dentro del consolidado, años 2000 y 2006

Tipo de emisión	2000 (Gg CO <sub>2</sub> eq)	2006 (Gg CO <sub>2</sub> eq)	Variación porcentual
Transporte Internacional	3.068	5.275	72%
Leña y biogás	16.721	18.563	11%

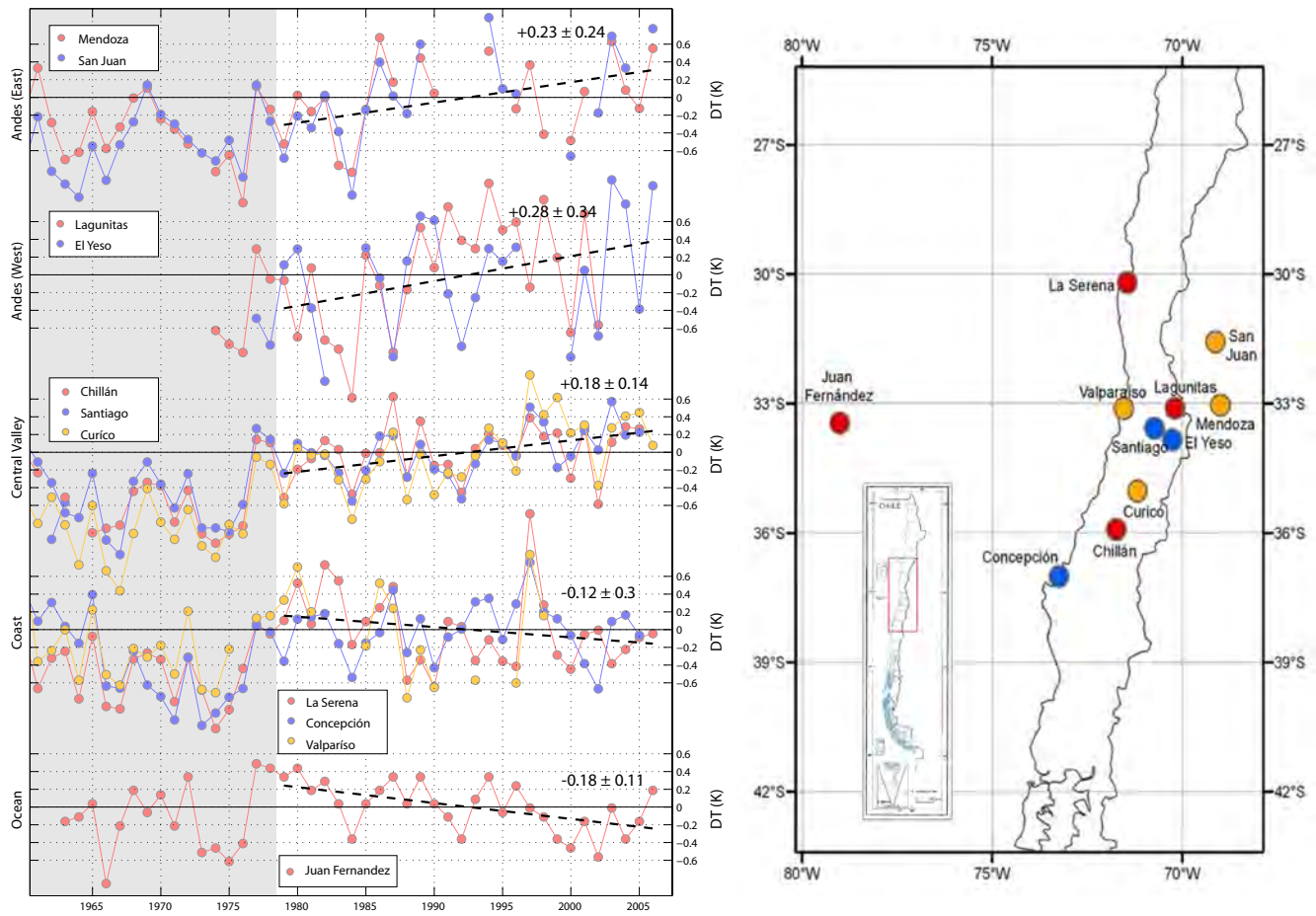
Fuente: Ministerio del Medio Ambiente, 2011

Las emisiones del transporte internacional muestran un crecimiento importante en el tiempo, siendo las asociadas al transporte marítimo internacional la fuente mayoritaria de este tipo de emisiones en los últimos años. Este comportamiento es coincidente con la inserción progresiva de nuestro país en las rutas del comercio internacional, dado que Chile transporta la mayoría de sus exportaciones utilizando la vía marítima.

#### Variables meteorológicas/climáticas

##### *Tendencias observadas*

En Chile ya son evidentes algunas nuevas tendencias en el clima, principalmente manifestadas en un cambio en las precipitaciones y las temperaturas a lo largo del país. Estudios de cambios en la temperatura para el periodo 1979-2006 (Falvey y Garreaud, 2009; Carrasco et al, 2008) evidencian que en el océano y en la costa la tendencia ha sido negativa, mientras que en el valle central y especialmente en la Cordillera de los Andes, reservorio natural del recurso hídrico, ha sido positiva (Figura 5).



**Figura 5.** Series de tiempo de anomalías de temperatura en Chile central  
Fuente: Falvey y Garreaud, 2009

### Proyecciones

Para obtener información acerca de proyecciones en las variables meteorológicas con un mayor detalle para el territorio chileno, el Departamento de Geofísica de la Universidad de Chile, encomendado por la Conama, desarrolló durante 2006 el estudio titulado "Estudio de la variabilidad climática en Chile para el siglo XXI" (U. de Chile/Depto. Geofísica, 2006). Para esto se utilizó el modelo de evaluación de cambio climático regional PRECIS de la Oficina Meteorológica del Reino Unido, de amplio uso en la proyección del clima a nivel regional, considerando dos de los escenarios de emisiones globales de gases de efecto invernadero definidos por el IPCC: A2 (severo) y B2 (moderado). Proyecciones de escala global que se utilizaron con el modelo PRECIS fueron las del modelo de clima global HadCM3, también de la Oficina Meteorológica del

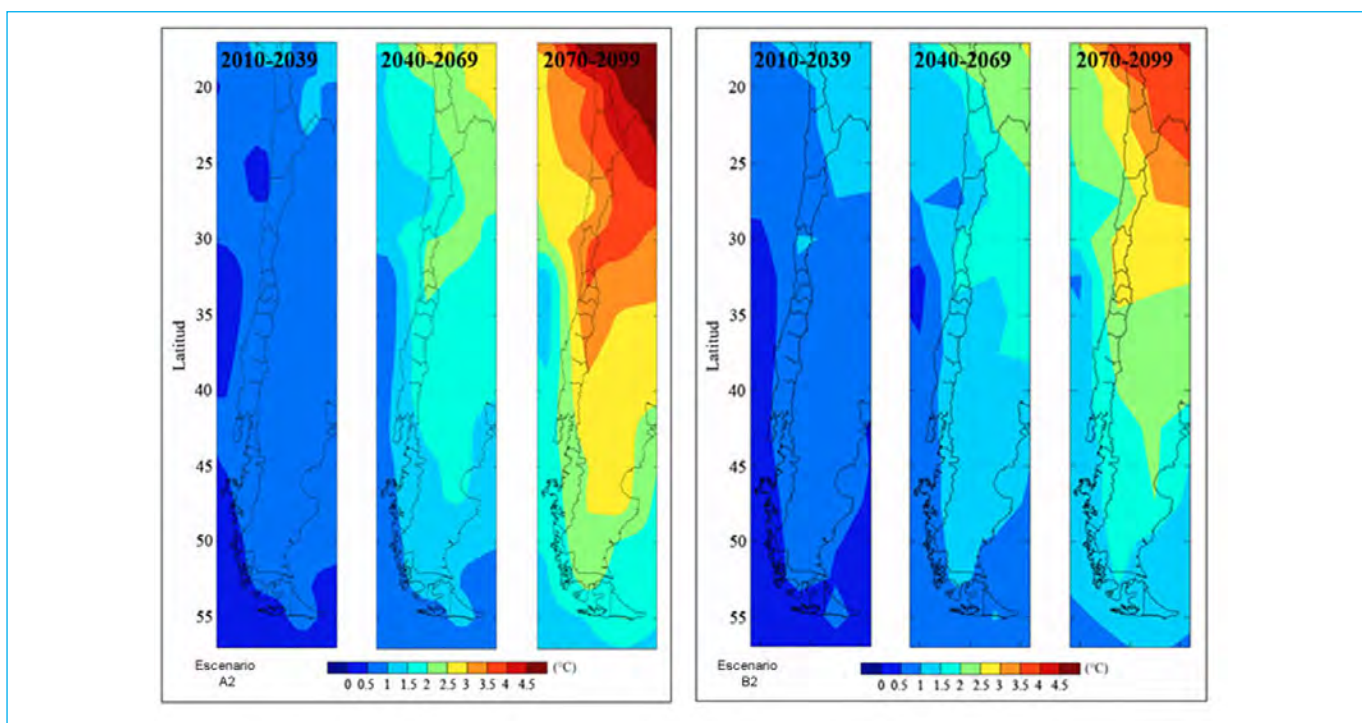
Reino Unido. Para el caso de la modelación nacional, el dominio representado correspondió al área del territorio chileno continental, con una resolución espacial de 25x25 km<sup>2</sup> para el periodo 2071-2100. Se realizó también una modelación para el periodo 1961-1990, de modo que los cambios climáticos en superficie que se asocian a los escenarios A2 y B2 fueron contrastados frente a los datos de este último periodo como medio de validación del modelo. Posteriormente, se realizaron proyecciones a escalas temporales más cercanas: periodos 2011-2040 y 2041-2070 en el escenario A2, utilizando nuevamente las proyecciones del modelo de clima global HadCM3 (CEPAL, 2009).

Los cambios proyectados en temperatura hacia fines de siglo tienden a ser positivos (calentamiento) en todas las regiones, siendo mayores para el escenario A2. El cambio de temperatura media en el escenario A2, respecto al cli-

ma actual de Chile continental, varía entre 2° y 4°C, siendo más acentuado hacia las regiones andinas y disminuyendo de norte a sur. Sólo en la zona austral, bajo el escenario B2, hay sectores pequeños con calentamiento menor a 1°C (Figura 6). Estacionalmente, el calentamiento es mayor en verano, excediendo los 5°C en algunos sectores altos de la Cordillera de los Andes.

Un análisis de incertidumbre realizado sobre las proyecciones de precipitaciones (CEPAL, 2009) muestra que en Chile existe una alta probabilidad de que éstas disminuyan entre las regiones de Coquimbo y de Los Lagos, esperándose que la señal de cambio climático sea mayor a la

variabilidad natural, incluso en un futuro cercano. En la región de Magallanes (50°S a 55°S), existe gran concordancia entre los modelos, en cuanto a un cambio positivo de precipitación (entre un 5% y un 10% de la actual) que no sobrepasaría el nivel de variabilidad natural. En el altiplano y norte grande (al norte del paralelo 27°S) la dispersión de proyecciones es alta. La Figura 7 muestra el porcentaje de modelos que proyectan un incremento de precipitaciones en el periodo 2010-2040, donde se observa el nivel de consenso en cuanto a la disminución de precipitaciones en casi todo el territorio.

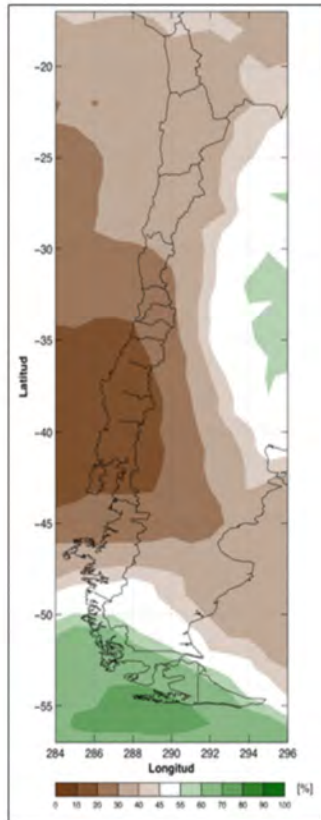


**Figura 6.** Proyecciones de variaciones de temperatura para escenarios A2 y B2

Fuente: Cepal, 2009



Foto: Ministerio del Medio Ambiente. Gobierno de Chile



**Figura 7.** Porcentaje de modelos que proyectan aumento de precipitación en Chile para el periodo 2010-2040  
Fuente: Cepal, 2009

## Recursos hídricos

La disponibilidad de los recursos hídricos del país está ligada de manera íntima a sus condiciones climáticas, por lo que se espera que sean afectados por los cambios proyectados, en temperatura y precipitación, por los modelos utilizados para pronosticar el clima futuro de Chile continental durante el siglo XXI, más aún en el escenario más severo (A2).

Los aumentos de temperatura asociados a los cambios climáticos esperados para Chile reducirían el área andina capaz de almacenar nieve entre años sucesivos y, considerando que la isoterma de 0°C experimentaría un alza de altura (Carrasco et al, 2005), las crecidas invernales de los ríos con cabecera andina se incrementarían, como consecuencia del aumento de caudales de las cuencas aportantes, disminuyendo la reserva nival de agua.

## Glaciares

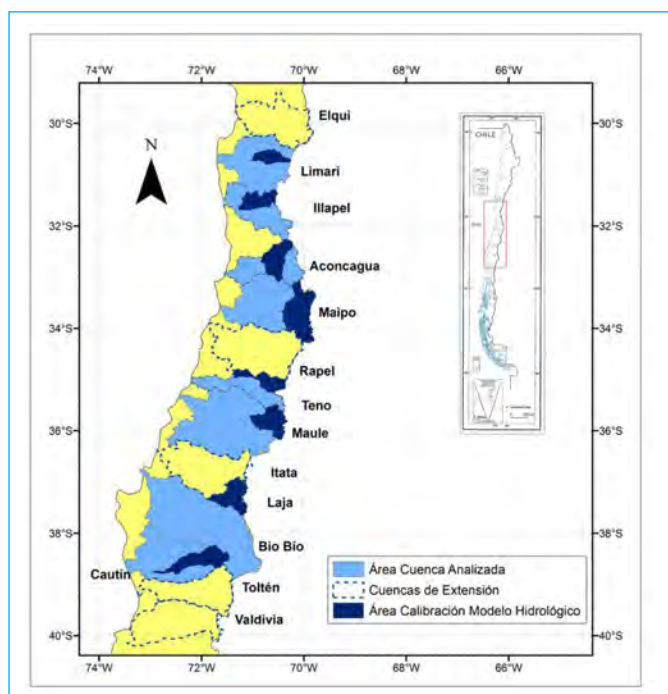
Los glaciares son reservas estratégicas del recurso hídrico, pues no sólo aportan agua a las cuencas hídricas en verano, sino que son la única fuente de recarga de ríos, lagos y napas subterráneas en regiones áridas y en periodos de sequía. Chile es el país que posee la más alta concentración de glaciares continentales del Hemisferio Sur. Según la Unidad de Glaciología y Nieves de la Dirección General de Aguas, al año 2007 existía un inventario de 1.835 glaciares, con una superficie de 15.500 km<sup>2</sup> de hielo, la que se sumaría una superficie no inventariada de 4.700 km<sup>2</sup> de hielo. La totalidad para el país sería superior a los 20 mil km<sup>2</sup>, de los cuales más del 75% se encontraría en los campos de Hielo Norte y Sur en las regiones de Aisén y Magallanes.

Los estudios en glaciares del país señalan que gran parte de ellos se encuentra en retroceso. De 100 glaciares evaluados por Rivera et al. en 2000, un 87% mostró retrocesos, asociados a cambios en los patrones tradicionales de las variables climáticas. A manera de ejemplo, en los últimos 50 años el glaciar Cipreses, cuyos deshielos alimentan la cuenca del Río Cachapoal, ha presentado tasas de retroceso de 27 metros anuales, 3 veces superior a las tasas observadas desde 1860 (Rivera et. al, 2007). Se estima que las tendencias de aumento en las temperaturas y radiación en la cordillera como la disminución de precipitaciones seguirán mermando la superficie de glaciares de la Cordillera de los Andes, lo que continuará afectando la disponibilidad de agua en aquellas cuencas donde su aporte es significativo, principalmente las ubicadas entre los ríos Aconcagua y Cachapoal y algunas del norte. Este efecto se haría más notorio en los periodos de estiaje (verano-otoño) cuando disminuye el aporte debido a precipitaciones y derretimiento de nieves.

## Análisis hidrológico en cuencas seleccionadas

Estudios realizados por investigadores de la Universidad de Chile y Pontificia Universidad Católica de Chile entre los años 2008 y 2010 permitieron realizar las primeras cuantificaciones, a través de modelos hidrológicos, del impacto sobre los recursos hídricos que se esperarían frente a los posibles cambios de temperatura, evapotranspiración y precipitación para un escenario de cambio climático severo en ocho cuencas del país, entre las regiones de Coquimbo y de la Araucanía, según presenta la Figura 8.





**Figura 8.** Mapa de cuencas hidrológicas estudiadas, área de calibración de modelos hidrológicos y otras cuencas relacionadas

Fuente: U. de Chile, Depto. Ingeniería Civil, 2010

En términos generales, los resultados de estas modelaciones para el escenario HadCM3 A2 pronostican impactos importantes en los recursos hídricos, ya que en todas las cuencas se reducirían los caudales de agua disponibles. Estas reducciones serían mayores en los extremos de la región de análisis (cuencas del Limarí y Cautín). En el resto de las cuencas, aunque en los primeros años de la modelación los caudales son levemente menores, en los periodos intermedios las reducciones son significativas, lo que se mantiene para el periodo tardío. También los resultados evidenciaron variaciones en las fechas de inicio del crecimiento de los caudales de algunas de las cuencas durante el año, adelantándose en algunos casos este periodo desde los meses de primavera y verano al invierno. Esto sería consecuencia del aumento de temperaturas, que se relaciona con la acumulación y derretimiento de nieve.

Debido a los cambios en disponibilidad de agua y a la temporalidad de los caudales, en prácticamente todas las cuencas existen aumentos importantes en el número de meses en déficit cuando se comparan los caudales futuros con el nivel de estrés para cada mes en el periodo histórico. Esto tendría importantes consecuencias en la utilización de los recursos hídricos para diferentes sectores productivos del país, ya que aumentaría la frecuencia de caudales bajos.

## Recursos edáficos

La erosión afecta de manera importante los recursos edáficos y, por ende, la productividad agrícola. Los procesos de erosión están determinados principalmente por variables como la intensidad de la precipitación, la pendiente y la cobertura vegetal. Tanto la precipitación como la cobertura vegetal pueden ser afectadas de manera directa e indirecta por el cambio climático, existiendo la posibilidad de acelerar los procesos de erosión que afectan a gran parte de las áreas agrícolas en Chile. Un estudio preparado por científicos del Centro Agrimed de la Universidad de Chile se concentró en analizar el impacto en recursos edáficos del territorio comprendido entre las regiones de Valparaíso y Los Lagos. A través del cruce entre las zonas con riesgo de erosión alto y las áreas que presentarían disminución en la cobertura vegetal natural, se estimaron las eventuales zonas más vulnerables de sufrir severos procesos de pérdida de suelo. El estudio concluye que las zonas del valle central de Chile, de importante valor agrícola y forestal, son las que podrían verse más afectadas a consecuencia del cambio climático proyectado. En las zonas de riego, las pérdidas de suelo por erosión pluvial se pronostican en general menores, ya que se encuentran en terrenos planos o con poca pendiente.

## Sector silvoagropecuario

El sector silvoagropecuario es uno de los sistemas socioeconómicos que presenta mayor relación con los fenómenos climáticos, por lo que el desarrollo de estudios en materia de impactos y vulnerabilidad ha sido una de las principales preocupaciones del país en los últimos años. Las evaluaciones se han concentrado, en una primera etapa, en determinar diferencias en el potencial productivo del sector.

Investigadores del Centro Agrimed de la Universidad de Chile aplicaron el modelo de simulación SIMPROC para evaluar impactos de modificaciones en el clima para cultivos de riego y secano, praderas y frutales. El modelo SIMPROC fue calibrado sobre la base de la información de productividad actual, la que fue perturbada por las anomalías climáticas proyectadas por los escenarios de emisión A2 y B2 en dos periodos 2046-2065 y 2070-2100, incluyendo en la modelación el impacto que tendría la disponibilidad de agua para riego (CEPAL, 2009). Los principales resultados en términos de los rendimientos obtenidos en riego y secano para los cultivos de trigo, maíz, papa, frejol y remolacha para la fecha óptima de siembra e impactos en la productividad de praderas, plantaciones frutales y forestales se presentan en las Tablas 4 a la 7.

**TABLA 4.** Rendimientos proyectados para los cultivos de trigo, maíz, papa, frejol y remolacha en el escenario A2, para el periodo 2070-2100

Cultivos	Riego	Secano
Trigo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se espera una reducción de rendimientos, principalmente en las zonas precordilleranas y costeras, las que perderían sus potenciales actuales, asemejándose a las del valle central.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se espera una disminución de los rendimientos en el norte y centro del país debido a la mayor incidencia de sequías. En la costa y valle central de la zona central, habría disminuciones de entre un 10% y un 20%.</li> <li>A partir de la precordillera de la Región del Biobío hacia el sur, en todas las zonas se observa un aumento gradual en los rendimientos del orden del 30%, llegando a un 100% en algunos sectores de la precordillera de las regiones de Los Ríos y Los Lagos.</li> </ul>
Maíz	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desde la Región de Coquimbo hasta la del Biobío, se espera una disminución en los rendimientos en todo el valle central en un rango que varía entre 10% y 20%.</li> <li>En la costa y precordillera se proyecta un aumento en los rendimientos de hasta un 50%.</li> <li>En la zona sur, a partir de la Región de la Araucanía, los rendimientos aumentarían hasta situarse en una franja de 60% a 200% de incremento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Los rendimientos continuarían siendo marginales, alcanzando potenciales de producción inferiores a cuatro toneladas por hectárea.</li> </ul>
Papa	<ul style="list-style-type: none"> <li>En general, la zona norte presentaría una reducción de los rendimientos de un 10% a un 20%.</li> <li>En la zona centro-norte y hasta la Región de O'Higgins, existirían disminuciones en los rendimientos de hasta un 30%.</li> <li>Entre Talca y Temuco, se prolonga esta situación pero sólo en el valle central, mientras que en la costa y precordillera se esperan aumentos de hasta un 50%.</li> <li>Desde la Región de la Araucanía al sur, los rendimientos aumentarían hasta llegar a 150% y 200% en la Región de los Lagos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>En general, especialmente en la zona central, se mantendrían las bajas productividades. Los aumentos se producirían en la costa de la Región del Biobío y desde la Región de Los Ríos hasta la Región de Aysén.</li> </ul>
Frejol	<ul style="list-style-type: none"> <li>Los rendimientos se mantienen para toda la zona norte, centro y centro-sur. Desde la Región de la Araucanía hacia el sur la productividad aumentaría entre un 10% y 20%, llegando hasta 100% en la Región de Los Lagos.</li> <li>En general, los rendimientos tienden a mantenerse muy homogéneos en toda la zona central y sur, en torno a las 4,5 toneladas por hectárea al año.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>En general se mantienen los bajos rendimientos en secano. No obstante, se esperan aumentos en la costa de la zona centro-sur y desde la Región de Los Ríos hasta la de Aysén. Estos aumentos serían en torno a un 100%.</li> <li>En la zona central se mantendrían las fechas de siembra. En algunas localidades de la costa y precordillera de la zona sur cambiarían de octubre a septiembre.</li> </ul>
Remolacha	<ul style="list-style-type: none"> <li>En el valle central, entre las regiones de Valparaíso y del Maule, se producirían aumentos en los rendimientos de hasta un 50% en algunas comunas.</li> <li>En la costa y precordillera se reducirían los rendimientos, asemejándose a la productividad del valle central.</li> <li>Desde la Región de la Araucanía al sur, el aumento de las temperaturas invernales incrementaría el potencial productivo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>En el escenario climático actual, la remolacha encuentra mejores condiciones de producción en las zonas costeras, alcanzando rendimientos de hasta 40 toneladas por hectárea.</li> <li>En la costa entre las regiones del Maule y de la Araucanía, se esperan disminuciones en los rendimientos de hasta un 50%.</li> <li>En el valle central y precordillera, se producirían aumentos en casi todas las comunas desde la Región de Valparaíso hacia el sur.</li> <li>En las regiones de la Araucanía y de Los Ríos se producirían cambios en las fechas de siembra en otoño, lo que permitiría aumentar los rendimientos en la mayor parte de las comunas.</li> </ul>

Fuente: Cepal, 2009

**TABLA 5.** Productividad en praderas para el escenario A2 en el periodo 2070-2100

Praderas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se espera una caída en la productividad anual entre las regiones de Coquimbo y de Los Lagos, asociada a una intensificación de los periodos secos.</li> <li>• Hacia el sur se observaría un aumento en los rendimientos de hasta un 20%. En la parte oriental de la cordillera de Los Andes, en el extremo sur, se esperan disminuciones como consecuencia de una reducción de la radiación solar de hasta un 15%.</li> <li>• En la zona altiplánica, la productividad aumentaría como consecuencia del eventual aumento en precipitaciones respecto de la situación actual.</li> <li>• En el extremo austral, aumentarían su productividad en el sector occidental de la cordillera de Los Andes, por una mayor pluviometría, incrementos en las temperaturas y aumentos en los niveles de radiación solar.</li> </ul>
----------	--

Fuente: Cepal, 2009

**TABLA 6.** Productividad en frutales para el escenario A2 en el periodo 2070-2100

Frutales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se podría extender el área de cultivo hacia las regiones de La Araucanía, Los Ríos y Los Lagos.</li> <li>• Las especies cuya producción es altamente dependiente del clima (por ejemplo, la vid), podrían verse afectadas en sus propiedades organolépticas (olor, sabor, color) y, en consecuencia, en la calidad de su producción.</li> <li>• En general, se espera que el aumento de temperatura prolongue el ciclo de vida de algunas de las principales plagas, lo que tendría graves consecuencias sobre la sanidad de los frutales.</li> <li>• En el caso de las enfermedades provocadas por hongos y bacterias, las condiciones climáticas proyectadas podrían favorecer su mayor proliferación.</li> <li>• Las especies subtropicales podrían mejorar su potencial en casi todas las regiones (por ejemplo, los naranjos).</li> <li>• Es altamente probable que las condiciones climáticas mejoren la calidad de los frutos, pues el alza en las temperaturas mínimas podría reducir la acidez.</li> <li>• En la zona norte, el potencial productivo mejoraría considerablemente, especialmente en los valles de la Región de Tarapacá.</li> <li>• En la precordillera central, las condiciones climáticas permitirían la incorporación de nuevas tierras de cultivo, rentables económicamente.</li> </ul>
----------	--

Fuente: Cepal, 2009



Foto: Ministerio del Medio Ambiente. Gobierno de Chile

TABLA 7. Productividad en plantaciones forestales para el escenario A2 en el periodo 2070 - 2100

<b>Plantaciones Forestales</b>	<b>Pino radiata:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Se espera un deterioro considerable del potencial productivo en la zona centro-norte (regiones entre Coquimbo y Metropolitana). Éste es menos severo hacia el sur, pudiendo presentarse un nivel moderado o discreto en la zona central (regiones Metropolitana, Valparaíso y O'Higgins), para luego disminuir hasta desaparecer en la región de La Araucanía, a partir de la cual el potencial productivo mejoraría significativamente, mostrando importantes incrementos entre la Región de Los Ríos y la Isla Grande de Chiloé.</li> </ul>	<b>Eucaliptus globulus:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Se espera un deterioro del potencial productivo en la Región de Coquimbo, como consecuencia de la disminución de precipitaciones.</li> <li>En la costa de la zona central, se esperan aumentos del potencial productivo debido al mejoramiento de las temperaturas invernales. Se espera una situación similar para la precordillera.</li> <li>A partir de la Región de la Araucanía, se proyecta un aumento del potencial productivo, presentando un ostensible incremento las regiones de Los Ríos y de Los Lagos.</li> </ul>
--------------------------------	---	--

Fuente: Cepal, 2009

### ***Vulnerabilidad y adaptabilidad productiva y socioeconómica del sector silvoagropecuario***

La vulnerabilidad y adaptabilidad productiva y socioeconómica del sector silvoagropecuario en situaciones de cambio climático también fueron evaluadas en estudios de investigadores de Agrimed y de la Pontificia Universidad Católica. Los análisis consideraron la adaptación intrínseca de los agricultores conforme se modifican los distintos patrones climáticos, para esto la escala espacial de trabajo fue la comuna. Se evaluaron las siguientes variables: cambio en el uso de suelo, cambios en los ingresos netos y cambios en la mano de obra.

El estudio concluye que la vulnerabilidad agrícola, asociada al componente productivo, es mayor en las zonas con alta presencia de cultivos anuales (valles de la Región de Coquimbo, y el valle central de la Región del Maule al sur), en tanto que, en las regiones de Los Ríos y de Los Lagos, la mayor vulnerabilidad se explica por la falta de infraestructura de riego. Las regiones centrales con predominio frutícola presentan menores índices de vulnerabilidad. Desde el punto de vista de vulnerabilidad al componente social, se identificaron como más vulnerables aquellas zonas donde hay mayor concentración de agricultura y de población con bajo índice de desarrollo humano, en las regiones de Coquimbo, del Maule y de la Araucanía. En cuanto a la vulnerabilidad al componente económico, se consideró el capital invertido como insumos y tecnologías para cada rubro y la vinculación con el mercado externo. Así, la agricultura más tecnificada y rentable es la que presentaría mayores niveles de vulnerabilidad asociada al componente económico, por lo que las pérdidas potenciales pueden ser de mayor dimensión. En este caso se en-

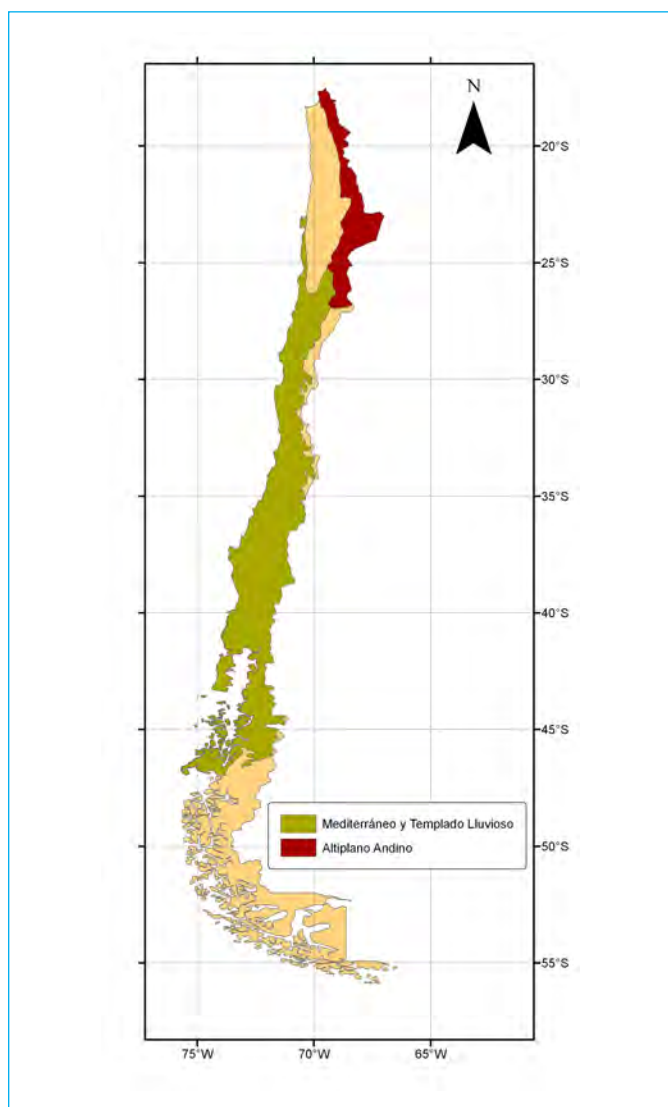
cuentra la agricultura de exportación de la zona central, intensiva en uso de tecnología, pudiendo originar pérdidas económicas más significativas para el país.

### **Biodiversidad**

Los estudios internacionales de respuestas a impactos del cambio climático sobre la biodiversidad desarrollados en los últimos años, muestran que el aumento reciente del promedio de la temperatura del planeta ha inducido una serie de respuestas biológicas y ecológicas en plantas y animales, con un evidente grado de certidumbre sobre las alteraciones en los límites de los rangos de distribución de las especies y su fenología.

El amplio gradiente latitudinal y altitudinal que caracteriza el territorio de Chile genera un comportamiento heterogéneo de las condiciones ambientales que permiten sustentar la diversidad biológica. El patrón climático generado por ambos gradientes posibilita que Chile posea simultáneamente algunos de los sitios con menor precipitación del planeta y áreas con el mayor número de días lluviosos al año.

En Chile, los hotspot de biodiversidad, con prioridad de conservación, son zonas donde se concentra un mínimo de 1.500 especies de plantas vasculares endémicas, una alta proporción de vertebrados endémicos y cuyo hábitat original ha sido degradado de manera importante por la actividad antrópica. Dos áreas del país han sido categorizados como hotspot. La primera corresponde a zonas de clima mediterráneo y templado, mientras que, la segunda, corresponde a la zona altiplánica de Chile, según se presenta en la Figura 9.



**Figura 9.** Mapa de áreas hotspot de biodiversidad en Chile  
Fuente: WWF, 2004

Un estudio realizado por el Instituto de Ecología y Biodiversidad y el Centro de Estudios Avanzados en Ecología y Biodiversidad de la Pontificia Universidad Católica de Chile, financiado por la Conama entre 2009 y 2010, evaluó la vulnerabilidad de la biodiversidad en Chile frente al fenómeno de cambio climático. Metodológicamente, se comparó la distribución actual de las especies y ecosistemas con la distribución esperada en un escenario de cambio climático, para identificar las posibles medidas de adaptación. El análisis de la respuesta al cambio climático por parte de las especies analizadas muestra que, en general, y aun cuando predominan reducciones en el área de distribución de especies para el caso de dispersión limitada, el número de especies que se extinguiría sería bastante reducido (2 especies de flora). Por otra parte, el mayor cambio de unidades de vegetación estimado hacia fines de siglo, ocurriría en la zona central de Chile, el área

donde los ecosistemas experimentarían mayor dinamismo. Por ejemplo, los resultados de la proyección de ecosistemas característicos de la zona central de Chile, indican que las unidades del bosque espinoso mediterráneo interior y el matorral bajo desértico andino presentarían considerables reducciones en su área de distribución. En este contexto, la vegetación del hotspot mediterráneo sería altamente vulnerable a los fenómenos futuros de cambio climático.

### 3.2 ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

El Gobierno de Chile está tomando medidas concretas que apuntan a la adaptación a los efectos del cambio climático en distintos ámbitos del país, como por ejemplo en los recursos hídricos y en el sector silvoagropecuario, según se describe a continuación.

#### Recursos hídricos

Respecto a los recursos hídricos destaca la política de protección y conservación de glaciares aprobada en febrero del año 2009 por el Consejo Directivo (Consejo de Ministros) de la Conama. Esta política plantea que es necesario conocer y valorar los glaciares chilenos en un contexto y realidad nacional e internacional. A ese fin contribuye la creación de un registro nacional de glaciares y otras prioridades de investigación definidas por la Dirección General de Aguas del Ministerio de Obras Públicas que, desde 2008, se encuentra ejecutando sistemáticamente una serie de iniciativas en beneficio de los glaciares chilenos. Esta política pretende establecer medidas para su preservación y conservación, que aseguren la continuidad de los procesos naturales y productivos que éstos sustentan, la generación de servicios ambientales, definir sus tipologías y condiciones de usos permitidos, además de diseñar instrumentos y mecanismos institucionales para su implementación.

#### Sector silvoagropecuario

El sector de la economía chilena que ha desarrollado más acciones en torno a la adaptación ha sido el silvoagropecuario, con una serie de estudios financiados sectorialmente por instituciones del Ministerio de Agricultura (ODEPA y FIA principalmente) y el apoyo de la Conama o el Ministerio del Medio Ambiente en algunos casos, en base a sus propias partidas presupuestarias. Estos estudios han generado información respecto a la vulnerabilidad del sector silvoagropecuario para comenzar a diseñar medidas concretas en el mediano y largo plazo. Ámbitos

relevantes para este sector comprenden el uso y cambio de variedades de cultivo; mejoramiento y adecuación del riego actual; cambios de sistemas de riego; manejo sustentable del recurso agua en el suelo; plantación de árboles; incremento de la disponibilidad de agua; fertilización más eficiente y eficaz; elaboración y aplicación de compostaje; uso e incorporación de residuos agrícolas; uso (no quema) de fuego, manejo rebaño-riego-praderas e infraestructura ganadera.

Respecto a los instrumentos de apoyo y fomento para implementar medidas de adaptación, se estableció que la totalidad de los instrumentos, que existen o se han aplicado en el pasado reciente en Chile, se generaron por motivos distintos al cambio climático, pero ello no implica que no sean pertinentes para apoyar medidas de adaptación o disminución de vulnerabilidad del sector silvoagropecuario.

## 4. MITIGACIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

### 4.1 LA MITIGACIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN EL PAÍS

Chile suscribe la necesidad de la estabilización global de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático, reduciendo las emisiones totales, protegiendo y mejorando los sumideros y depósitos de gases de efecto invernadero, a través de medidas apropiadas de mitigación. El marco bajo el cual el país contribuye a los esfuerzos internacionales se fundamenta en el principio de las responsabilidades comunes pero diferenciadas, buscando tanto cooperar con el objetivo de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) como materializar los potenciales cobeneficios ambientales y sociales para el país.

Aunque Chile es un país con relativamente bajas emisiones a nivel mundial, reconoce que con el desarrollo de su economía en las últimas décadas, la que se espera seguirá

creciendo en forma importante, sus emisiones continuarán aumentando de manera acelerada. Por esto, tiene la voluntad política para actuar y disminuir sus emisiones proyectadas de gases de efecto invernadero, adoptando acciones nacionales financiadas e incrementando el nivel de mitigación en la medida que exista apoyo técnico y financiero de parte de los países Anexo I.

En esta línea, hacia el año 2020, se debiera producir un cambio realista de los actuales niveles de emisión del mundo en desarrollo, a través de la implementación de acciones nacionales apropiadas de mitigación (NAMAs, por su sigla en inglés) en el contexto de su desarrollo sustentable, las cuales deben ser sometidas a procesos de medición, reporte y verificación. Chile se hará responsable de implementar NAMAs unilaterales y NAMAs financiadas con el apoyo de los países Anexo I a través de transferencia de tecnología, financiamiento y formación de capacidad, el que también debe ser sujeto a estrictos procesos de medición, reporte y verificación.

#### Chile y el Acuerdo de Copenhague

- Chile se asoció al Acuerdo de Copenhague el 29 de enero de 2010.
- El 26 de agosto de 2010 Chile presentó información para inclusión en el Apéndice II del Acuerdo: *Chile will take nationally appropriate mitigation actions to achieve a 20% deviation below the "Business as Usual" emissions growth trajectory by 2020, as projected from year 2007. To accomplish this objective Chile will need a relevant level of international support. Energy efficiency, renewable energy, and Land Use and Land Use Change and Forestry measures will be the main focus of Chile's nationally appropriate mitigation actions.*

Chile considera necesario avanzar en forma decidida con pasos concretos hacia una economía más baja en carbono, a partir del compromiso contraído con la Convención. Con este fin, desde el año 2010 el Gobierno se ha dedicado a trabajar en diversos instrumentos que sirvan de sustento para contar con la información apropiada para una correcta toma de decisiones en el ámbito de la mitigación. Así, el Gobierno de Chile trabajará en los próximos años en el diseño e implementación de una estrategia de mitigación de sus emisiones.

Avances concretos que se espera tener en este sentido son:

- El fortalecimiento para la preparación de inventarios de emisiones del país a través de la implementación de una oficina nacional para el inventario de emisiones de gases de efecto invernadero.
- La integración de diversos esfuerzos sectoriales de preparación de proyecciones de emisiones para los próximos años, de modo de contar con una línea de base nacional consensuada por el Gobierno, que permita que los ministerios puedan realizar sus ejercicios de proyecciones de emisiones en forma complementaria y con una base común.
- El levantamiento de información para que Chile pueda producir en el corto plazo NAMAs, especialmente en los sectores de la energía, uso y cambio de uso de la tierra y forestal.

El Gobierno de Chile también espera liderar a partir de 2011 un ejercicio extendido de preparación de escenarios de mitigación de largo plazo, fundado en una metodología desarrollada en Sudáfrica previamente a la COP 15, que considera la inclusión de los diversos actores de la sociedad en la identificación de posibles opciones de acciones futuras en el ámbito climático, estimando sus costos, implicancias sociales y barreras para su implementación. Los resultados de este ejercicio, que tiene un alcance de mediano plazo, esto es, de dos a tres años, se espera que generen la mejor información posible y sirvan para tener en cuenta en la configuración de la política pública en esta materia para el resto del presente decenio.

Por de pronto, ya existen también diversas iniciativas sectoriales lideradas por distintos ministerios, que contienen información preliminar respecto a opciones sectoriales de mitigación en Chile. Estas iniciativas no pretenden ser aún exhaustivas en su análisis, más bien tienen en la ac-

tualidad un carácter indicativo. En torno a éstas, una de las acciones de corto plazo, será buscar una manera de priorizarlas.

## 4.2 ANÁLISIS POR SECTOR

### Sector energía

La política energética del país se basa en el rol normativo y regulatorio que realiza el Estado a través del Ministerio de Energía y sus instituciones dependientes y relacionadas, mientras que el sector privado es responsable de realizar las inversiones en el sector. Esta formulación implica que las definiciones de las políticas tienen una gran incidencia en la limitación del crecimiento de emisiones de gases de efecto invernadero. Entre estas definiciones centrales que ha especificado el Gobierno del Presidente Sebastián Piñera Echenique, se cuentan:

- Incrementar la disponibilidad de energía para satisfacer la demanda que supone un crecimiento de la economía a una tasa promedio del 6% anual hasta el año 2020.
- Aumentar la seguridad del abastecimiento energético de corto, mediano y largo plazo, incentivando proyectos de generación que reduzcan los riesgos de falla, así como reforzando la logística de abastecimiento de combustibles que permita responder a eventualidades y contingencias de manera eficaz y oportuna.
- Promover el desarrollo de inversiones competitivas y sustentables.
- Aspirar a que al año 2020, el 20% de la capacidad instalada de generación eléctrica en Chile derive de energías renovables no convencionales, que constituyen recursos propios y ambientalmente sustentables en términos locales y globales.
- Profundizar la independencia energética y la participación de inversionistas privados en actividades de exploración y explotación de hidrocarburos.
- Perfeccionar la regulación vigente en materia de acceso a recursos energéticos, a efectos de incrementar las inversiones en energías renovables disponibles en el país.
- Avanzar en el desarrollo de estudios y en la consolidación de una institucionalidad que mantengan abierta la opción de desarrollo futuro de cualquier energía costoeficiente.

- Impulsar programas de investigación en el ámbito energético y educar a las nuevas generaciones, inculcándoles una conciencia de ahorro y uso eficiente de la energía.
- Mejorar la información disponible de los recursos energéticos que tiene el país para elaborar una política de promoción de proyectos de eficiencia y ahorro energético.
- Avanzar en la certificación y establecer estándares de eficiencia energética para la construcción de viviendas, artefactos domésticos, iluminación y flotas vehiculares de transporte.

Durante la década que se reporta en la presente comunicación nacional, el Gobierno de Chile ha estado activo en proveer marcos regulatorios apropiados a la mitigación de emisiones de GEI en el sector energético. En este sentido, destacan el incentivo al uso de las energías renovables no convencionales, la Ley de geotermia, la Ley de energías renovables no convencionales (ERNC) de 2008, la franquicia tributaria para sistemas solares térmicos de 2009 y el marco regulatorio para el incentivo al uso eficiente de la energía, que comprende trabajo en etiquetado de eficiencia energética, reglamentación térmica para la vivienda y estándares mínimos de desempeño energético. Varias instituciones se han creado en este periodo al alero del Gobierno de Chile, cumpliendo con implementar este amplio abanico de instrumentos.

Respecto a las ERNC, el Gobierno ha trabajado en desarrollar una política de apoyo a la generación eléctrica competitiva a partir de estas fuentes, a través de la detección de las barreras que impiden o dificultan su implementación, como la baja disponibilidad de información, infraestructura precaria, incertidumbre ante nuevas tecnologías, dificultad de acceso al crédito o, como sucede en algunos casos sectoriales, como la geotermia, impedimentos asociados a los altos costos de exploración, fomentando la creación de líneas de acción dirigidas a remover esas barreras. Pese a todo, Chile ha duplicado en cuatro años su capacidad instalada de ERNC para generación eléctrica, pasando de 286 MW, lo que representaba un 2,4% de la capacidad instalada total a fines de 2005, a 600 MW, equivalente al 4% de la misma a fines de 2009, cifra que continúa incrementándose. Adicionalmente, desde el año 2004 hasta fines de 2009 ingresaron al Sistema de evaluación de impacto ambiental (SEIA) proyectos de ERNC por

un total de 2.553 MW, de estos, cerca de 2.000 MW son proyectos eólicos.

En cuanto a eficiencia energética, por medio de la creación del Programa País de Eficiencia Energética y la Agencia Chilena de Eficiencia Energética se ha permitido desarrollar, programas de preinversión y créditos, generando avances en el sector industrial, residencial, público y comercial.

En el sector energía del país existe un gran potencial de mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero, tanto en su generación como en el consumo. Por otra parte, hay incertidumbre sobre los niveles de penetración de las tecnologías y del mejoramiento de las capacidades técnicas que harían posible aprovechar este potencial. Algunas de las variables que aportan a esta incertidumbre son los futuros precios de las tecnologías, tanto en generación como en consumo, los futuros precios internacionales de los combustibles fósiles, los niveles de crecimiento de la economía nacional, entre otros.

### **Sector silvoagropecuario**

El sector silvoagropecuario - que comprende los rubros forestal, agrícola y ganadero en su conjunto- es reconocido en Chile como carbono neutral. Esto quiere decir que las emisiones contenidas en los inventarios GEI generadas por las actividades agropecuarias, han sido equiparables en toneladas de carbono equivalente a las toneladas de capturas de las actividades forestales.

En los marcos regulatorios e instrumentos de incentivos aplicados por el Ministerio de Agricultura no existe una orientación directa y explícita en torno del tema de cambio climático. Sin embargo, existen diversos instrumentos que el Ministerio ha puesto a disposición del sector, que abordan la mitigación de emisiones GEI en sus ámbitos de aplicación.

El Ministerio de Agricultura ha considerado que es posible aportar a la reducción de las emisiones de GEI, asociadas a las actividades del sector, mediante una mayor eficiencia energética y productiva, mejores prácticas agrícolas de carácter productivo y ambiental, disminución de los incendios forestales y el aumento de la capacidad de captura del sector forestal, esto último a través del manejo sustentable del bosque nativo y la disminución en la degradación de suelos.



### Proyecciones

No existen estimaciones sectoriales oficiales que proyecten las emisiones del sector silvoagropecuario. Para efectos de esta comunicación se presentan proyecciones basadas en los resultados identificados en el estudio "Análisis de opciones futuras de mitigación de GEI para Chile asociadas a programas de fomento en el sector silvoagropecuario" de 2010, que consideran las proyecciones de emisiones de algunos subsectores. Los subsectores analizados fueron ganadería, cultivos anuales y permanentes, suelos degradados y, forestal.

La Tabla 8 muestra las emisiones de GEI totales (Gg CO<sub>2</sub>eq) por año para los subsectores del sector silvoagropecuario

considerados. La tendencia en todos estos subsectores, según indica el estudio, es a aumentar sus emisiones (o disminuir el secuestro en el caso forestal), lo que es una consecuencia directa del incremento en producción, en el caso de cultivos y ganadería, y del nuevo foco que probablemente tendrá el programa *Sistema de incentivo para la recuperación de suelos degradados*, que pone énfasis en actividades productivas. En el caso de las plantaciones forestales, el secuestro anual disminuye principalmente porque año a año la superficie de plantaciones que se forestan es menor. La captura disminuye gradualmente entre los años 2020-2050, donde no hay nuevas hectáreas incorporándose.

**TABLA 8.** Proyección de emisiones de GEI para subsectores seleccionados del sector silvoagropecuario por efecto de uso de instrumentos de fomento

Subsector	2020	2030	2050
	(Gg CO <sub>2</sub> eq/año)		
Forestal	-150,0	-149,4	-96,1
Suelos degradados	-33,8	0	0
Cultivos anuales y permanentes	1.371,1	1.428,5	1.527,2
Ganadería	5.534,4	5.800,3	6.266,6
<b>Total</b>	<b>6.721,8</b>	<b>7.079,4</b>	<b>7.697,7</b>

Fuente: CCG - UC, 2011



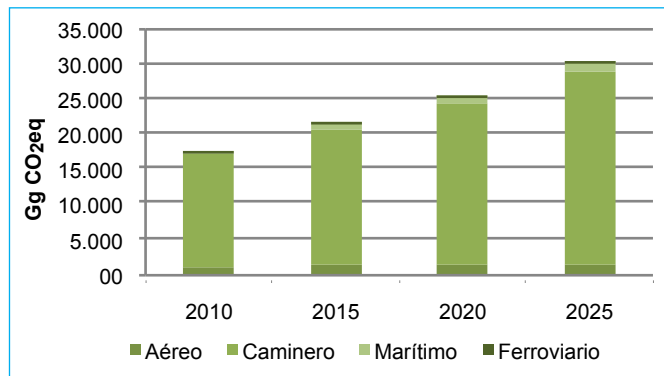
Foto: Ministerio de Agricultura. Gobierno de Chile

## Sector transporte

El sector del transporte en Chile, como en la mayoría de los países del mundo, aporta un alto porcentaje de las emisiones nacionales de GEI, esto se explica por el alto consumo asociado de combustibles fósiles. De acuerdo a cifras del inventario de emisiones de GEI para el año 2006, en Chile las emisiones de CO<sub>2</sub>eq del sector del transporte son causadas mayoritariamente por el transporte caminero (92.3%), seguidas por el transporte aéreo nacional (5.1%), el transporte marítimo nacional (2.2%) y en menor medida por el sector ferroviario (0.4%).

### Proyecciones

Dos estudios encargados en 2009 por el Gobierno de Chile respecto a trayectorias de emisiones y opciones de mitigación en el sector transporte, entregaron proyecciones de emisiones de GEI, mostrando el impacto asociado a la proyección de consumos de combustibles en el sector, estimando una trayectoria creciente (Figura 10).



**Figura 10.** Proyección de emisiones de CO<sub>2</sub>eq en el sector del transporte chileno para el periodo 2010-2025

Fuente: Ministerio del Medio Ambiente, en base a datos de Sistemas Sustentables, 2010

El sector del transporte caminero nacional ha estado especialmente activo en la búsqueda de opciones sectoriales de beneficio ambiental, las que también contribuyen a la mitigación de emisiones de GEI. Éstas se pueden clasificar en:

- Promoción de la penetración de tecnologías vehiculares bajas en carbono.
- Reestructuración del ordenamiento del transporte público urbano.
- Recambio tecnológico de flotas.
- Promoción de alternativas modales.

- Implementación de medidas de eficiencia energética en flotas prioritarias.

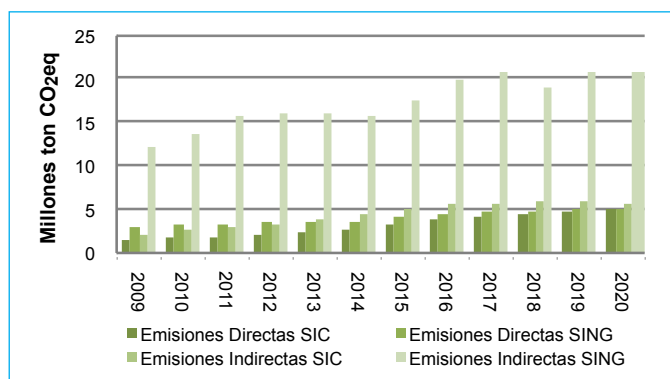
## Sector minería del cobre

Chile es el primer productor de cobre del mundo, contribuyendo con un 34% de la producción del planeta. A nivel nacional, la minería del cobre es de primera relevancia para la economía del país. Así también, la industria del cobre es un consumidor relevante de energía, tanto en consumo directo de combustibles como eléctrico. La explotación y producción del cobre en el país considera una serie de procesos, que van desde la extracción del mineral (mina de rajo abierto o subterránea), pasando por la concentración y refinación, si se trata de minerales sulfurados (línea pirometalúrgica), o bien lixiviación, extracción por solventes y electrodeposición, si se trata de minerales lixiviables (línea hidrometalúrgica). Todas estas operaciones presentan diferentes consumos energéticos.

El enfoque de la mitigación de emisiones para la minería del cobre chileno se ha basado, fundamentalmente, en la exploración de las oportunidades que provee la eficiencia energética en los procesos industriales de las faenas productoras de cobre. La eficiencia energética ha sido una herramienta relevante para este sector, en su afán por producir a costos más bajos y, por tanto, ser más competitivo, convirtiéndolo en un líder sectorial en la aplicación de la eficiencia energética a nivel nacional.

### Proyecciones

Estudios realizados por la Comisión Chilena del Cobre del Ministerio de Minería, reflejan que las emisiones indirectas de la producción del cobre proyectadas -aquellas que se generan producto del uso de electricidad en las faenas mineras- representarían más del 73% de las emisiones del sector (Figura 11). Esto se debe fundamentalmente a la relevancia proyectada de la participación de combustibles fósiles para los sistemas de generación eléctrica del país que abastecen a las principales faenas mineras.



**Figura 11.** Proyección de emisiones directas e indirectas de GEI del sector de la minería del cobre en Chile, por sistema eléctrico

Fuente: Comisión Chilena del Cobre, 2009

### 4.3 ACCIONES TRANSVERSALES

#### Mercados del carbono

Desde la adopción del Protocolo de Kioto en 1997, Chile se ha mantenido muy activo e interesado en promover y ejecutar proyectos bajo el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) del Protocolo, convirtiéndose en un actor relevante a nivel latinoamericano y mundial en cuanto a los proyectos registrados y las metodologías aprobadas. En concordancia con su interés en utilizar el MDL prontamente, Chile estableció su Autoridad Nacional Designada (AND) en 2003, lo que ha permitido otorgar al año 2010 un total de 73 cartas de aprobación nacional. A fines del 2010, la Junta Ejecutiva del MDL había registrado 42 de estos proyectos. Se espera de estos proyectos chilenos registrados lograr una reducción agregada total de 4.957.224 toneladas de CO<sub>2</sub> equiva-

lente. Los proyectos desarrollados en Chile muestran que la tipología más común es la generación eléctrica con hidroelectricidad, seguida por la captura de metano en rellenos sanitarios y en actividades agroindustriales.

#### Huella de carbono

Como parte del trabajo en mitigación de emisiones de GEI por parte del sector silvoagropecuario, el Ministerio de Agricultura encargó durante el año 2009 al Instituto de Investigaciones Agropecuarias del Ministerio de Agricultura un análisis para entregar antecedentes acerca de la huella de carbono de productos agropecuarios chilenos exportables, para contribuir a mantener su competitividad en mercados internacionales. A través del uso de la normativa inglesa (PAS 2050: 2008 BSI, base de la norma internacional ISO 14067) se evaluaron ciclos de vida de variedades específicas de frutas, verduras, cereales, productos lácteos y ganaderos. En general, la principal fuente emisora de GEI, en estos casos, se encuentra en las fuentes de energía, los insumos utilizados y en los propios animales, en el caso de los últimos tipos de productos. En tanto, el aporte relativo del transporte internacional a larga distancia aparece como minoritario en la huella de carbono de los productos nacionales.

Por su parte, durante el año 2010, el Ministerio del Medio Ambiente encargó un estudio para conocer sus emisiones de GEI y diseñar un plan de reducción de su huella institucional, convirtiéndose en el primer Ministerio de Chile en tomar este tipo de acciones.



Foto: Ministerio de Agricultura. Gobierno de Chile

## 5. OTRA INFORMACIÓN RELEVANTE PARA EL LOGRO DEL OBJETIVO DE LA CONVENCION

### 5.1 TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA

En Chile, las políticas y programas de apoyo a la innovación son promovidas por entidades públicas y privadas, las que conforman el sistema de transferencia tecnológica del país. Éste tiene un enfoque de múltiples escalas en función de la operatividad de cada institución, entre las que se distinguen:

- Instancias de coordinación general.
- Instancias ejecutoras.
- Instancias sectoriales y regionales.
- Instituciones de investigación y difusión de tecnologías.

La última década ha sido un periodo de experimentación tecnológica, donde se ha mejorado la identificación de oportunidades para enfrentar el cambio climático, el desarrollo de conocimientos tecnológicos específicos, la participación en mercados tecnológicos emergentes a nivel internacional y la generación de un régimen regulatorio, normativo y de apoyo a la transferencia tecnológica. Las iniciativas del sector público se han concentrado en una serie de instrumentos de fomento e incentivo para la adopción en Chile de energías renovables no convencionales y el desarrollo de la eficiencia energética en distintos sectores emisores de GEI del país, comprendiendo instrumentos de apoyo a etapas de pre-inversión e inversión de proyectos de ERNC y otros instrumentos de apoyo en innovación, financiamiento e inversión. Respecto al sector privado, éste ha participado durante la década muy activamente en la implementación del MDL del Protocolo de Kioto, permitiendo mantener a Chile como un país relevante en cuanto al número de proyectos, considerando el tamaño de la economía nacional.

### 5.2 OBSERVACIÓN SISTEMÁTICA DE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA Y EL CAMBIO CLIMÁTICO

En el país se realiza la observación sistemática del clima y su variabilidad a través del monitoreo de parámetros relevantes meteorológicos, atmosféricos, oceanográficos y terrestres. Para esto se cuenta con equipamiento moderno y medios de comunicación automáticos y con capacidades

propias de operación de equipamiento y procesamiento de la información que actualmente se genera.

En Chile existen programas de observación sistemática del clima a nivel nacional, destacando el rol de las organizaciones de investigación e instituciones de gobierno vinculadas. También instituciones nacionales participan en los sistemas de investigación y observación del clima a escala internacional, pero subsisten brechas identificadas en la investigación y observación meteorológica, atmosférica y oceanográfica, destacando algunas áreas prioritarias en las cuales un conocimiento e información adicional facilitaría una mejor comprensión del sistema climático a nivel nacional y regional.

La creación en 2008 de la Unidad de Glaciología y Nieves dentro de la Dirección General de Aguas del Ministerio de Obras Públicas, ha permitido ejecutar desde el sector público distintas actividades en el ámbito del monitoreo de glaciares, incluyendo el levantamiento de información y su sistematización, para contar con un Registro Nacional de Glaciares, que espera finalizar para el 2011.

### 5.3 PROGRAMAS DE INVESTIGACIÓN

En Chile se impulsan programas de investigación vinculados con los distintos ámbitos del cambio climático, como la ciencia del cambio climático, la vulnerabilidad y adaptación, la mitigación de emisiones y, en forma incipiente, el desarrollo de factores de emisión. Para esto se cuenta con órganos del sector público, que principalmente proveen fondos, y una base de investigadores residentes en centros académicos y de investigación.

Investigadores chilenos también han participado en forma permanente en diversas redes orientadas a la investigación sobre sustentabilidad ambiental y cambio global a escala latinoamericana e internacional y en el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) que es el órgano principal de apoyo científico y técnico para las Naciones Unidas.

Durante la década pasada centros nacionales de investigación han creado o reforzado líneas de investigación en áreas ligadas al cambio climático, como la meteorología, oceanografía, glaciología, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático.

## 5.4 INFORMACIÓN SOBRE EDUCACIÓN, FORMACIÓN Y SENSIBILIZACIÓN ACERCA DEL CAMBIO CLIMÁTICO

Se destacan en Chile los cambios experimentados en la década 2000-2010 respecto de la participación y acceso público a la información sobre cambio climático. Éstos provienen de un marco institucional y de iniciativas para promover el desarrollo de programas educativos y sensibilización pública, e iniciativas y programas específicos ejecutados o planificados en la educación básica, media y superior. Asimismo, se consideran campañas de educación, formación y sensibilización pública, lideradas o promovidas por distintos grupos de la sociedad chilena.

## 5.5 FOMENTO DE CAPACIDADES NACIONALES Y LOCALES EN CAMBIO CLIMÁTICO, RECURSOS FINANCIEROS Y APOYO TÉCNICO

Respecto al fomento de capacidades a nivel nacional y local, en general, éstas han estado enfocadas a mejorar la difusión, promover la educación e investigación sobre cambio climático, mejorar la calidad de la información disponible y las capacidades de observación del clima, conjuntamente, desarrollar capacidades institucionales para

enfrentar los desafíos de mitigación y adaptación, efectuar y transferir tecnologías de mitigación y adaptación, reforzando la cooperación internacional y, estableciendo sinergias entre cambio climático y otros problemas ambientales globales. Con diferentes fines, se han generado en el país capacidades en el sector privado, en las organizaciones no gubernamentales y en organizaciones comunitarias locales.

La colaboración internacional que ha recibido Chile, tanto financiera como técnica, durante la década de reporte, ha sido fundamental en el desarrollo, promoción y fortalecimiento de actividades ligadas al cambio climático en el país. Destacan el Fondo para el Medio Ambiente Mundial o GEF por sus siglas en inglés y sus agencias implementadoras, además, los acuerdos internacionales de cooperación medioambiental firmados por el Gobierno de Chile y las iniciativas bilaterales de cooperación.

El financiamiento que ha proveído el Gobierno de Chile, para la gestión del cambio climático a nivel nacional, permitió la conformación de equipos permanentes abocados a los temas de cambio climático en distintos ministerios y la asignación de presupuestos limitados para la ejecución de sus actividades.

## 6. OBSTÁCULOS, BRECHAS Y NECESIDADES FINANCIERAS, TÉCNICAS Y DE CAPACIDADES

Llevar adelante la gran tarea que significa para Chile cumplir los compromisos establecidos en la CMNUCC implica superar obstáculos y brechas importantes y cubrir necesidades de financiamiento, tecnología y desarrollo de capacidades locales.

Chile, como país en desarrollo, está comprometido a contribuir con los esfuerzos de mitigación y adaptación que se realizan a escala global y nacional. El camino recorrido y los logros alcanzados reflejan el justo equilibrio entre los esfuerzos nacionales y el apoyo internacional. La contribución de ambas partes, nacional e internacional, ha permitido avanzar en aspectos tales como la institucionalidad ambiental, la generación de capacidades técnicas y el desarrollo de nuevas líneas de trabajo. Así, se demuestra que los esfuerzos nacionales deben ser apoyados por los países desarrollados, para lograr el objetivo último de la Convención.

### 6.1 RECURSOS FINANCIEROS Y APOYO TÉCNICO

Con el fin de transitar hacia un desarrollo bajo en carbono, los desafíos centrales se vinculan con generar mecanismos permanentes y suficientes de financiamiento local e internacional, tanto para la ejecución de proyectos de mitigación y adaptación al cambio climático, como para la medición, reporte y verificación de sus reducciones de GEI, fortaleciendo también las capacidades de investigación y desarrollo tecnológico del país.

### 6.2 NECESIDADES SECTORIALES

Se proyecta que en Chile, durante los próximos años, deberá existir trabajo adicional de carácter sectorial para la creación y fortalecimiento de sus capacidades en cambio climático en las siguientes áreas específicas:

- Inventario nacional de emisiones de gases de efecto invernadero.

- Recursos hídricos nacionales afectados por el cambio climático.
- Observación sistemática de la variabilidad climática y el cambio climático.
- Generación eléctrica con fuentes renovables y eficiencia energética.
- Transporte.
- Desarrollo de infraestructura con un enfoque de adaptación al cambio climático.
- Actividad silvoagropecuaria.
- Biodiversidad.
- Sistemas de alerta ante eventos climáticos y gestión de desastres naturales.
- Fortalecimiento de la participación en las acciones nacionales sobre cambio climático.

A partir de 2011, Chile se embarcará en un esfuerzo para implementar las acciones solicitadas por los Acuerdos de Cancún para países en desarrollo, como tomar acciones de mitigación que le permitan alcanzar la meta de desviarse en un 20% por debajo de sus emisiones de referencia proyectadas a partir de 2007 para el año 2020, meta asumida voluntariamente en el Apéndice II del Acuerdo de Copenhague. Los desafíos que se avecinan son sustantivos. Logros progresivos permitirán que Chile avance en una senda de desarrollo sustentable bajo en carbono.



## EXECUTIVE SUMMARY

This Second National Communication has been prepared to fulfill Chile's reporting commitments as a Party to the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). It reports on the national advances made to implement the Convention from February 2000, when the First National Communication was published, through 2010.

In accordance with the guidelines for preparing national communications, this report contains the results of the National Inventory of Greenhouse Gas (GHG) Sources and Sinks, the main advances made in assessing and addressing vulnerability and adaptation to climate change, GHG mitigation measures adopted, and other information

deemed relevant at the national level, taking into account the advances in international negotiations made mainly at the Conferences of the Parties held in 2007, 2009 and 2010. Lastly, it outlines some of the country's barriers, gaps and needs that exist in Chile related to national capacities, financing, and technical support that were identified during the preparation of this report.

This report was prepared by the Government of Chile with funding from the Global Environment Facility and support from the Office of the United National Development Program in Chile, which served as the implementing agency for the project for the preparation of the Second National Communication.

## 1. NATIONAL CIRCUMSTANCES

### 1.1 COUNTRY CHARACTERISTICS

#### Territory

Chile is a tri-continental country with territory that extends along the southwest portion of South America and includes Easter Island in Oceania as well as part of Antarctica to the south. The nation's territory also includes the Archipelago of Juan Fernández, the islands of San Félix, San Ambrosio, and Salas y Gómez, as well as the 200-mile Exclusive Economic Zone with its corresponding continental shelf.

Continental Chile is located between 17° 30' and 56° 30' Latitude South, while Chile's Antarctic Territory covers the area between 53° and 90° Longitude West and the South Pole. It is bordered by Peru in the north, and Bolivia and Argentina in the east, the South Pole in the south and the Pacific Ocean in the west along 8,000 kilometers of coastline.

In addition to its extensive coastline, the country has three main north-south morphological features: the Andes Mountains in the east, the Coastal Mountains in the west, and the Intermediate Depression, which runs between these two mountain chains but is often interrupted by transversal mountain chains. These chains give the country a rugged and broken topography, with flat areas



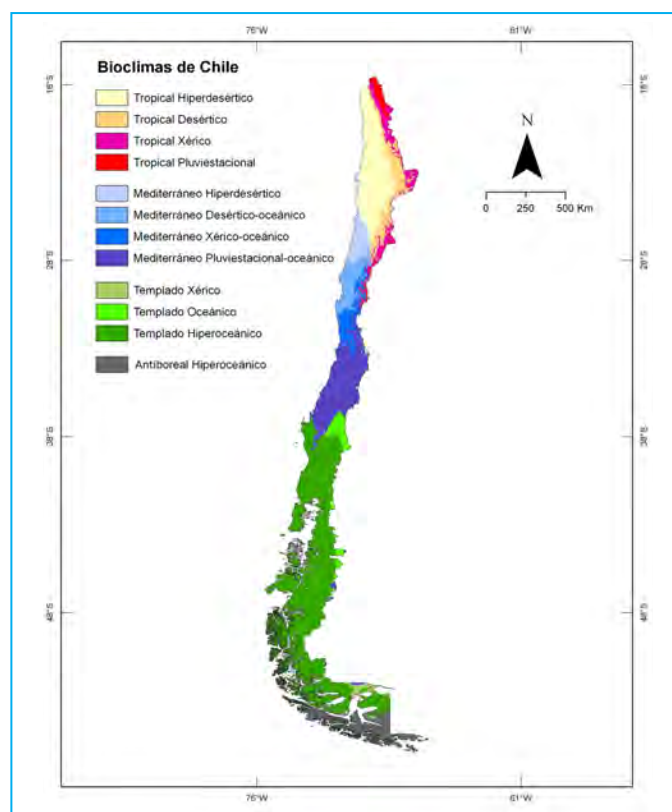
accounting for no more than 20% of the entire continental territory. The country's coastal plains, archipelagos and islands are also populated and are host to important economic activities.

## Climate

Chile has a multiplicity of climates. In general terms, the country has a temperate climate with some variations caused mainly by differences in latitude and altitude. These variations give rise to desert, tropical, mediterranean, temperate, and polar climates, among others.

The Pacific Ocean has a powerful moderating effect on temperature variations in the coastal zone. Recent studies have shown a shift in historic temperature trends, which have decreased along the coast and over the ocean and increased in the Central Valley and the mountains.

Ecologically, the presence of biomass and specific plant formations in a given zone depends on the existing climate. According to Luebert and Plissock, Chile has four macrobioclimate zones: tropical, mediterranean, temperate and antiboreal (Figure 1).



**Figure 1.** Bioclimates of Chile  
Source: Luebert and Plissock, 2006

## Population and social development

Chile's population grew quickly in the 20th Century, but growth has slowed in the past decade and is expected to decelerate even more toward the middle of the 21st Century.

The country's development has improved the quality of life of its inhabitants, and in 2010 Chile ranked 45th globally in the United Nations Human Development Index.

## Economy

Since 1990, Chile has experienced rapid economic growth and diversification and increased its reliance on exports. These developments can be explained by the country's stable government, political institutions capable of generating and maintaining consensus on key issues, and effective public policies.

The effects of the country's export-driven development policy can be seen in its balance of trade, which has been positive since 1999 and grew substantially during the 2002–2007 period. Mining accounts for more than 50% of the total value of all goods exported by Chile. Regarding imports, intermediate goods such as fuel predominate, representing 50% of the total value of imports.



Photo: Ministry of the Environment Government of Chile

TABLE 1. Key indicators

Information		Source
<b>Geography</b>		
Total Area (km <sup>2</sup> )	2,006,096	Military Geographical Institute
Population in 2000	15,397,784	National Statistics Institute
Population in 2010	17,094,275	National Statistics Institute
Projected population in 2050	20,204,779	National Statistics Institute
Rural population (% of the total, 2009)	11%	World Bank
Forested area (2007)	22%	National Forestry Corporation
<b>Human Development</b>		
Human Development Index (2010)	0.783	UNDP
Literacy rate (2008)	99%	World Bank
Life expectancy at birth (2010)	78.8	World Bank
Infant mortality per 1000 live births (2007)	7	World Bank
Potable water coverage (2009)	99.8%	Superintendency of Sanitation Services
Sewerage coverage (2009)	95.6%	Superintendency of Sanitation Services
Public spending on education as a % of GDP (2008)	4.2%	Ministry of Education
Public spending on R&D 2008 (millions 2008 US\$)	351.7	Ministry of Economy
<b>Economic Activity</b>		
GDP (PPP) estimated for 2011 (millions of 2011 US\$)	276,053	International Monetary Fund
GDP (PPP) per capita estimated for 2011 (US\$)	15,866	International Monetary Fund
GDP (PPP) growth in 2009	-0.8%	International Monetary Fund
GDP (PPP) growth in 2010	6.3%	International Monetary Fund
Estimated GDP (PPP) growth in 2011	6 - 7%	Chilean Central Bank
Goods and services exported (% of GDP, 2009)	38%	World Bank
<b>Sectoral Activity</b>		
Renewable energy (% of energy mix in 2009)	29%	Ministry of Energy
Imports of primary energy (% of energy use, 2009)	62%	Ministry of Energy
Consumption of fossil fuel as primary energy (% of total, in 2009)	71%	Ministry of Energy
Water consumption by irrigation (as a % of total national water use)	84.5%	General Directorate of Water

## 1.2 ENVIRONMENTAL POLICY AND INSTITUTIONAL STRUCTURE

### Environmental policy

The country's comprehensive development strategy includes national policies oriented to foster sustainable development. Chile's Constitution guarantees its citizens the basic right to live in an environment free of pollution and makes the State responsible for safeguarding and preserving nature and the country's environmental heritage.

The country faces numerous environmental challenges, however, such as achieving compliance with primary air quality standards in several of its cities. One especially important issue is agricultural soil degradation. The amount of land affected by water and wind erosion, salinity, con-

tamination, gravel extraction and other activities has increased dramatically, and it is estimated that virtually all of the country's soils display some level of degradation. The absence of effective soil management and soil conservation objectives has led to a major loss of fertility as well as much desertification and flooding.

In regard to water resources, freshwater extraction increased by 160% between 1990 and 2002. The Government of Chile estimates that by 2017, water demand by households, mining and industry will have practically doubled over 1992 levels, and agricultural use will have risen by 20%. Water for irrigation accounts for most of the water consumed in Chile, and major advances are being made to use this water more efficiently, with irrigation improvement programs being a central feature of the country's agrarian policies.

## The Ministry of the Environment and the new environmental institutional framework

The year 2010 witnessed the completion of Chile's new environmental institutional structure, a process that began in 2006 and transformed the country's multisectoral model, in which environmental matters were coordinated by the National Environmental Commission (CONAMA), into a more centralized model under the newly created Ministry of the Environment.

Today, the Chilean Ministry of the Environment is the national entity responsible for working with the President of the Republic on the design and application of environmental policies, plans and programs. Also under the purview of the Ministry are all efforts to protect and conserve the country's water, biological diversity, and renewable resources through the promotion of sustainable development and comprehensive environmental policies and regulatory frameworks. One of the Ministry's major areas of responsibility in this context is the development of the country's response to climate change. For the first time the country's legislation includes a government mandate that specifically addresses this issue, affirming that "the Ministry shall be especially responsible for proposing policies and formulating plans, programs and plans of action in the area of climate change" (Art.70, letter h of Law 20.417 of 2010). The Ministry will face major challenges in implementing this mandate on climate change, which is one of five focal areas covered by the country's new environmental institutional framework. To facilitate organizational and administrative aspects, the Office of Climate Change was formally created with its own annual budget and permanent staff to carry out its work.

### Institutional structure for climate change in Chile

In 1994, Chile ratified the United Nations' Framework Convention on Climate Change and subscribed to its Kyoto Protocol, convinced that a global response was required to address a phenomenon with such important environmental consequences, particularly for vulnerable nations like Chile.

Recognizing the need to coordinate local efforts and foreign policy on climate change, in 1996 the Government of Chile issued a Supreme Decree establishing the institution that would address this task. The National Advisory Committee on the Global Climate was composed of representatives of the public and academic sectors and its mandate

provided for including other institutions and private entities. In 2006, the Committee played a key role in preparing the National Climate Change Strategy, the focal areas of which include adaptation, mitigation, and the promotion and creation of capacities. In 2008, the National Climate Change Action Plan was passed, representing a concrete step toward implementing the National Strategy.

In recognition of the issue's importance, and to strengthen inter-institutional efforts, particularly in the context of international climate change negotiations, in 2009 a presidential instruction led to the creation of the Inter-Ministerial Committee on Climate Change. The members of this Committee include representatives from Chile's Environment, Foreign Affairs, Agriculture, Energy, Economy, Finance, Mining, Public Works, and Transportation and Telecommunications ministries. The Committee also has a Technical Group that meets more frequently to address technical issues and advise the ministerial representatives.

In 2010, in order to broaden the exchange of information and expand the dialogue on climate change between the Government and other stakeholders, two working groups were formed: one public-private, the other public-civil society. These groups were formed to increase stakeholder opportunities for involvement and participation in the process to address climate change in Chile.

### National Climate Change Action Plan

In 2008, CONAMA introduced the National Climate Change Action Plan for 2008-2012 as a short-term response to the priorities and objectives of the National Climate Change Strategy. The Action Plan sets out a series of public policy objectives for different public entities with climate change duties and responsibilities. The Plan also serves as guide for industry, the academic sector and non-governmental organizations by setting out the topics that Chilean society as a whole should address in confronting the impacts of climate change. By limiting its implementation period to five years, the Plan is intended as a short-term measure for generating the information needed by the end of the period to prepare longer-term national and sectoral adaptation and mitigation plans. The Action Plan contains some strategic considerations that should be taken into account as Chilean society confronts the challenges of climate change. These can be summarized as follows:

- Climate change as a key issue in Chilean public policy and regulations.

- Adaptation as a foundation for Chile's future development and as an early response to the impacts of climate change.
- Mitigation as a way to improve the quality of growth, reduce overall greenhouse gas emissions and decrease the cost of adaptation.
- Innovation in Chile's financial and business sectors to increase opportunities for investment in mitigation and adaptation projects.
- Assessment of future climate change commitments and their likely effects on international trade for a long-term strategic perspective.
- Development of a basic foundation of climate change-related knowledge to support decision-making. This knowledge will be generated by means of comprehensive research, systematic climate observation, and citizen training, education and awareness-raising.

### Sectoral institutional framework

In the decade covered by this National Communication, several changes in the public sector have strengthened climate change-related actions in Chile. Notable among these are the creation of the Ministry of Energy, which was formed to foster the development of a comprehensive energy policy coherent with the objectives of security, quality and competitiveness of the country's energy supply and local and global environmental protection; the creation in 2009 of the Center for Renewable Energy, to serve as a technological antenna for the development of renewable energies in Chile; and in 2005, the launching of the country's National Energy Efficiency Program, later renamed the Chilean Energy Efficiency Agency. This public-private institution has the mission of promoting, strengthening and consolidating the efficient use of energy and coordinating and implementing public-private initiatives in different sectors that consume energy at the national and international levels.

For its part, the Ministry of Agriculture refocused the efforts of some of its agencies toward climate change, and in 2008 the Ministry created the Council on Agriculture and Climate Change, presided by that institution's highest authority. The Council's other members include representatives from the public, private and academic sectors.

A notable development in the area of water resources was the creation in 2008 of the Glaciology and Snow Unit within the Ministry of Public Works' General Directorate of Water. This Unit is intended primarily to establish and implement a national glaciology program that will develop a glacier inventory, study and monitor glaciers in Chile, define present and future responses to climate change in regard to glaciers, and identify adaptation strategies for different climate scenarios.

## 2. NATIONAL INVENTORY OF GREENHOUSE GAS SOURCES AND SINKS

### 2.1 GLOBAL CONTEXT

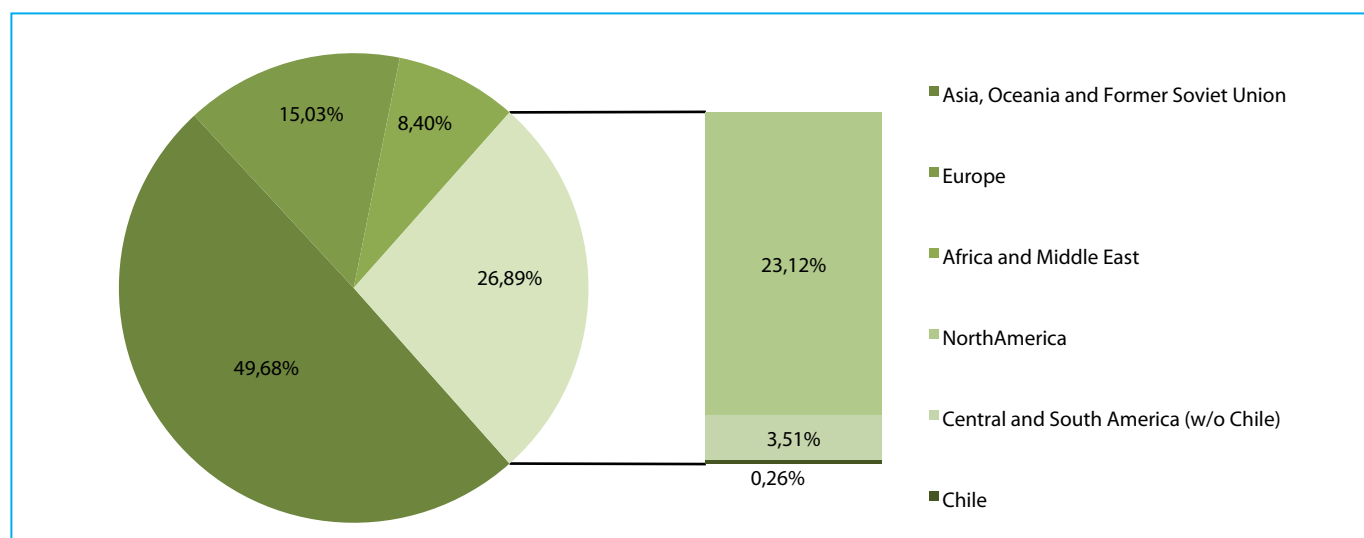
Chile is not a relevant source of greenhouse gases (GHGs). According to international statistics, which consider only national CO<sub>2</sub> emissions from hydrocarbons, Chile accounts for around 0.2% of global GHG emissions, a percentage that has remained stable in recent years. If global emissions from bunker fuels are not accounted, Chile's contribution in 2008 was 0.26% of emissions from all countries (IEA, 2010) as presented in Figure 2. According to the International Energy Agency (IEA, 2010) Chile ranked 61<sup>st</sup> in the world for per capita CO<sub>2</sub> emissions in 2008, producing 4.35 tons CO<sub>2</sub> per person, slightly above the global average of 4.23 tons of CO<sub>2</sub> per person. Nevertheless, the country's emissions are growing significantly, mainly as a result of growth in its energy sector.

### 2.2 METHODOLOGY

The National Inventory of Greenhouse Gas Sources and Sinks (INGEI) presented in this Second National Communication was prepared in accordance with the guidelines for National Communications of the United Nations Framework Convention on Climate Change. It also follows the methodologies proposed by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), as well as the guidelines proposed in the UNFCCC's Decision 17/CP.8, pertinent to non-Annex I countries presenting their second national communication. The revised 1996 IPCC guidelines were used, as well as their 2000 and 2003 codes of good prac-

tice. 2000 was the reporting year, and the formats used were those established under the Convention for annual inventory reports. In addition, the country voluntarily decided to include the results of its 2006 emissions inventory to provide a more up-to-date and relevant reflection of national sinks and sources. The 2006 data represents the most recent inventory information available across all sectors. The report also provides a time series of estimated sources and sinks from 1984 to 2006 for all sectors and subsectors.

A summary of GHG sources and sinks in Chile for 2000 and 2006, expressed in CO<sub>2</sub> equivalents (CO<sub>2</sub>eq) is presented in Table 2. Meanwhile, Figure 3 represents the global CO<sub>2</sub> equivalent trend for the 1984-2006 period, for the five INGEI sectors, as well as the balance of sources and sinks, which in Chile's case is positive for the entire period analyzed. Figure 4 presents the percentage participation of each INGEI sector in Chile for both CO<sub>2</sub> emission and capture.



**Figure 2.** CO<sub>2</sub> emissions global distribution and Chile's contribution in 2008

Source: Ministry of the Environment, based on IEA, 2010

TABLE 2. GHG sources and sinks in Chile for 2000 and 2006

Sector	Type	2000	2006	Variation
		Gg of CO <sub>2</sub> eq	Gg of CO <sub>2</sub> eq	%
Energy sector	Source	51,279	57,806	13%
Industrial processes sector	Source	4,447	5,361	21%
Agricultural sector	Source	13,103	13,401	2%
LULUCF	Sources and sinks	-27,446	-19,386	29%
Waste sector	Source	2,028	2,489	23%
<b>National total</b>	<b>Global balance</b>	<b>43,410</b>	<b>59,672</b>	<b>37%</b>

Source: Ministry of Environment, 2011

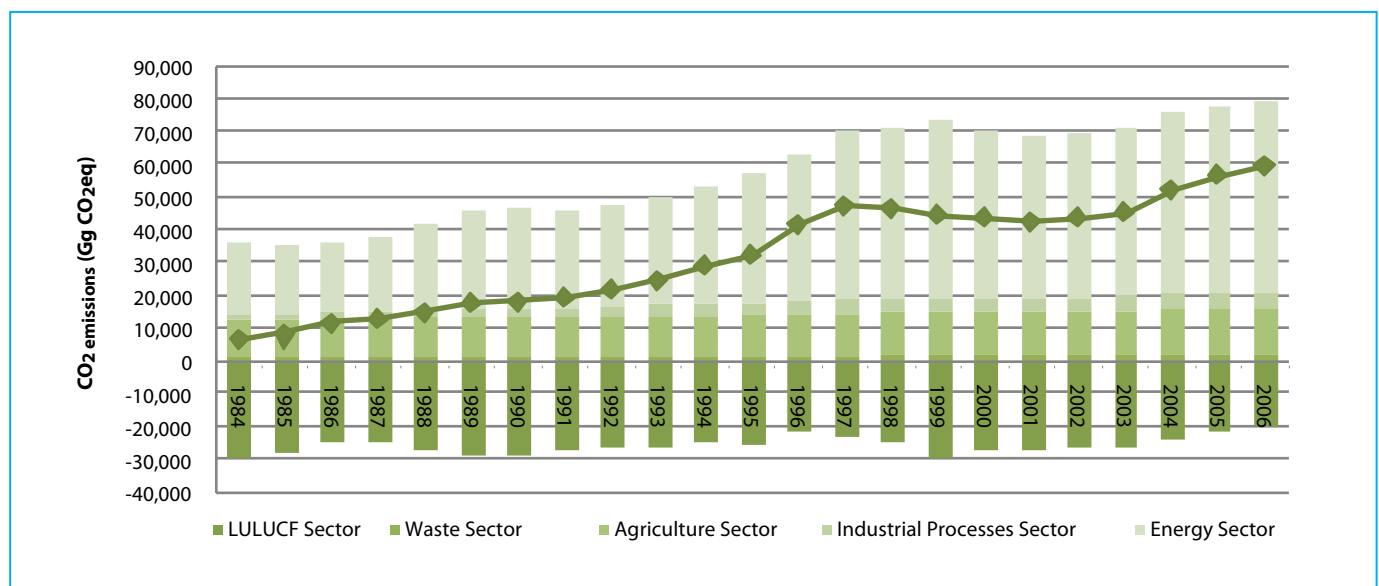
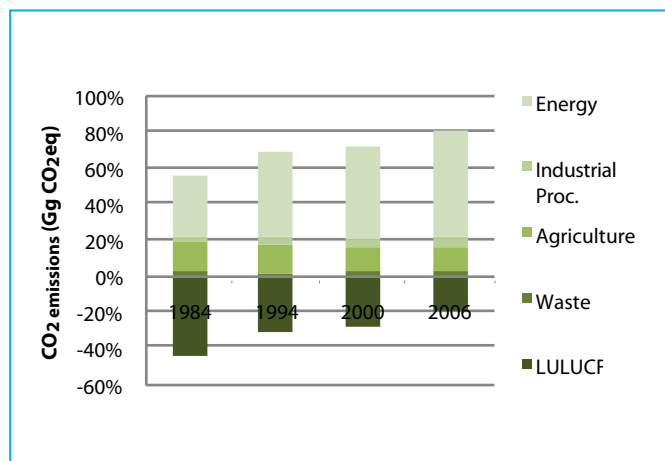


Figure 3. Sectoral contributions and balance of Chile's National GHG Inventory (INGEI), 1984-2006

Source: Ministry of the Environment, 2011

Figure 4. Participation of INGEL sectors in Chile in terms of GHG sources and sinks, in CO<sub>2</sub>eq

Source: Ministry of the Environment, 2011

At the sectoral level, the importance of the Land Use, Land Use Change and Forestry sector (LULUCF) for CO<sub>2</sub> capture in Chile is notable, although net capture gradually decreased from 1984 to 2006. In absolute terms, the energy sec-

tor is a major source of emissions in the country, and its importance is growing.

In regard to sources and sinks for the three main GHGs in Chile's inventory (carbon dioxide, CO<sub>2</sub>; methane, CH<sub>4</sub>; and nitrous oxide, N<sub>2</sub>O), CO<sub>2</sub> accounts for the greatest release of GHGs. In 2000, this gas accounted for 55% of all net emissions of CO<sub>2</sub>eq in the annual inventory, rising to 65% in 2006. For its part, over the same time span (2000–2006), CO<sub>2</sub> capture through natural photosynthetic processes decreased from 29.8 million tons to 22 million tons of CO<sub>2</sub>, according to the emissions estimation methods established for the preparation of inventories. This represents a decrease of 26%. After CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> has the greatest impact on the country's emissions. In 2000, this compound represented 27% of all net releases of CO<sub>2</sub>eq in the annual inventory, compared to 21% in 2006. The agricultural sector accounts for most methane released. N<sub>2</sub>O represented 18% of all net emissions of CO<sub>2</sub>eq in the national inventory in 2000, dropping to 15% of CO<sub>2</sub>eq by 2006. The agricultu-

ral sector accounted for most emissions of this gas in both 2000 (88%) and 2006 (87%).

### 2.3 MEMO ITEMS FOR GHG EMISSIONS

In accordance with the reporting methodology established for Parties GHG emissions under the UNFCCC, some types of emissions do not need to be included in the total reported in national inventories, but can be reported separately from other GHG emissions in a Memo Item. Such emissions of greenhouse gases include those resulting from fuel used for international transport (called bunker fuels) and CO<sub>2</sub> emissions from firewood and biogas burned to generate energy. These are reported in Table 3.

**TABLE 3.** Memo items: GHG emissions not included within the consolidated totals for 2000 and 2006

Type	2000 (Gg)	2006 (Gg)	Variation %
International Transport	3,068	5,275	72%
Firewood and biogas	16,721	18,563	11%

International transport emissions have increased significantly over time, with those originating from international shipping overtaking those from aviation in recent years. This trend coincides with Chile's increasing participation in the international shipping trade, as most of the country's exports are transported by sea.

## 3. CHILE'S VULNERABILITY AND ADAPTATION TO CLIMATE CHANGE

### 3.1 CHILE'S VULNERABILITY TO CLIMATE CHANGE

Chile is highly vulnerable to climate change. The country has an extensive low-lying coastline; arid, semi-arid and forest ecosystems; a susceptibility to natural disasters; areas that are susceptible to drought and desertification; urban zones troubled by air pollution; and mountain ecosystems such as those of the Coastal and Andes mountain ranges. Studies conducted in Chile in recent years on the impacts of and vulnerability to climate change confirm the country's high vulnerability and have added to our knowledge of the phenomenon of climate change and its potential negative effects on our country's plans for sustainable development.

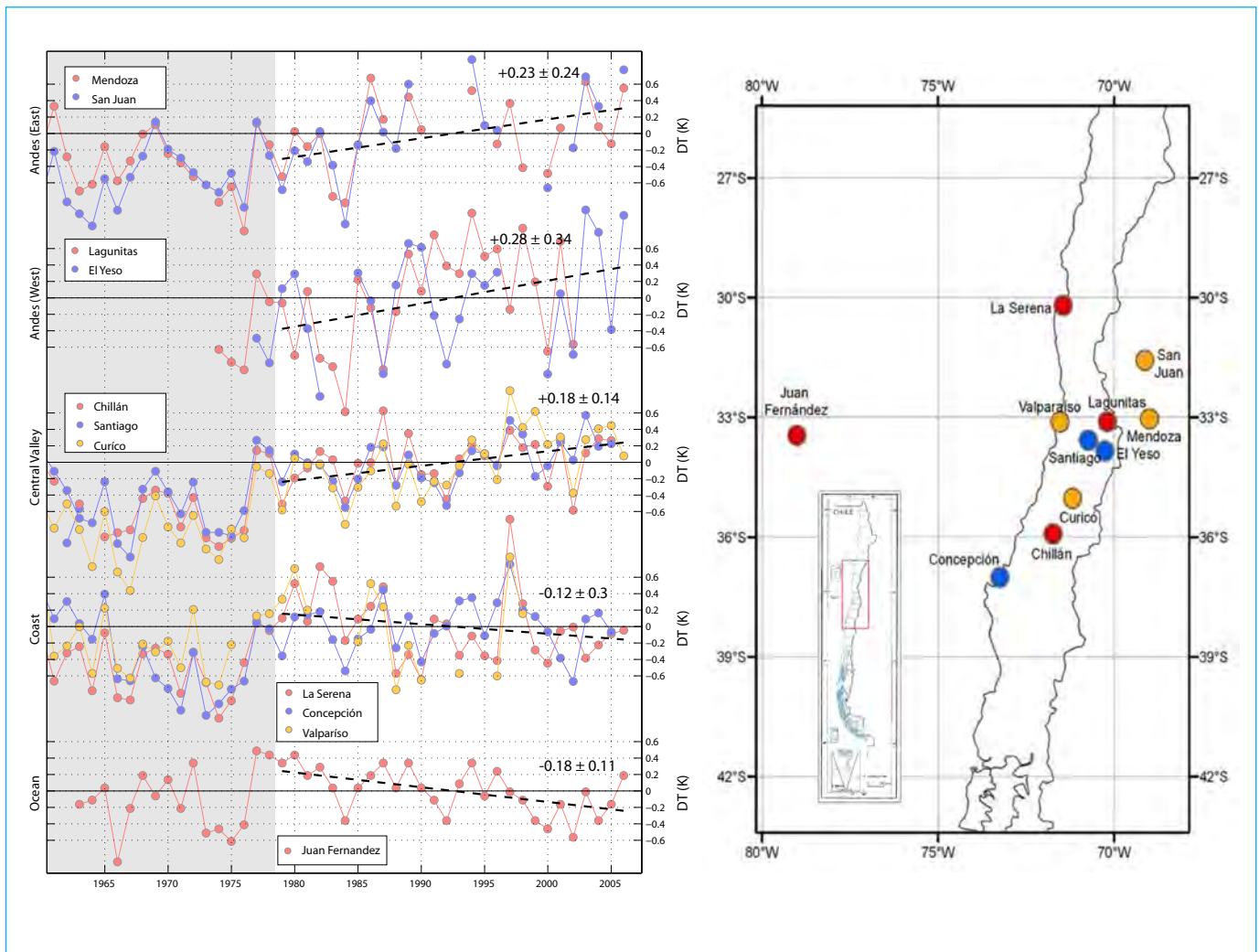
#### Meteorological/climatic variables

##### *Observed trends*

New climate trends are already evident in Chile, as seen in changes in precipitation and temperatures throughout the country. Studies of temperature changes for the period from 1979 to 2006 (Falvey and Garreaud, 2009; Carrasco et al, 2008) report that in the ocean and on the coast temperatures have tended to drop, while those in the Central Valley, and particularly the Andes Mountains—where most of Chile's water resources are stored— have risen (Figure 5).



Photo: Ministry of the Environment Government of Chile



**Figure 5.** Time series data on temperature anomalies in Central Chile  
Source: Falvey and Garreaud, 2009

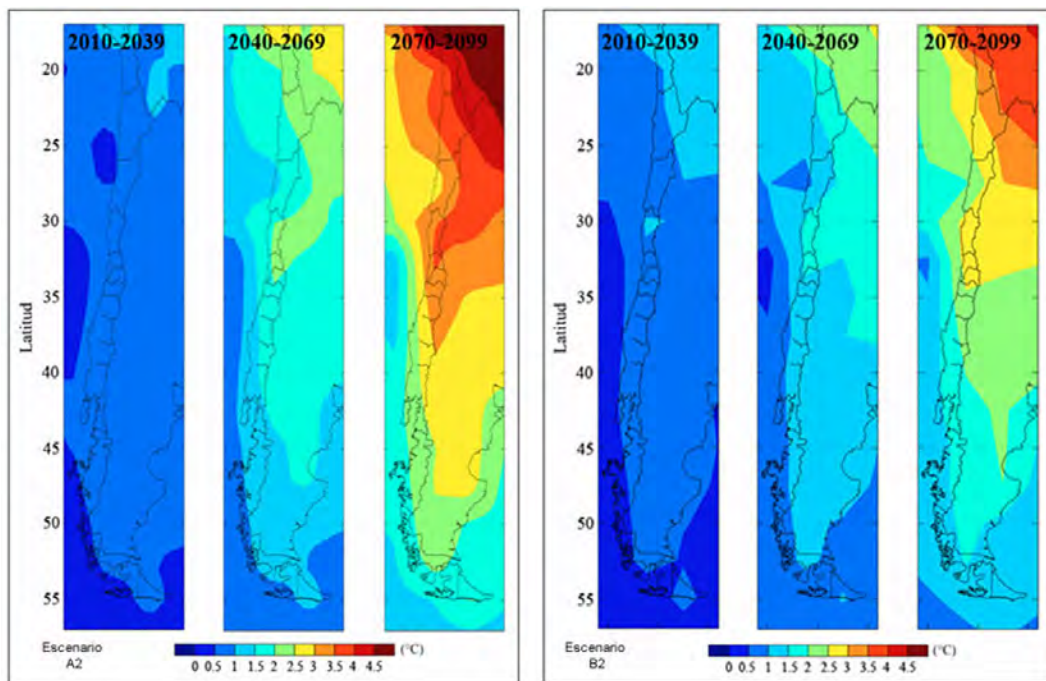
### Projections

To obtain more detailed information on meteorological projections for Chile's territories, in 2006 CONAMA commissioned the University of Chile's Department of Geophysics to conduct a study, entitled "Estudio de la variabilidad climática en Chile para el siglo XXI" (Study of Climatic Variability in Chile for the 21st Century) (U. of Chile, 2006). The study used the PRECIS regional climate assessment model designed by the United Kingdom's Meteorological Office, an instrument that has been widely used in constructing regional climate change scenarios. The exercise considered two of the GHG emission scenarios defined by the IPCC: A2 (severe) and B2 (moderate). The global-scale projections used with the PRECIS model were from the Hadley Centre Coupled Model (HadCM3) global climate model, also developed by the UK Meteorological Office. Modeling of the national scenario considered continental Chile and used a spatial resolution of 25x25 km<sup>2</sup> for the

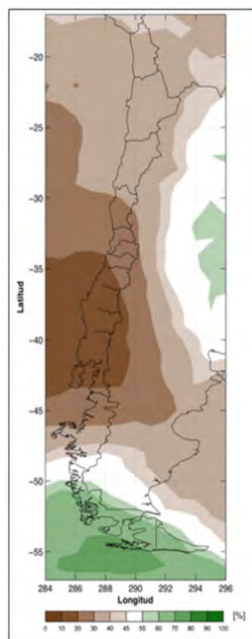
2071-2100 period. As a way of validating the model, modeling for the 1961-1990 period was also used to contrast the surface climate changes associated with scenarios A2 and B2 with data from recent years. Later, near-term projections were also carried out for the periods 2011-2040 and 2041-2070 under the A2 scenario, once again using the global climate model HadCM3 (ECLAC, 2009).

The projections point to an overall increase in temperature (warming) toward the end of the century in all regions, with greater warming under the A2 scenario. Under this scenario, the mean temperature for continental Chile is projected to rise by 2°C to 4°C over its present level, with greater increases in the Andean regions and lower increases toward the south. Only in southern Chile and under scenario B2 are temperatures projected to rise by less than 1°C (Figure 6). Seasonally, there is more warming in summer, exceeding 5°C in some sectors of the high Andes.





**Figure 6.** Projected temperature variation for scenarios A2 and B2  
Source: ECLAC, 2009



**Figure 7.** Percentages from models projecting an increase in precipitation in Chile for the 2010-2040 period  
Source: ECLAC, 2009

### Water resources

In Chile, the availability of water resources is closely tied to the climate, and it is therefore expected that changes in temperature and precipitation predicted by the models used to forecast the continental Chilean climate in the

21st Century will affect these resources, especially under the most severe scenarios (A2).

The expected temperature increases associated with climate change will reduce the mountainous area capable of storing snow over successive years. This occurs as the 0°C isothermal line, or snow line, shifts to higher altitudes, leading to an increase in melt water and river volume during winter months and a reduction in water reserves stored as snow (Carrasco et al, 2005).

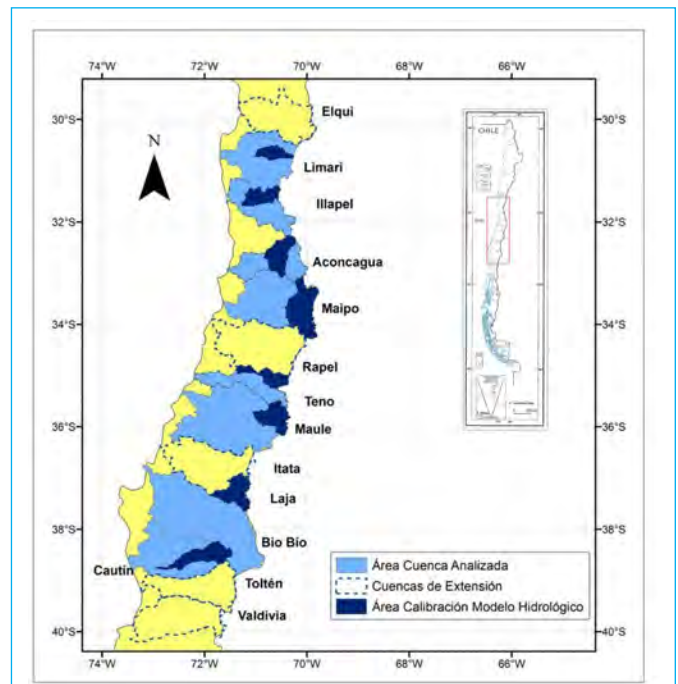
### Glaciers

Glaciers act as strategic water reserves, as they not only supply water to river basins in summer, but are the single most important source of replenishment for rivers, lakes and groundwater in arid regions and during periods of drought. Chile has the highest continental concentration of glaciers in the Southern Hemisphere. According to an inventory supplied by the Glaciology and Snow Unit of the General Directorate of Water, in 2007 the country's 1,835 glaciers composed a total area of 15,500 km<sup>2</sup>. Non-inventoried ice is estimated to cover an additional 4,700 km<sup>2</sup>, meaning that the country has more than 20,000 km<sup>2</sup> of ice reserves, 75% of which is found in the Northern and Southern Patagonian Ice Fields located in the Aisén and Magallanes Regions.

Studies conducted on Chile's glaciers indicate that many of them are in retreat. Of 100 glaciers assessed by Rivera et al. in 2000, 87% displayed shrinkage associated with changes in historic patterns of climatic variables. For example, in the last 50 years the Cipreses glacier, which feeds the Cachapoal River basin with its runoff, has been retreating at a rate of 27 meters per year, 3 times as fast as the rate observed since 1860 (Rivera et al, 2007). It is estimated that increases in temperature and solar radiation in the mountains and decreases in precipitation will continue to shrink the area covered by Andean glaciers; this in turn will continue to impact the availability of water in basins with significant meltwater runoff, mainly those located between the Aconcagua and Cachapoal rivers and some in the north of the country. This effect will become increasingly apparent in summer and fall, when the supply of water from precipitation and melting snow usually falls.

### *Hydrologic analysis of selected basins*

Studies conducted by researchers from the University of Chile and the Catholic University of Chile between 2008 and 2010 used hydrologic models to carry out the first ever quantification of the impacts climate change on water resources in Chile. The research looked at the impacts that predicted changes in temperature, evapotranspiration and precipitation under the A2 scenario of the HadCM3 would have on hydrologic resources eight river basins located along the central valley of Chile, located from the Regions of Coquimbo to La Araucanía. Figure 8 shows the results of this exercise.



**Figure 8.** Map of water basins analyzed in Chile, area of calibration for hydrologic models and related basins

Source: University of Chile, Civil Engineering Department, 2010

In general terms, the results of these modeling exercises forecast major impacts from climate change on water resources, with the available water flow decreasing in all river basins. These reductions will be greater in the most northern and southern regions analyzed (the Limarí and Cautín basins) while the rest of the basins show slight reductions in flow levels in the short-term and significant reductions starting in the mid-term. The results also show variations in the timing of increased flow levels produced



Photo: Ministry of the Environment Government of Chile

by melting snows in some river basins, which in some cases would shift from spring and summer to winter months.

Due to the projected changes in availability and seasonal distribution of the water flows, practically all of the river basins analyzed show a major increase in the number of months with hydrologic deficits, based on a comparison of historic and future monthly flow and stress levels. This will greatly affect the availability of water resources by different productive sectors in Chile, with low-flow levels occurring more frequently.

### Soil resources

Erosion has a significant effect on soil resources in Chile, and therefore on agricultural productivity. Erosion processes are determined primarily by variables such as precipitation intensity, slope and plant cover. Climate change can affect precipitation and plant cover both directly and indirectly, and may accelerate erosion that already affects much of Chile's agricultural land. A study conducted by experts at the AGRIMED Center of the University of Chile analyzed the impact of climate change on soil resources for the territory between the Valparaíso and Los Lagos Regions. Cross-referencing zones with a high erosion risk with areas that would present a decrease in natural plant cover, the researchers identified the zones that were most vulnerable to severe soil loss. The study concluded that parts of Chile's Central

Valley that are highly important for agriculture and forestry could be the most affected by the projected climate change. In irrigated zones, which are generally on flat or very slightly sloped land, soil loss from rainfall erosion is expected to be lower in general.

### Agriculture, livestock and forestry sector

The agriculture, livestock and forestry sector is one of the socioeconomic systems that is most dependent on climate. As such, the study of this sector's vulnerability to the impacts of climate change has been a central concern in Chile recent years. Initial assessments have been focused on determining how this phenomenon will affect the sector's future productivity.

Researchers from the AGRIMED Center of the University of Chile applied the SIMPROC simulation model to evaluate the impact of climate change on irrigated and dry-farmed crops, pastureland and fruit production. The SIMPROC model was calibrated based on current productivity data and then used to analyze the effects of climate anomalies projected under emission scenarios A2 and B2 for two periods, 2046–2065 and 2070–2100, including the impact on water available for irrigation (ECLAC, 2009). The main results, expressed as yields of irrigated and dry-farmed wheat, corn, potatoes, beans and beets sowed at the optimum date as well as impacts on grasslands, fruit and forestry plantations, are presented in Tables 4 to 7.



Photo: Ministry of the Environment Government of Chile

**TABLE 4.** Projected yields of wheat, corn, potatoes, beans and beets under A2 scenario for the 2070–2100 period

Crop	Irrigated	Dry-farmed
<b>Wheat</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>A reduction in yields is expected, mainly in the foothill and coastal zones, where the current potential will drop to levels similar to those of the Central Valley.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>A decrease in yields is expected in northern and central Chile owing to more droughts. On the coast and in the Central Valley, yields will drop by 10 to 20%.</li> <li>From the foothills of the Biobío Region to the south, in all zones a gradual increase is observed in yields on the order of 30%, reaching 100% in some foothill zones of the Regions of Los Ríos and Los Lagos.</li> </ul>
<b>Corn</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>A drop in yields of between 10 and 20% is expected throughout the Central Valley in the Regions of Coquimbo to Biobío.</li> <li>On the coast and in the foothills, yields are expected to rise by up to 50%.</li> <li>In La Araucanía Region to the south, yields will increase from between 60 and 200% above current levels.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Yields will continue to be marginal, with productive potential equaling less than four tons per hectare.</li> </ul>
<b>Potatoes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>In future scenarios, the northern zone will see 10 to 20% lower yields.</li> <li>In north-central Chile to the O'Higgins Region, yields will diminish by up to 30%.</li> <li>Between Talca and Temuco the present situation will continue, but only in the Central Valley, whereas on the coast and in the foothills yields are expected to rise by up to 50%.</li> <li>Yields will increase by up to 150% from La Araucanía Region southward, and up to 200% in the Los Lagos Region.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>In general, and especially in the central zone, low productivity will continue. Increases are expected on the coast of the Biobío Region, and from the Los Ríos Region to the Aisén Region.</li> </ul>
<b>Beans</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Yields of beans will remain stable in future scenarios across the north, central and south-central part of the country. From La Araucanía Region to the south, productivity will increase from 10 to 20%, and up to 100% in the Los Lagos Region.</li> <li>In general, yields will tend to remain similar—around 4.5 tons per hectare per year—across the central and southern zones of the country.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dry-farmed beans will continue to produce the same low yields. However, increases of around 100% are expected on the south-central coast and from Los Ríos Region to Aisén.</li> <li>In Central Chile, planting dates will remain the same. In some places on the southern coast and foothills zones, however, the planting date will shift from October to September.</li> </ul>
<b>Beets</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>In the Central Valley, between the Valparaíso and Maule Regions, yields will increase by up to 50% in some districts.</li> <li>On the coast and in the foothills, yields will drop to levels comparable to the Central Valley.</li> <li>From the La Araucanía Region to the south, the rise in winter temperatures will potentially increase production.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Under the current climate scenario, beets grow better in coastal areas, reaching yields of up to 40 tons per hectare.</li> <li>On the coast between the Maule and La Araucanía Regions, future scenarios show expected yield to decrease by up to 50%.</li> <li>In the Central Valley and foothills, increases in almost all districts are expected from the Valparaíso Region to the south.</li> <li>In the La Araucanía and Los Ríos Regions, changes in fall planting dates are expected, which will allow yields to increase in most districts.</li> </ul>

Source: ECLAC, 2009

**TABLE 5.** Grassland productivity for the A2 scenario for the 2070–2100 period

<b>Grassland</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A drop in annual productivity is expected for grasslands between the Coquimbo and Los Lagos Regions, associated with more intense dry periods.</li> <li>• Toward the south, yields will increase by up to 20%. In the far southeastern Andes Mountains, drops in productivity are expected as a result of a reduction in solar radiation of up to 15%.</li> <li>• In the Altiplano zone, grassland productivity will increase over present levels as precipitation increases, as expected under future scenarios.</li> <li>• In the far south, grassland productivity will increase in the western Andes Mountains as a result of higher rainfall, temperatures and solar radiation.</li> </ul>
------------------	--

Source: ECLAC, 2009

**TABLE 6.** Productivity of fruit plantations under the A2 scenario for the 2070–2100 period

<b>Fruit plantations</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Area suitable for fruit growing could spread south to the Regions of La Araucanía, Los Ríos and Los Lagos.</li> <li>• Species that are highly climate-dependent (grapevines, for example) could undergo changes in their organoleptic properties (aroma, flavor, color), and therefore, in their quality.</li> <li>• In general, temperature increases are expected to prolong the life-cycle of some major pests, which could have serious consequences for fruit health.</li> <li>• Projected climatic conditions could lead to the spread of fungal and bacterial diseases.</li> <li>• Climate changes could increase the potential for growing subtropical species (oranges, for example) in almost all regions.</li> <li>• It is highly likely that climatic conditions under the new scenarios will improve the quality of fruit, as temperature increases may decrease acidity.</li> <li>• In the north of Chile, productive potential will increase considerably, especially in the valleys of the Tarapacá Region.</li> <li>• In the Central Andean foothills, climatic conditions will enable an increase in the economically viable fruit growing area.</li> </ul>
--------------------------	--

Source: ECLAC, 2009

**TABLE 7.** Productivity of forest plantations under the A2 scenario for the 2070–2100 period

<b>Forest plantations</b>	<b>Pinus radiata (Monterey Pine)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• A considerable deterioration of productive potential is expected in the north-central zone (between the Coquimbo and Metropolitan Regions), becoming less severe toward the south, where it may be moderate or slight in the central zone (Metropolitan, Valparaíso and O'Higgins Regions). The deterioration disappears in the La Araucanía Region, where productive potential will actually improve significantly, with major increases between the Los Ríos Region and the Island of Chiloé.</li> </ul>	<b>Eucalyptus globulus</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• A deterioration in productive potential is expected in the Coquimbo Region as a result of decreased precipitation.</li> <li>• Along the central coast, an increase in productive potential is expected due to milder winter temperatures, with a similar expectation for the foothills zone.</li> <li>• From the La Araucanía Region to the south, an increase in productive potential is expected, with notable increases in the Los Ríos and Los Lagos Regions.</li> </ul>
---------------------------	--	--

Source: ECLAC, 2009

### ***Productive and socioeconomic vulnerability and adaptability of the agriculture, livestock and forestry sector***

The productive and socioeconomic vulnerability and adaptability of the agriculture, livestock and forestry sector to climate change were also evaluated in the studies conducted by researchers from Agrimed and the Catholic University. The analyses included intrinsic adaptation by agricultural producers as climate patterns shift. Using the district level as the spatial scale, the following variables were evaluated: changes in land use, changes in net income and changes in labor.

The study concluded that vulnerability to impacts on agricultural productivity is greater in zones with a higher prevalence of annual crops (the valleys of Coquimbo Region, the central valley of Maule Region and southward), while in the Los Ríos and Los Lagos Regions, the greatest vulnerability is due to the lack of irrigation infrastructure. The central regions, where fruit production predominates, are less vulnerable. In terms of social vulnerability, the most affected zones are those that are most intensely agricultural in which the population displays low human development indices, such as the Coquimbo, Maule and La Araucanía Regions. Thirdly, an assessment of economic vulnerability focused mainly on capital invested in supplies and technology, as well as linkages with foreign markets for each subsector. In this case, crops that require more technical management and/or are more profitable are more economically vulnerable, as the potential losses are greater. In this case, results indicate that the effects of climate change on crops grown for export in central Chile

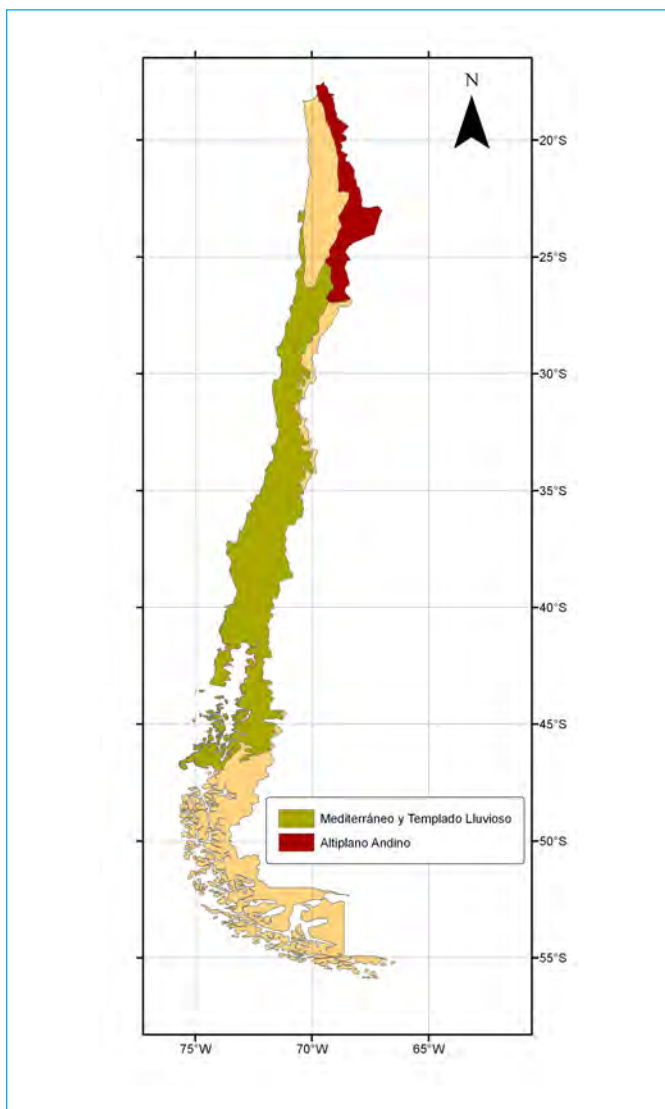
and technologically intensive crops could result in a significant economic loss for the country.

### **Biodiversity**

International studies conducted in recent years on the impacts of climate change on biodiversity show that the recent rise in the average global temperature has induced a series of biological and ecological responses in plants and animals. These studies also predict, with a significant degree of certainty, shifts in species distribution ranges and phenology.

Chile's great range of latitude and altitude leads to a wide variety of environmental conditions that sustain biological diversity. The climatic patterns that result from these two gradients mean that Chile has some areas with the lowest annual rainfall on the planet and others with the highest number of rainy days annually.

Chile's biodiversity hotspots for conservation priorities are zones that concentrate a minimum of 1,500 species of endemic vascular plants and an original habitat that has been significantly degraded by anthropic activity. The two areas of Chile that have been classified as hotspots are the Mediterranean and temperate climate zones and the Chilean Altiplano, as illustrated in Figure 9.



**Figure 9.** Biodiversity hotspots of Chile  
Source: WWF, 2004

A CONAMA-funded study conducted in 2009–2010 by the Institute for Ecology and Biodiversity and the Center for Advanced Studies in Ecology and Biodiversity of the Catholic University assessed the vulnerability of Chile's biodiversity to climate change. Methodologically, the study compared current and expected distribution of species and ecosystems under a climate change scenario to identify possible adaptation measures. Analysis of the way in which species responded to climate change showed that in general, even while most distribution areas will shrink for species with limited dispersion, the number of species that would become extinct is quite small (two species of flora). The greatest variation in vegetation estimated for the end of the century would occur in Chile's central zone, where the ecosystems would undergo greater change. For example, the projection for ecosystems characteristic of Chile's central zone indicate that the area of distribu-

tion of inland Mediterranean spiny forest and low desert Andean scrub formations will be considerably reduced. In this context, the Mediterranean hotspot vegetation appears highly vulnerable to the impact of future climate change.

### 3.2 ADAPTATION TO CLIMATE CHANGE

The Government of Chile is taking concrete steps to promote adaptation to the effects of climate change in different areas such as water resources and the agriculture and livestock sector. The following sections describe some of these measures.

#### Water resources

In regard to water resources, one notable measure has been the glacier protection and conservation policy passed in February 2009 by the Governing Council (Council of Ministers) of CONAMA. This policy promotes the study and appreciation of Chile's glaciers in the national and international context. To this end, a national registry of glaciers was created and a set of research priorities was defined by the General Directorate of Water of the Chilean Ministry of Public Works, which has been systematically implementing a series of initiatives to protect Chile's glaciers since 2008. This policy seeks to establish measures that would preserve and conserve the country's glaciers, in order to ensure the continuity of the natural and productive processes that they sustain and the environmental services they supply. The policy also aims at identifying glacier typologies and conditions for their use and providing for the design of instruments and the institutional mechanisms to implement them.

#### Agriculture, livestock and forestry sector

The area that has implemented the greatest number of actions for climate change adaptation has been the forestry, agriculture and livestock sector, which has undertaken a series of studies financed by agencies of the Ministry of Agriculture (ODEPA and FIA primarily) and supported by CONAMA, or in some cases by the Ministry of the Environment with its own budget. These studies have generated information about the vulnerability of Chile's agriculture and livestock sector with the goal of enabling the design of concrete measures for the medium and long-term. Spheres of action pertinent to this sector include the use and changeover of crop varieties; improvement and adjustment of current irrigation practices; changes in irrigation systems; sustainable management of groundwater;

tree planting; increasing the availability of water; more efficient and effective fertilization; preparation and application of compost; the use and incorporation of agricultural waste; the controlled use of fire; and the management of herd-irrigation-pasture and livestock infrastructure.

In regard to instruments that support the development and implementation of adaptation measures, while it is

true that all instruments that currently exist or have been applied in the recent past in Chile originated to address concerns other than climate change, this does not mean that they are not suitable as adaptation measures for reducing the vulnerability of the agriculture and livestock sector to climate change.

## 4. MITIGATION OF GREENHOUSE GAS EMISSIONS

### 4.1 MITIGATION IN CHILE

Chile affirms the need to stabilize global atmospheric concentrations of greenhouse gases (GHGs) at a level that prevents hazardous anthropogenic interference with the planet's climate system by reducing total emissions and protecting and improving GHG sinks and deposits through suitable mitigation measures. The country's contributions to international efforts in this regard are grounded in the principle of common but differentiated responsibilities and are intended to support the aims of the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) while also generating social and environmental co-benefits within the country.

Although Chile's emissions are relatively low on a global scale, the country recognizes that due to the rate of economic growth over the last decades, which is expected to continue, emissions are expected to increase at a fast pace. For this reason, the Government has the political will

to act to limit the increase in GHG emissions, by adopting nationally financed actions and enhancing the level of mitigation, to the extent that technical and financial support from Annex I countries allows.

In this context, by the year 2020, current emission levels in developing countries must be mitigated through the implementation of nationally appropriate mitigation actions (NAMAs) applied within a framework of sustainable development. These actions should be subject to measurement, reporting and verification processes. Chile will be responsible for implementing unilateral NAMAs and NAMAs supported by Annex I countries through technology transfer, financing and capacity building, which should also be subject to rigorous measurement, reporting and verification processes.

#### Chile and the Copenhagen Accord

- Chile associated itself with Copenhagen Accord on 29 January 2010.
- On 26 August 2010, Chile presented information for inclusion in Appendix II of the Copenhagen Accord: *Chile will take nationally appropriate mitigation actions to achieve a 20% deviation below the "Business as Usual" emissions growth trajectory by 2020, as projected from year 2007. To accomplish this objective Chile will need a relevant level of international support. Energy efficiency, Renewable energy, and Land Use and Land Use Change and Forestry measures will be the main focus of Chile's nationally appropriate mitigation actions.*



In accordance with its commitments under the Convention, Chile considers it is necessary to take firm and concrete steps toward achieving a lower carbon economy. In this context, the Chilean Government began working in 2010 on several instruments that will provide information for decision-making about mitigation. In the next few years, the Government of Chile will design and implement a strategy for mitigating its emissions.

Some concrete advances that are expected in this area include:

- Strengthening capacities related to the country's emissions inventories through the implementation of a national GHG Inventory Office (more details of this can be found in Chapter 6 of this National Communication);
- Integration of sector-specific efforts to prepare emission projections for the coming years, to establish a Government-sanctioned national baseline that will enable ministries to conduct their emission projection exercises in a complementary fashion and from a common foundation;
- Generation of information to enable Chile to produce NAMAs in the short term, especially in the energy and LULUCF sectors.

Beginning in 2011, the Government of Chile will also embark on an extensive exercise to prepare long-term mitigation scenarios based on a methodology developed and applied in South Africa prior to the 15th Conference of the Parties. This exercise will include inputs from different stakeholders in identifying possible future climate actions and estimating their costs, social implications and barriers to their implementation. The exercise will take two to three years and is expected to generate the best information possible for configuring public policy in this area in the remaining years of the decade.

At present, a variety of sector-specific initiatives are already being organized by different ministries to generate preliminary information about possible mitigation actions in Chile. These analyses do not claim to be exhaustive, but are rather intended to be indicative. In any case, one of the steps in the near future will be to look for a way to prioritize these various options.

## 4.2 ANALYSIS BY SECTOR

### Energy sector

The country's energy policy is founded on the legal and regulatory role carried out by the State through its Ministry of Energy and related agencies, with the private sector taking responsibility for the investments. This arrangement means that the way policies are defined does have an impact on limiting increases in greenhouse gas emissions. The following are some of the main definitions that have been identified by the Administration of President Sebastián Piñera Echenique:

- Increase energy availability to meet the rise in demand related to the average economic growth rate of 6% per year projected up to 2020.
- Increase the security of energy supply in the short, medium and long term, by encouraging energy generation projects that reduce the risks of failure and reinforcing fuel supply to enable the effective and timely response to eventualities and contingencies.
- Promote competitive and sustainable investment in the sector.
- Work toward having 20% of the energy generated in Chile supplied by nonconventional renewable energy sources—our own local and global resources—by 2020.
- Achieve greater energy independence and increase private investment in hydrocarbon exploration and development.
- Improve current regulations governing access to energy resources, in order to increase investment in renewable energies in Chile.
- Conduct further studies and strengthen the institutional framework to enable the future development of any cost-efficient energy source.
- Promote research programs on energy and raise the awareness of younger generations about energy savings and energy efficiency.
- Improve information available about the country's energy resources in order to formulate a policy to promote energy efficiency and energy saving projects.

- Advance in energy efficiency certification and establish energy efficiency standards for residential construction, domestic appliances, lighting and vehicle fleets.

In the decade covered by this National Communication, the Government of Chile has been active in establishing a suitable regulatory framework for mitigating GHG emissions in the energy sector. Notable advances in this area include incentives for the use of non-conventional renewable energies, the Geothermal Law and the 2008 Law on Non-conventional Renewable Energies (NCRE). Others include the tax exemption for solar thermal systems in 2009 and the regulatory framework for the energy efficiency incentive, which includes energy efficiency labeling, home heating regulations, and minimum energy performance standards. Over the same decade, the Government of Chile created several institutions to oversee the implementation of this wide range of instruments.

In regard to Non-conventional Renewable Energy (NCRE), the Government has developed a policy that supports competitive energy generation based on these energy sources by identifying barriers to their introduction and creating lines of action intended to remove those barriers. The barriers themselves include a lack of information, precarious infrastructure, uncertainty about new technologies and difficulties in accessing credit. In cases such as geothermal energy, among others, the barriers are associated with the high cost of exploration. Nevertheless, in four years Chile has doubled its installed capacity of NCRE for electricity generation, which rose from 286 MW (representing 2.4% of total installed capacity) in late 2005 to 600 MW (4% of the total capacity) by the end of 2009, and continues to rise. Furthermore, of the energy projects submitted to the Environmental Impact Assessment System in Chile, between 2004 and the end of 2009, 2000 MW of the total 2,553 MW of NCRE projects were for wind power.

In the area of energy efficiency, Chile has channeled most of its efforts through the National Energy Efficiency Program and the Chilean Energy Efficiency Agency. Since 2009, these programs have enabled the implementation of pre-investment and loan programs that have advanced energy efficiency in the industrial, residential, public and commercial sectors.

The country's energy sector has great potential for mitigating GHG emissions in both generation and consumption. On the other hand, there is uncertainty about the penetration rates of these technologies and about the

improvement of technical capacities that will enable these technologies to be taken advantage of in Chile. Some variables that contribute to this uncertainty include the future price of generation and consumption technologies, future international fossil fuel prices, and the rate of national economic growth.

### **Agriculture, livestock and forestry sector**

Chile's forestry, agriculture and livestock sector, is recognized as carbon neutral, meaning that the emissions counted in the GHG inventories from agriculture and livestock activities are less (in tons of CO<sub>2</sub> equivalent) to those captured through forestry activity.

While the Ministry of Agriculture's regulatory frameworks and incentives are not explicitly directed at addressing climate change, the Ministry has made available to this sector several instruments that lead to the mitigation of GHG emissions.

According to the Ministry of Agriculture, GHG emissions associated with this sector's activities can be reduced by increasing energy efficiency and productive efficiency, applying better agricultural practices in both productive and environmental terms, reducing forest fires, increasing the forestry sector's capacity for capturing GHG emissions through sustainable native forest management and decreasing soil degradation.

### **Projections**

As there are no official sector-specific estimates that project emissions for the agriculture, livestock and forestry sector, this National Communication presents projections based on the results of the 2010 study "Análisis de opciones futuras de mitigación de GEI para Chile asociadas a programas de fomento en el sector silvoagropecuario" (Analysis of future GHG mitigation options for Chile associated with development programs in the agriculture, forestry and livestock sector). These include projections of emissions for some subsectors. The subsectors analyzed were livestock, annual and perennial crops, degraded soil, and forestry.

Table 8 shows projected annual GHG emissions (Gg CO<sub>2</sub> eq) for the subsectors considered here. The study indicated that in all of these subsectors, the trend is toward increased emissions (or decreased carbon capture, in the case of forestry) as a direct result of increased agricultural and livestock production and the new focus of the state fun-

ded program *Incentive System for the Recovery of Degraded Soils*, which emphasizes productive activities. For forestry plantations, annual capture decreases primarily because

the area forested is decreasing each year. Without the incorporation of new acreage, carbon capture would decrease gradually between 2020 and 2050.

**TABLE 8.** Projected GHG emissions for selected subsectors of the agriculture, livestock and forestry sector for use in sectoral development instruments

Subsector	2020	2030	2050
	(Gg CO <sub>2</sub> eq/year)	(Gg CO <sub>2</sub> eq/year)	(Gg CO <sub>2</sub> eq/year)
Forestry	-150.0	-149.4	-96.1
Degraded soils	-33.8	0	0
Annual and perennial crops	1,371.1	1,428.5	1,527.2
Livestock	5,534.4	5,800.3	6,266.6
<b>Total</b>	<b>6,721.8</b>	<b>7,079.4</b>	<b>7,697.7</b>

Source: CCG UC, 2011



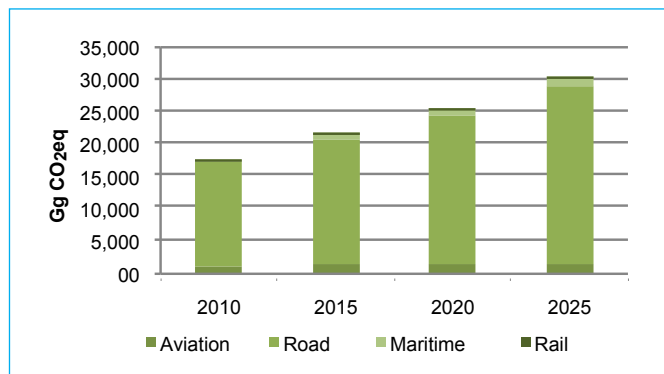
Photo: Ministry of Agriculture Government of Chile

## Transportation sector

Chile's transportation sector, like that of most countries, accounts for a high percentage of national GHG emissions because of its high consumption of fossil fuels. According to figures from the 2006 GHG emissions inventory, emissions of CO<sub>2</sub>e from this sector in Chile are caused mainly by road transport (92.3%), followed by domestic aviation (5.1%), maritime transport (2.2%), and finally rail transport (0.4%).

### Projections

Two studies commissioned in 2009 by the Government of Chile examined emission trends and mitigation options for the transportation sector. They predicted a rise in GHG emissions based on the impact associated with projected fuel consumption in this sector (Figure 10).



**Figure 10.** Projected emissions of CO<sub>2</sub>e in Chile's transportation sector (2010-2025)

Source: Ministry of the Environment, based on information from a study by Sistemas Sustentables, 2010

Chile's road transport sector has been especially active in seeking sector-specific options that benefit the environment and also contribute to mitigating GHG emissions. These options can be classified as follows:

- Promoting the penetration of low carbon vehicle technologies.
- Restructuring the urban transit system.
- Switching the technology of vehicle fleets.
- Promoting alternative modes of transport.
- Implementing energy efficiency measures in high priority fleets.

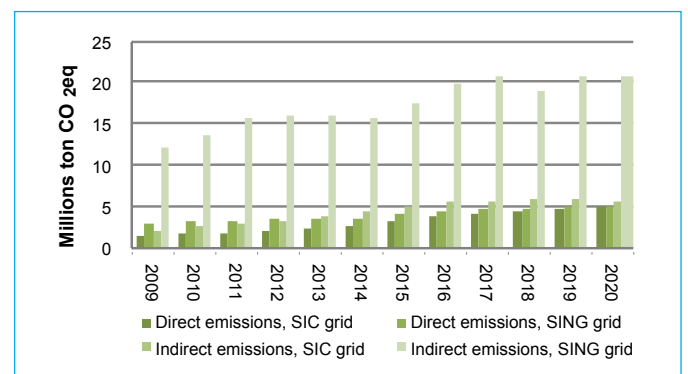
## Copper mining sector

Chile is the largest copper producer in the world, accounting for 34% of global copper production. As such, copper mining is highly important to the national economy. The copper sector is also a major energy consumer, through its direct consumption of fuels and electricity. Copper extraction and production in Chile involves a series of processes that range from ore extraction (from open pit or underground mines), to concentration and refining, to pyrometallurgy in the case of copper sulfide; and to hydrometallurgy (extraction by solvents and electrowinning) in the case of ore that can be lixiviated. These operations consume energy at different rates.

The approach to emissions mitigation in the Chilean copper mining industry has mainly consisted of exploring ways to improve the energy efficiency of industrial processes associated with copper production. Energy efficiency has been an important tool in this regard, as it can lower production costs and thereby improve competitiveness. For this reason the copper industry has been a leader in energy efficiency applications in Chile.

### Projections

Studies conducted by the Ministry of Mining's Chilean Copper Commission show that projected indirect emissions from copper production—those generated by electricity use in mining operations—represent over 73% of the sector's emissions (Figure 11). This is primarily because of the projected importance of fossil fuels in the country's electricity-generating grids that supply the sector's principal mining operations.



**Figure 11.** Projected direct and indirect GHG emissions of Chile's copper mining sector, by electricity grid

Source: "Estudio prospectivo de emisiones de gases de efecto invernadero de la minería del cobre en Chile". Chilean Copper Commission, 2009

## 4.3 MULTI-SECTOR ACTIONS

### Carbon markets

Since the Kyoto Protocol was adopted in 1997, Chile has remained actively interested in promoting and implementing projects under the Protocol's Clean Development Mechanism (CDM), taking a leading role in Latin America and globally in terms of the number of projects registered and methodologies approved. The country took an early interest in making use of the CDM, establishing its Designated National Authority (DNA) in 2003. As of 2010, this office has approved a total of 73 national letters of approval, and by the end of 2010 the Executive Board of the CDM had registered 42 of these projects. The Chilean projects registered are expected to achieve an aggregate reduction of 4,957,224 tons of CO<sub>2</sub> equivalent. The most common projects in Chile are hydroelectric projects, followed by methane capture in landfills and agroindustrial activities.

### Carbon footprint

As part of its effort to mitigate GHG emissions in the agriculture, livestock and forestry sector, in 2009 the Ministry of Agriculture commissioned the Institute for Agriculture and Livestock Studies (INIA) to analyze the carbon footprint of Chilean agriculture and livestock exports, in order to maintain the country's competitiveness in international markets. The English standard (PAS 2050: 2008 BSI, based on ISO 14067) was used to assess life cycles of specific varieties of fruit, vegetables, grains, dairy and animal products. In general, the main GHG emission sources in these categories are energy sources, supplies used, and the animals themselves in the case of animal products. International long-distance transport is a minor contributor to Chile's product carbon footprint.

In 2010, the Ministry of the Environment commissioned a study to characterize its own GHG emissions and design a plan to reduce its institutional carbon footprint, becoming the first ministry to do so.



Photo: Ministry of Agriculture Government of Chile

## 5. ADDITIONAL INFORMATION PERTINENT TO ACHIEVING THE CONVENTION'S OBJECTIVE

### 5.1 TECHNOLOGY TRANSFER

In Chile, policies and programs that support innovation are promoted by public and private entities that together make up the country's technology transfer system. This system operates on different levels, depending on the institutions involved. These different levels include:

- General coordination entities.
- Implementing agencies.
- Sector-specific and regional entities.
- Institutions focused on technology research and promotion.

The last decade in Chile has been a time of technological experimentation, with the identification of more and better opportunities for addressing climate change, the development of specific technical knowledge, the country's participation in emerging international technology markets and the creation of a legal, regulatory, and support framework for technology transfer. Public sector initiatives have produced a series of instruments aimed at developing and encouraging the adoption of non-conventional renewable energies in Chile and the application of energy efficiency measures in different GHG producing sectors. These include instruments of support for the NCRE project pre-investment and investment stages and other instruments that support innovation, financing and investment in this area. Over the past decade, the private sector has also participated very actively in implementing the Kyoto Protocol's CDM, allowing Chile to remain a leader in CDM projects, a notable achievement for an economy of its size.

### 5.2 SYSTEMATIC OBSERVATION OF CLIMATE VARIABILITY AND CLIMATE CHANGE

In Chile, climate and climate variability are systematically observed through the monitoring of key meteorological, atmospheric, oceanographic and terrestrial parameters. This monitoring is carried out using modern equipment and automated communication devices, relying on the country's installed capacity for operating equipment and processing the information generated.

In Chile, systematic climate observation programs are operating at the national level with the close involvement of research organizations and government institutions. National institutions also participate in international climate research and observation systems. However, gaps have been identified in meteorological, atmospheric and oceanographic research and observation, and there are some priority areas in which additional knowledge and information would lead to an improved understanding of the national and regional climate system.

The creation of the Glaciology and Snow Unit under the Ministry of Public Works' General Directorate of Water in 2008 has led to the implementation of several public sector activities to monitor glaciers, including the collection and systematization of information to build a National Glacier Registry, which is expected to be finalized in 2011.

### 5.3 RESEARCH PROGRAMS

Chile has several research programs focused on different aspects of climate change such as climate change science, vulnerability and adaptation, mitigation of emissions, and, still in the early stages, emission factors. Specific public sector agencies support these programs, mainly by providing funding, while investigators situated in academic and other research centers carry out this work.

Chilean researchers also participate on an ongoing basis in several networks oriented toward environmental sustainability and global change, both in Latin America and internationally. Chilean experts also collaborate with the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), the United Nations' principal scientific and technical entity for climate change.

Over the past decade, research centers in Chile have established or strengthened lines of investigation in areas related to climate change such as meteorology, oceanography, glaciology and vulnerability and adaptation to climate change.

### 5.4 INFORMATION ABOUT EDUCATION, TRAINING AND AWARENESS-RAISING RELATED TO CLIMATE CHANGE

Chile has seen some notable changes between 2000 and 2010, especially in regard to public participation in the

climate change debate and public access to information about this phenomenon. Changes in this area have come from institutions and initiatives to promote the development of public education and awareness programs; initiatives and programs geared specifically to primary, secondary and tertiary educational levels; and campaigns for public education, training and awareness led and/or promoted by different segments of Chilean society.

### **5.5 BUILDING LOCAL AND NATIONAL CAPACITIES FOR CLIMATE CHANGE, FINANCIAL RESOURCES AND TECHNICAL SUPPORT**

Capacity building at the local and national levels has generally been focused on improving dissemination of information, education and research on climate change, improving the quality of information available, and increasing capacities for climate observation. It has also sought to develop institutional capacities to respond to the challenges of mitigation and adaptation and to develop and transfer technologies for mitigation and adaptation, reinforcing international cooperation and establis-

hing synergies between climate change and other global environmental problems. Capacities have also been developed in the private sector, among non-governmental organizations, and in local community groups, according to their different interests.

The international technical and financial collaboration that Chile has received during the decade covered in this report has been crucial for the development, promotion and strengthening of activities related to climate change in the country. A notable supporter of these efforts has been the Global Environment Facility (GEF) and its implementing agencies. Support has also come from international environmental cooperation agreements signed by the Government of Chile and from bilateral cooperation initiatives.

The funding that the Government of Chile has provided for managing climate change in the country has enabled the creation of permanent working groups charged with addressing climate change from within their ministries and the allocation of budgets to implement their activities.

## **6. BARRIERS, GAPS AND NEEDS RELATED TO FINANCIAL AND TECHNICAL MATTERS AND CAPACITIES**

For Chile, the important task of fulfilling its commitments under the UNFCCC will involve overcoming obstacles, filling in important gaps, and meeting various needs related to financial and technical matters and the development of local capacities.

As a developing country, Chile is committed to contributing to efforts aimed at mitigating and to adapting to the impacts of climate change that are occurring at the national and global level. The work already done and the achievements made to date reflect the equitable balance between national efforts and international support. This collaboration has enabled such advancements as the establishment of a new environmental institutional framework, the generation of technical capacities and the development of new lines of work. The country's achievements to date demonstrate how national efforts can be supported by developed countries to achieve the ultimate objective of the Convention.

### **6.1 FINANCIAL RESOURCES AND TECHNICAL SUPPORT**

In moving toward low carbon development, Chile's central challenges will revolve around generating permanent and sufficient national and international funding mechanisms for implementing climate change mitigation and adaptation projects and for measuring, reporting and verifying GHG reductions. Other challenges will include strengthening the country's research and development capacities.

### **6.2 SECTOR-SPECIFIC NEEDS**

The list below identifies some areas in which Chile expects to carry out additional sector-specific efforts to establish and strengthen its climate change-related capacities.

- National greenhouse gas emissions inventory.
- National water resources affected by climate change.

- Systematic observation of climate variability and climate change.
- Electricity generation from renewable sources and energy efficiency.
- Transportation.
- Development of infrastructure focused on adaptation to climate change.
- Agriculture, livestock and forestry activities.
- Biodiversity.
- Warning systems for climatic events and natural disaster management.
- Strengthening participation in national climate change actions.

Beginning in 2011, Chile will embark on a campaign to implement the diverse actions required of developing countries under the Cancun Agreements. The country will also take action on mitigation by working to design and implement NAMAs that will allow Chile to follow through on its voluntary commitment to achieving a 20% reduction in its emissions growth trajectory by 2020, as projected from the year 2007. The approaching challenges are significant, but future achievements will allow the country to advance along a path of low carbon sustainable development.





# CAPÍTULO 1

Circunstancias Nacionales



■ FOTO: MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE



## 1. PERFIL GEOGRÁFICO Y DESARROLLO SOCIAL

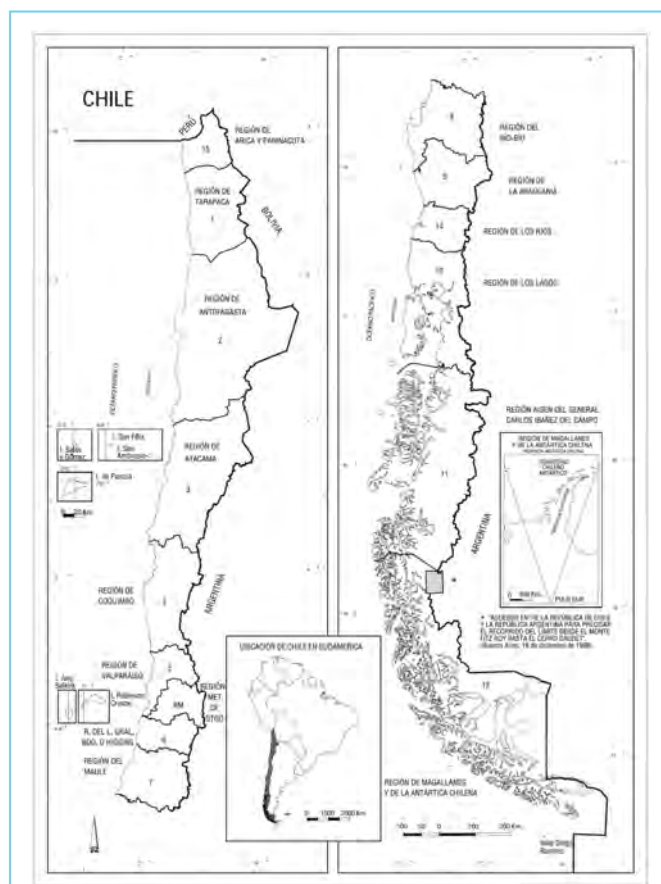
### 1.1 TERRITORIO

Chile es un país tricontinental, cuyo territorio se asienta en la parte occidental y meridional de América del Sur, alcanza hasta la Isla de Pascua en Oceanía y se prolonga por el sur en la Antártica. También forman parte del territorio nacional el archipiélago Juan Fernández, las islas Salas y Gómez, San Félix y San Ambrosio. Además, comprende la zona económica exclusiva de 200 millas y la plataforma continental correspondiente.

El territorio continental de Chile se sitúa entre los 17° 30' y 56° 30' de latitud sur y el Territorio Chileno Antártico comprende el área entre los meridianos 53° y 90° de longitud oeste y hasta el polo sur. Su superficie total es de 2.006.096 km<sup>2</sup>, sin considerar su mar territorial, la zona económica exclusiva y la plataforma continental, y se distribuye en 755.915 km<sup>2</sup> que corresponde a América, 1.250.000 km<sup>2</sup> a la Antártica y 181 km<sup>2</sup> a Oceanía.

Limita al norte con Perú, al este con Bolivia y Argentina, al sur con el polo sur y al oeste con el océano Pacífico, que baña sus costas en una extensión superior a los 8.000 km.

El Territorio Chileno Antártico se encuentra unido al territorio por el arco de las Antillas Australes. El extremo norte de la península antártica se encuentra a sólo 1.000 km de Sudamérica. Por otra parte, la proyección de Chile en Oceanía corresponde a 402 km.



**Figura 1. Mapa de Chile Tricontinental**  
Fuente: INE, 2008

Su relieve posee tres rasgos morfológicos longitudinales: la cordillera de los Andes, al este; la cordillera de la Costa, al oeste, y la Depresión Intermedia entre ambos sistemas montañosos, aunque interrumpida en varias oportunidades por cordones montañosos transversales. Éstos imprimen al país un relieve accidentado y frágil, en el que las áreas planas no superan el 20% del territorio continental. En el litoral, valles, archipiélagos e islas, existen asentamientos humanos y se desarrollan actividades económicas relevantes.

## 1.2 CLIMA

Chile posee una multiplicidad de climas, los que se ven alterados por numerosos factores ambientales, imprimiéndole características muy peculiares al país. No obstante, en términos generales, el territorio nacional presenta rasgos de clima templado, con algunas variaciones esenciales. Éstas se producen fundamentalmente por la latitud y la altura, dando origen al sistema climático desértico, tropical, mediterráneo, templado y polar, principalmente.

La influencia oceánica es un poderoso agente modulador de la amplitud térmica en la zona costera. Debido a ella, las temperaturas presentan una leve oscilación en relación a la variación en latitud, con valores promedios anuales entre los 6°C en el extremo austral, 15°C en la costa central y 17°C en el extremo norte. En cambio, en las zonas de menor influencia costera, la variabilidad y oscilación térmica tienden a ser mayores, mostrando un ciclo anual que sigue el patrón estacional de la declinación solar.

Estudios recientes (Falvey y Garreaud, 2009; Carrasco et al., 2008) han mostrado tendencias históricas de cambios en la temperatura, siendo negativas en el océano y en la costa, y positivas en el valle central y la cordillera para el periodo 1979-2006. Para más detalles ver el capítulo 3.

Con respecto a las precipitaciones, se distinguen tres tipos de distribución en el año. En las zonas centro y centro-sur existe un ciclo anual bien definido, característico de un régimen mediterráneo con un máximo invernal y un periodo estival con un monto significativamente menor, que aumenta hacia el sur. La zona austral, al oeste de la cordillera de los Andes, tiene una precipitación abundante todo el año. Un tercer tipo de ciclo se presenta en la zona altiplánica, con precipitaciones moderadas en verano, que en pocas ocasiones pueden ser intensas.

Al sur de la latitud 30°S, la precipitación muestra una fuerte variabilidad en la escala de tiempo decadal, la cual se

vincula a cambios en la Oscilación del Sur y, consecuentemente, a aquellos derivados de anomalías oceánico-atmosféricas interanuales conocidas como fenómenos de El Niño y La Niña. También es posible detectar la influencia de la Oscilación Decadal del Pacífico. En términos generales, el fenómeno de El Niño está asociado a un aumento en las precipitaciones en la zona centro-sur del país y concuerda con la ocurrencia de los principales desastres de tipo hidrometeorológico (BID-UN, 2007).

A nivel ecológico, la presencia de biomasa y formaciones vegetacionales específicas dependen de los distintos tipos climáticos. De acuerdo a Luebert y Pliscoff (2006), se pueden distinguir cuatro zonas macrobioclimáticas en Chile (Figura 2)

### Macrobioclima tropical

Se extiende desde el extremo norte hasta los 31°S por los altos Andes y desciende en forma diagonal hacia el norte hasta los 23°S en la costa. Reúne los bioclimas tropical pluviestacional, xérico, desértico e hiperdesértico y la variante bioclimática antitropical.

La vegetación y vida animal predominantes son particularmente sensibles a la disponibilidad de agua y se desarrollan sólo en aquellas áreas donde aflora agua subterránea o en valles surcados por pequeñas corrientes que bajan desde Los Andes y que, generalmente, descargan a cuencas endorreicas. La zona tropical pluviestacional comprende todo el altiplano chileno y se caracteriza por precipitaciones regulares en el periodo cálido, las que aumentan en intensidad hacia el noreste, volviéndose de manera progresiva menores e irregulares hacia el sur, por lo que la máxima actividad vegetativa ocurre en los meses cálidos, sobre todo en enero y febrero.

### Macrobioclima mediterráneo

Se distribuye principalmente en la zona central desde la franja costera en la latitud 23°S penetrando hacia el interior en la latitud 25°S hasta llegar a 39°S por la Depresión Intermedia. Esta zona posee diferencias longitudinales, presentando un clima tipo mediterráneo marino en la costa y uno interior seco. Además, muestra diferencias latitudinales, que afectan el régimen pluvial, lo que permite regiones con doce meses de sequía y otras, en el sur, con sólo un mes. Este gradiente se ve alterado en forma local por factores como la humedad elevada y nieblas persistentes en el sector costero en el norte, el aumento de las precipitaciones en el sector preandino o la penetración

de masas de aire de origen marino por los valles hacia el interior.

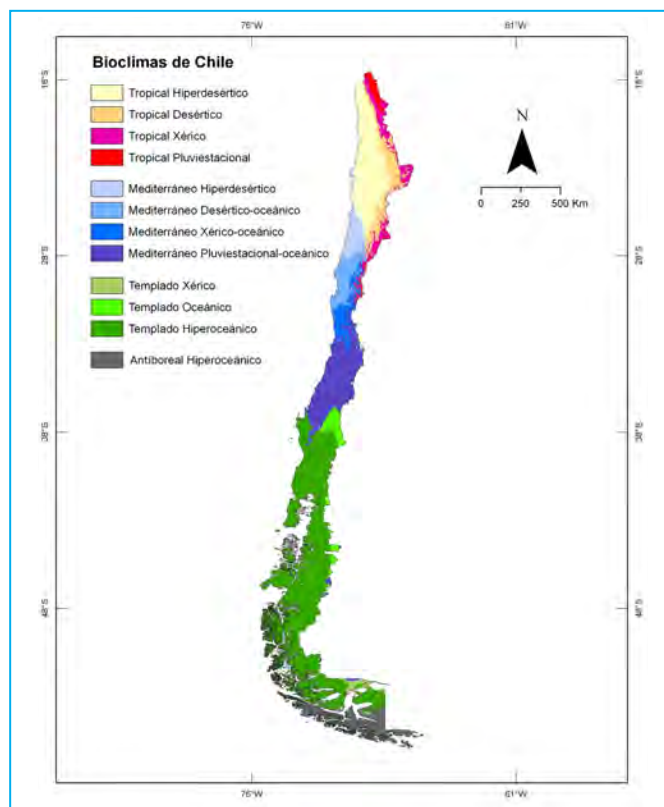
Este macrobioclima cuenta con una amplia gama de tipos de vegetación. Por el norte, dominan las formaciones xerófitas, extendiéndose a arbustos y matorrales en localidades que muestran mayor cantidad de precipitaciones. Hacia el sur, el incremento de las lluvias favorece la proliferación de tipos vegetacionales mesófitos e higrófitos, y la aparición del bosque esclerófilo, típico de Chile central, y el bosque húmedo en la zona centro-sur.

**Macrobioclima templado**

Es el de mayor superficie en el país, extendiéndose desde el límite sur de la zona mediterránea (latitud 39°S) hasta el extremo meridional del país (latitud 56°S), excluyendo el sector sudoccidental de Tierra del Fuego y parte de los archipiélagos magallánicos. Esta zona muestra abundante vegetación, con bosques asociados a un alto nivel de humedad.

**Macrobioclima antiboreal**

Se distribuye a lo largo de la zona sudoccidental de los archipiélagos magallánicos. La vegetación característica corresponde a turberas, bosque y matorral caducifolio, estepas y pastizales marginales.

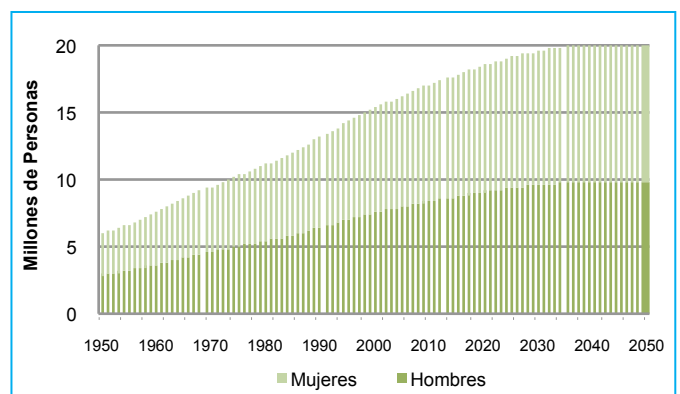


**Figura 2. Bioclimas de Chile**  
Fuente: Luebert y Plischoff, 2006

**1.3 POBLACIÓN**

Chile se divide en quince regiones político-administrativas, siendo, la región, una unidad territorial con características geográficas propias y con condiciones sociales, económicas y culturales en rangos afines. El gobierno central se ubica en la Región Metropolitana, donde se concentra un 40% de la población nacional (presentando la mayor densidad del país (433,5 hab/km²)).

La población chilena experimentó un acelerado crecimiento durante el siglo XX, situación que ha tendido a contraerse durante la primera década del siglo XXI y se proyecta que disminuirá aún más hacia el 2050. El 2009 se estimó una población de 16.928.873 habitantes, siendo un 49,5% hombres y un 50,5% mujeres. Para mediados de siglo se proyecta llegar a 20.204.779 habitantes (9.904.861 hombres y 10.299.918 mujeres) (Figura 3). La densidad poblacional es de 22 habitantes por kilómetro cuadrado. Sólo el 13% de los chilenos vive en áreas rurales y más de 4 millones en el litoral.



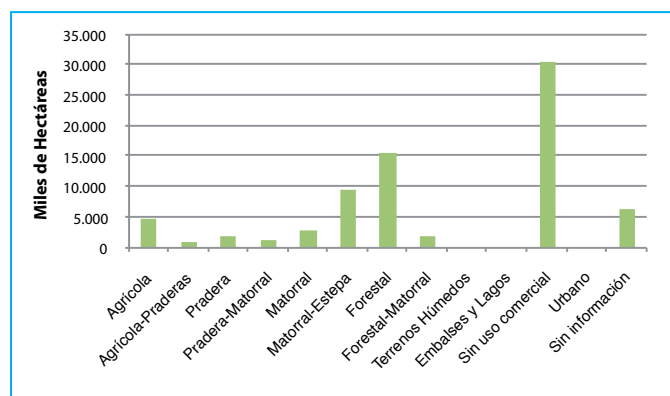
**Figura 3. Crecimiento histórico de la población proyectado por género (millones de personas), periodo 1950-2050**  
Fuente: INE, 2011

La fuerza de trabajo ocupada se encuentra en torno a los 6,5 millones de personas, 40% de ésta se concentra en la Región Metropolitana. Los sectores servicio y comercio constituyen las actividades económicas que ofrecen más plazas de empleo a nivel nacional.

Las condiciones climáticas y geográficas de Chile han condicionado que gran parte de la población habite en los valles de la zona central, situación que ha determinado los patrones de uso de suelo observados en el territorio continental.

La mayor parte del territorio está cubierto por áreas desprovistas de vegetación, praderas, matorrales y bosques (Figura 4). Las áreas urbanas comprenden un mínimo de

la superficie total, pero con una tendencia a aumentar en los últimos diez años.



**Figura 4.** Superficie por tipo de uso de suelo  
Fuente: CIREN, 2004

### 1.4 DESARROLLO SOCIAL

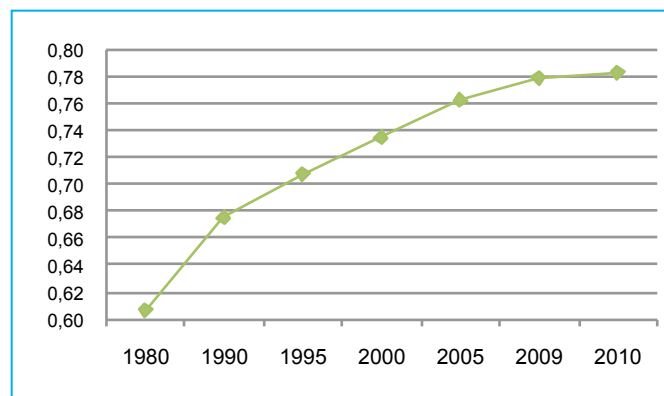
La expectativa de vida de los chilenos llega a los 78,8 años y su tasa de alfabetización porcentual alcanza a 96,5% (PNUD, 2009). Por otra parte, la mortalidad infantil es de 7,9 por cada mil nacidos vivos (Minsal, 2007), mientras que el 95,6% de la población cuenta con alcantarillado y el 99,8% con agua potable.

El desarrollo del país ha permitido una mejor calidad de vida a sus habitantes. La evolución del Índice de Desarrollo Humano (IDH) es prueba fehaciente de estas transformaciones (Figura 5). Entre 1980 y 2010 su IDH creció en un 0,9% anual, pasando desde el 0,607 hasta el 0,783 (Figura 5), lo que ubica al país en la posición 45ª entre los 169 países que cuentan con datos comparables, situándose por encima de la media regional.

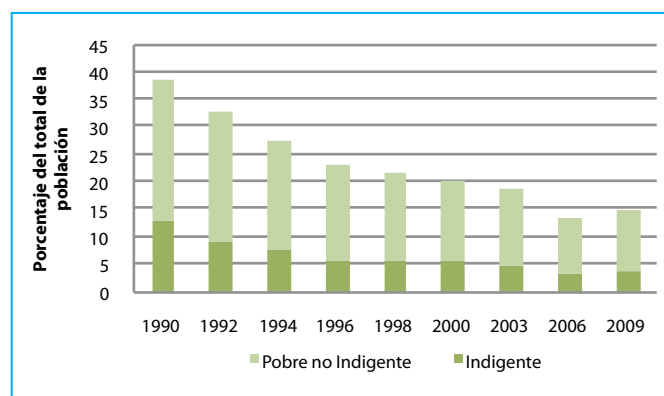
En materia de reducción de la pobreza, la década de los 90 permitió dar un importante paso, disminuyendo en cerca de 20 puntos porcentuales el total de personas en situación de pobreza, según se aprecia en la Figura 6. Durante la última década se ha continuado la tendencia de manera más pausada.

Sin embargo, en materia de distribución del ingreso, a inicios de 2000 el país presentaba una brecha de 38 veces entre el ingreso medio del 10% más rico y 10% más pobre de la población (De Ferrantis et al., 2003). Esta enorme diferencia de bienestar entre los hogares, refleja desigualdades en planos tales como las oportunidades, dotación de capital humano y acceso a activos productivos, entre otros. Pese a lo anterior, la encuesta que periódicamente realiza el Gobierno para el diseño y evaluación de la polí-

tica social de Chile (Mideplan, 2006) mostró en 2006 una fuerte caída de la desigualdad de los ingresos, con una significativa reducción en la brecha entre los deciles más rico y más pobre, alcanzando 28,5 veces; mientras que el coeficiente de Gini se reduce a 52,2 puntos, después de haber fluctuado en torno a 55 puntos en la década del 90 (Larrañaga y Herrera, 2008).



**Figura 5.** Evolución Índice de Desarrollo Humano de Chile  
Fuente: PNUD, 2011



**Figura 6.** Evolución del porcentaje de población en situación de pobreza e indigencia en Chile  
Fuente: MIDEPLAN, 2011

### 1.5 EDUCACIÓN

El sistema educacional de Chile se organiza en cuatro niveles de enseñanza: parvularia, básica, media y superior. El gasto público en educación para 2008 fue de un 4,2 % del PIB (Ministerio de Educación, 2010) y su alcance es prácticamente universal. La tasa neta de matrícula en educación general básica alcanzó el 96,6% de los niños entre 6 y 13 años, la educación media cubrió una tasa neta de matrícula de 80,5% de los estudiantes entre 14 y 17 años y, en la educación superior, el año 2008 se matricularon en carreras de pregrado 768.851 estudiantes (Ministerio de Educación, 2010).

## 1.6 CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN

En materia de ciencia, tecnología e innovación existen tres componentes que interactúan coordinadamente: red de Gobierno, universidades y centros de investigación y organismos privados.

El Gobierno formula las políticas del sistema de ciencia, tecnología e innovación además de apoyar la investigación nacional, a través de organizaciones dependientes de ministerios y entidades autónomas descentralizadas que financian gran parte de las que realizan empresas y universidades. Estas últimas y los centros de investigación efectúan la mayor parte de la investigación fundamental a nivel nacional y parte importante de la aplicada y de desarrollo tecnológico. El sector empresarial, compuesto por empresas públicas y privadas, en tanto, financia un porcentaje importante del gasto nacional en esta área y en desarrollo.

En lo que respecta a algunos índices relativos a fuentes de financiamiento, la Tabla 1 muestra la composición de la matriz de fuentes de financiamiento de 2007 y 2008. Por otra parte, la composición del gasto por las entidades ejecutoras de proyectos se muestra en la Tabla 2, donde es posible distinguir la importante participación de las empresas y las entidades de educación superior como unidades beneficiadas por el financiamiento disponible. En la Figura 7 se presenta la composición del gasto estatal en ciencia, tecnología e innovación, según sector de investigación al 2008.

**TABLA 1.** Gasto en investigación y desarrollo en Chile según sector de financiamiento

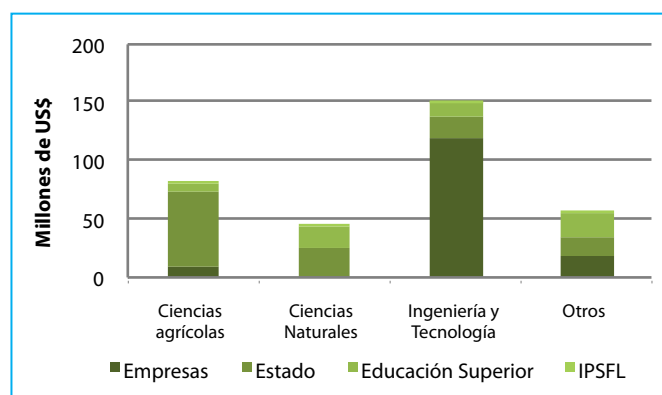
Fuentes de Financiamiento	2007	2008
	MM US\$	MM US\$
Sector empresas	109,1	153,8
Sector Estado	99,9	118,8
Otras fuentes nacionales	59,9	67,4
Sector extranjero	11,7	11,7
Total	280,6	351,7

Fuente: 6ta. Encuesta de Innovación, 3era. Encuesta de I+D y 1er. Censo de Gasto Público en I+D (Minecon, 2009)

**TABLA 2.** Gasto en investigación y desarrollo en Chile según sector de ejecución

Sectores de Ejecución	2007	2008
	MM US\$	MM US\$
Sector empresas	98,0	142,2
Sector Estado	28,0	34,0
Sector educación superior	120,8	143,6
Instituciones privadas sin fines de lucro (IPSFL)	34,7	31,9
Total	281,5	351,7

Fuente: 6ta. Encuesta de Innovación, 3era. Encuesta de I+D y 1er. Censo de Gasto Público en I+D (Minecon, 2009).



**Figura 7.** Distribución del gasto en I+D del sector Estado por disciplina científica, 2008

Fuente: 6ta. Encuesta de Innovación, 3era. Encuesta de I+D y 1er. Censo de Gasto Público en I+D (Minecon, 2009)

## 1.7 TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA

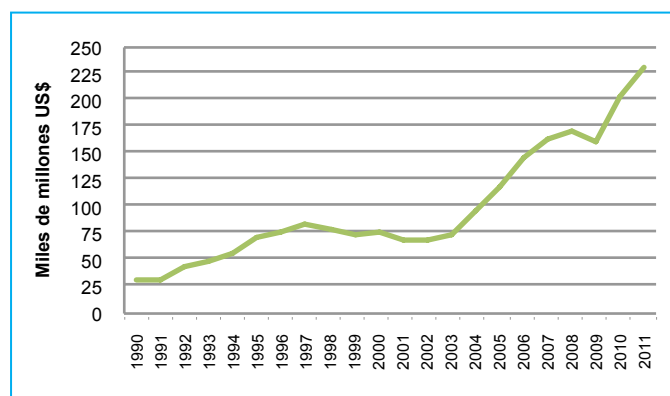
En Chile, las políticas y programas de apoyo a la innovación son promovidas por entidades públicas y privadas, las que conforman el sistema de transferencia tecnológica del país. Éste tiene un enfoque de múltiples escalas en función de la operatividad de cada institución comprometida en el ámbito público o privado. Se describe con detalle en el Capítulo 5 de esta comunicación lo que se refiere a su relación con los temas de la adaptación y mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero, en un marco más amplio de cambio climático.



## 2. PERFIL ECONÓMICO

### 2.1 ECONOMÍA DEL PAÍS

Como se aprecia en las Figuras 8, 9 y 10, en los últimos veinte años Chile ha experimentado un rápido crecimiento económico, progresivamente diversificado y liderado por las exportaciones. Una explicación se encontraría en la adecuada gobernabilidad del país, instituciones políticas capaces de captar y guiar los consensos básicos y políticas públicas apropiadas (Marshall, 2005). De esta forma, la política económica chilena durante los últimos años, se ha enfocado en instrumentos que favorezcan el crecimiento económico y mantengan la inflación controlada y estable. En particular, se destaca que la política fiscal, enmarcada en la política de balance estructural<sup>1</sup> ha continuado jugando un papel estabilizador del ciclo económico chileno.



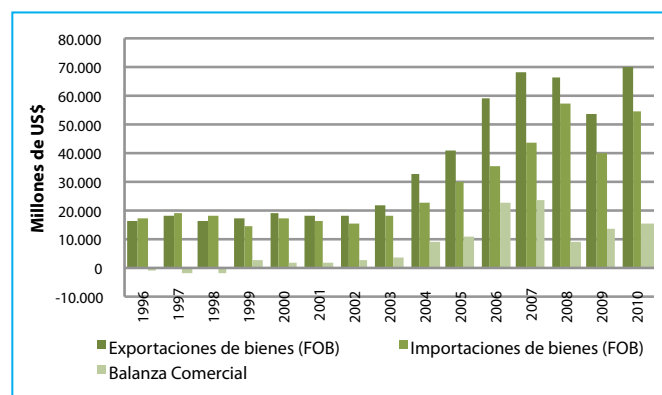
**Figura 8.** Evolución del PIB en miles de millones de dólares, período 1990-2011 (precios al 2011)

Fuente: International Monetary Fund, World Economic Outlook Database, April 2011

Los efectos de la orientación hacia una política de desarrollo con un marcado enfoque en las exportaciones se advierten en la balanza comercial, con saldo positivo desde 1999 (Figura 9). Del valor total de las exportaciones, la minería representa el sector de mayor importancia desde 2003 (Figura 10), aportando más de un 50% del valor total de todos los bienes exportados. En el caso de las importaciones, los bienes intermedios (lubricantes, combustibles y petróleo, entre otros) son los que representan la mayor proporción de bienes importados, correspondiendo a más de un 50% del valor total.

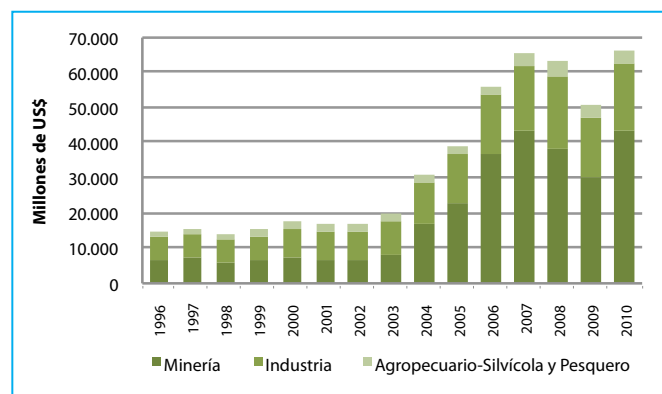
Si bien la economía de Chile se fundamenta en la extracción de recursos naturales (actividad minera y silvoagro-

pecuaria), la suma del aporte de los sectores de servicios financieros y personales, representa la mayor proporción del PIB, seguido de la industria manufacturera. Lo anterior se debe a los encadenamientos hacia adelante y hacia atrás que las actividades primarias desarrollan con el resto de las actividades de la economía como servicios, transporte y comunicaciones, entre otros (Figura 11).



**Figura 9.** Evolución de exportaciones, importaciones y balanza comercial en millones de dólares (FOB), período 1996-2008

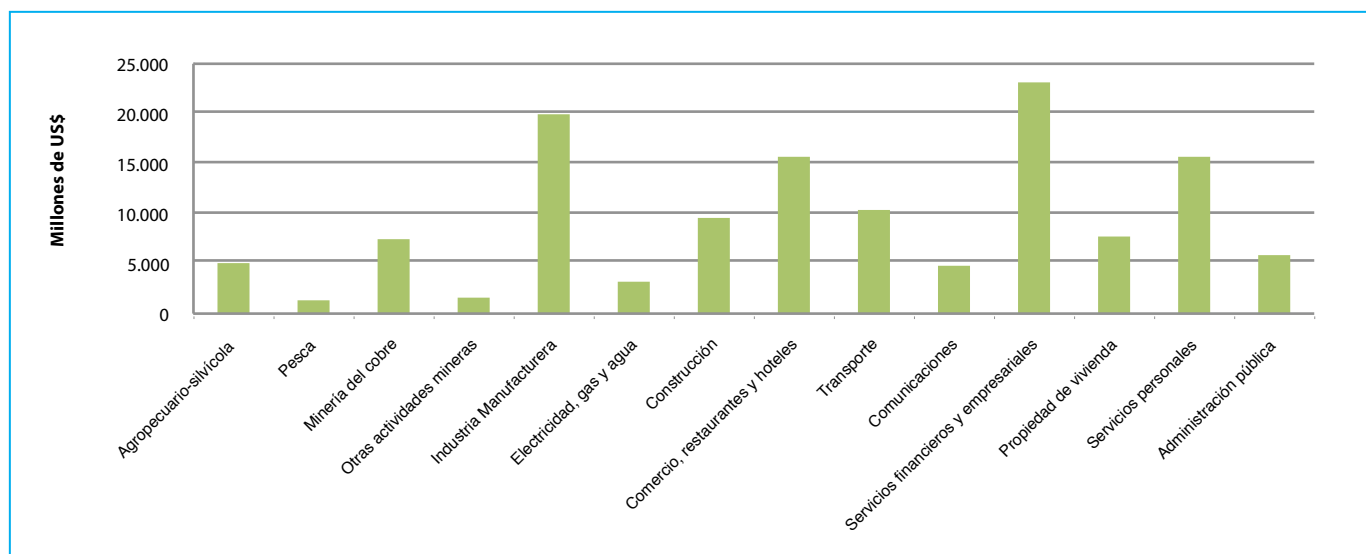
Fuente: Banco Central, 2008



**Figura 10.** Evolución de exportaciones por sector económico en millones de dólares (FOB), período 1996-2010

Fuente: Banco Central, 2011

<sup>1</sup>La política de balance estructural implica estimar los ingresos fiscales que se obtendrían de manera aislada del ciclo económico y, consecuentemente, autorizar un gasto público coherente con dichos ingresos.



**Figura 11.** Producto Interno Bruto por clase de actividad económica en millones de dólares a precios constantes, año 2010 base 2003  
Fuente: Banco Central, 2011

La expansión económica de Chile entre 1997-2007 fue en promedio de un 4% anual (Banco Central, 2009) mayor al 3% que presentó en promedio Sudamérica. Sin embargo, después de varios años de fuerte expansión, se presentó un descenso en el ritmo de la actividad económica asociado a la desaceleración económica mundial, las condiciones financieras más estrictas y un menor nivel de actividad, consumo e inversión, implicando un menor crecimiento económico. Los superávits por cuenta corriente se redujeron al finalizar la primera década del presente siglo como consecuencia de la disminución del precio del cobre durante el segundo semestre de 2008. La tendencia al crecimiento económico, no obstante, se ha retomado en el año 2010 y se espera que para el año 2011 los valores de crecimiento de la economía chilena sean nuevamente altos.

## 2.2 SECTOR ENERGÉTICO

En Chile, las actividades de generación, transmisión y distribución de suministro eléctrico son desarrolladas por empresas privadas, reguladas y fiscalizadas por el Estado. Además, el Estado contribuye con estudios que permiten dimensionar la demanda futura y, por lo tanto, estimar la necesidad de inversiones en generación y transmisión. En el mercado eléctrico participan 37 empresas generadoras, 5 transmisoras y 36 distribuidoras que, en conjunto, suministran una oferta agregada nacional que en 2010 alcanzó a 58.672 GWh (Ministerio de Energía, 2011).

### 2.2.1 Generación eléctrica

La generación de energía eléctrica en el país comprende dos fuentes principales: hidráulica y térmica. Las condiciones geográficas han determinado un sistema de transmisión de energía eléctrica que se caracteriza por cuatro sistemas independientes y cuya suma de capacidades, a finales de 2010, alcanzó los 15.558 MW, que conforman la potencia total instalada del país.

El Sistema Interconectado del Norte Grande (SING) está constituido por centrales generadoras y líneas de transmisión interconectadas que abastecen a las regiones de Arica y Parinacota, Tarapacá y Antofagasta. Aproximadamente 90% de sus ventas son a clientes libres, es decir, clientes mineros e industriales cuyos requerimientos de potencia superen los 2 MW. Según la normativa legal, éstos no están sometidos a la regulación de precios que afecta a los clientes regulados. La capacidad instalada del SING es de 3.574 MW, a diciembre de 2010, con un parque generador eminentemente termoeléctrico constituido en 99,6% por centrales térmicas a carbón, fuel, diésel y de ciclo combinado a gas natural. Sólo existen dos unidades hidroeléctricas, las centrales Chapiquiña y Cavanca, que aportan un 0,4% de la capacidad instalada.

El Sistema Interconectado Central (SIC) es el principal sistema eléctrico del país y abastece a más del 90% de la población. Se extiende desde Taltal (Región de Antofagasta) hasta la Isla Grande de Chiloé, abarcando una superficie de 326.412 km<sup>2</sup>. Según datos de la Comisión Nacional de Energía (CNE), su capacidad instalada a diciembre de 2010

es de 11.845,1 MW, de los cuales 45,10% corresponde a centrales hidroeléctricas, 53,55% a centrales termoeléctricas y 1,36% a centrales eólicas. A diciembre de 2010 este sistema representa el 76% de la potencia instalada del país.

El Sistema Eléctrico de Aysén está localizado en la zona sur del país. Abarca una superficie de 108.494 km<sup>2</sup> con una capacidad instalada de 48,98 MW a diciembre de 2010. Del total 57,2% corresponde a energía termoeléctrica, 38,8% a hidroeléctrica de embalse y 4,0% a energías renovables no convencionales. Este sistema representa 0,3% del total de la potencia instalada del país.

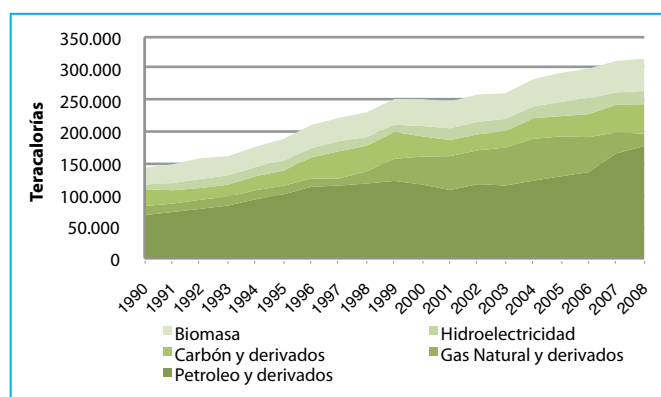
Por último, el Sistema Eléctrico de Magallanes abastece a Punta Arenas, Puerto Natales y Porvenir, abarcando una superficie de 38.400 km<sup>2</sup>. Tiene una capacidad instalada de 89,1 MW, equivalente a 0,6% de la capacidad total del país. El 100% de la energía generada corresponde al tipo termoeléctrica (diésel y gas natural en este caso).

### 2.2.2 Cobertura eléctrica y demanda energética

La cobertura eléctrica nacional alcanzó un 96% en 2009. La mayor parte del progreso en los últimos años ha sido en las zonas rurales, donde el 90% de la población tiene acceso a la electricidad gracias al Programa de Electrificación Rural (PER) administrado por el Fondo Nacional de Desarrollo Regional e implementado por la CNE y que contó con financiamiento del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM).

La demanda energética en Chile está determinada por el consumo final de tres grandes grupos de sectores: transporte, industrial y minero, junto al comercial, público y residencial (CPR). Respecto del año 1980, los sectores del transporte e industrial-minero triplicaron su consumo y en el sector residencial aumentó 2,4 veces.

Destaca la mayor importancia relativa de la energía eléctrica, que en 1980 tenía un 11% de la participación en el consumo final y que alcanzó un 19% en 2006. Por otra parte, el gas natural también muestra un incremento de 5% a 23,42% de participación -entre 1997 y 2004- y que luego decae, llegando al 6,23% en 2008, al reducirse la disponibilidad del gas natural argentino. También se observa una tendencia a la baja en la importancia relativa del uso de leña y derivados del petróleo (Figura 12).

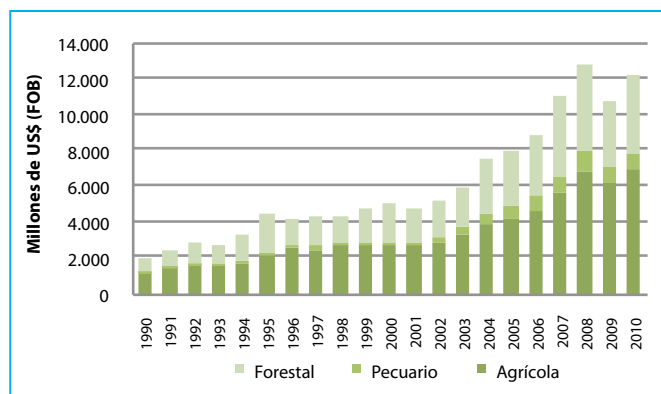


**Figura 12.** Evolución del consumo final de energéticos en el país, periodo 1990-2008

Fuente: Universidad de Chile, Depto. Ingeniería Industrial, 2009.

## 2.3 SECTOR SILVOAGROPECUARIO

El sector silvoagropecuario ha experimentado profundas transformaciones durante las últimas décadas. Desde los 80 el sector ha consolidado una exitosa internacionalización, en el marco de una estrategia de desarrollo que se funda en la plena apertura de la economía al exterior y en el ordenamiento de la actividad productiva sobre la base de sus ventajas comparativas y el desarrollo de ventajas competitivas (Odepa, 2005). La Figura 13 muestra la evolución de las exportaciones silvoagropecuarias desde 1990 a 2010, por subsector.



**Figura 13.** Evolución de las exportaciones silvoagropecuarias, 1990-2010

Fuente: Ministerio de Agricultura, Odepa, 2011.

Como resultado de estas transformaciones, el sector agroalimentario se ha constituido en uno de los pilares del desarrollo económico y en muchos rubros ya tiene importancia internacional. Las frutas y hortalizas, las semillas, el vino y la agroindustria representan un componente significativo en la oferta exportable chilena, consolidando una participación del 18,3% en 2008, dos tercios de ésta corresponden a productos industriales. A ello se agrega la reciente penetración de los productos lácteos y las carnes rojas en los mercados externos.

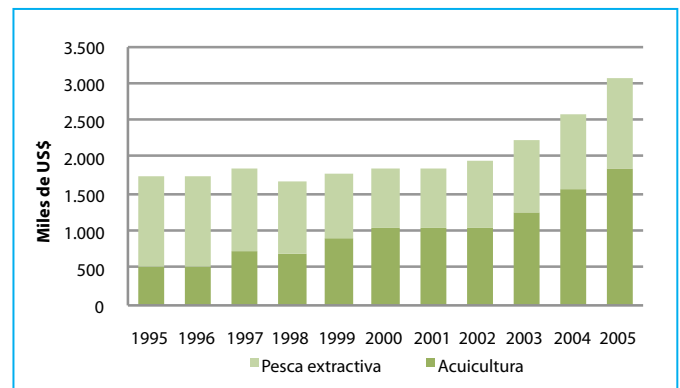
La superficie agrícola representa cerca de un 5% del territorio nacional, con una alta concentración en la zona central. Según cifras del VII Censo Nacional Agropecuario y Forestal de 2007, la superficie cultivada se encuentra estabilizada en torno a las 8,5 millones de hectáreas, las cuales han cambiado su estructura productiva durante las dos últimas décadas, aumentando la proporción de tierras orientadas a la producción frutícola y vitivinícola. La superficie regada corresponde a un 13% de la superficie agrícola total, presentando una tendencia de aumento en el uso de sistemas de riego tecnificado en reemplazo de los convencionales.

Estadísticas de la Corporación Chilena de la Madera (Corma, 2008), indican que el sector forestal chileno cuenta con una superficie de 15,7 millones de hectáreas, de las cuales 13,6 millones corresponden a bosque nativo y 2,1 millones a plantaciones forestales. La industria forestal chilena basa su actividad principalmente en plantaciones de las especies *Pinus radiata*, *Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus nitens*. En Chile se plantan anualmente alrededor de 45.000 hectáreas nuevas y se replantan aproximadamente 60.000 hectáreas, lo que garantiza la sustentabilidad productiva del sector.

## 2.4 SECTOR PESQUERO

La extensión costera de Chile le otorga una condición privilegiada desde el punto de vista pesquero. En la zona económica exclusiva (200 millas náuticas) de sus miles de kilómetros de costas, se encuentran ecosistemas altamente productivos, que otorgan ventajas prácticamente únicas en el mundo para la producción de recursos pesqueros altamente valorados y demandados en los mercados mundiales. La principal explotación se asocia a la producción de salmón, seguida por la extracción de choritos, algas, ostiones, abalones, ostras japonesas y chilenas, entre otros.

Dependiendo del origen de la materia prima, el sector se subdivide en dos grupos: extractivo (industrial y artesanal) y acuícola. La acuicultura ha presentado un gran crecimiento en los últimos años, liderada por el auge del sector salmonero (Figura 14).



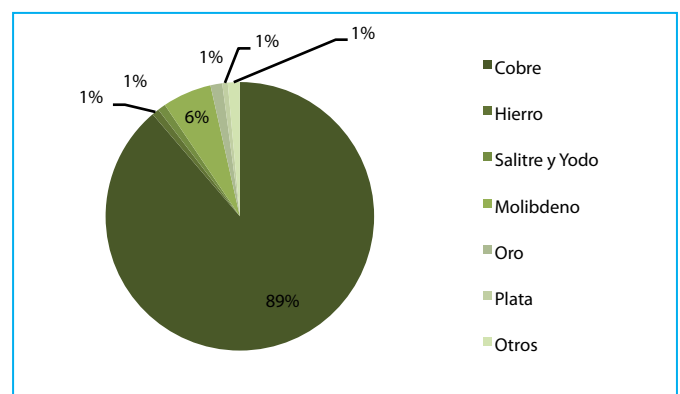
**Figura 14.** Valorización de recursos pesqueros en miles de dólares

Fuente: Subsecretaría de Pesca.

## 2.5 SECTOR MINERO

Chile es un país de grandes reservas de minerales. En la minería metálica destaca la producción de cobre, hierro, molibdeno, manganeso, plomo, zinc, oro y plata (Figura 15). De estos productos, los de mayor interés son el cobre y molibdeno, siendo este último un subproducto de la obtención de cobre. Como resultado de esta abundancia, la minería ha sido por varias décadas la principal actividad productiva del país.

La propiedad de la minería del cobre se encuentra compartida entre empresas privadas y del Estado. Destaca la empresa estatal autónoma Corporación Nacional del Cobre (Codelco), la más grande del país en la minería del cobre y la principal productora del mundo.



**Figura 15.** Participación productos mineros en embarques de exportación

Fuente: Ministerio de Minería, 2011.

A manera de síntesis, la Tabla 3 presenta algunos indicadores claves para Chile según se han detallado en este capítulo.

**TABLA 3.** Indicadores claves para Chile

Información		Fuentes
<b>Geografía</b>		
Superficie total (km <sup>2</sup> )	2.006.096	Instituto Geográfico Militar (IGM)
Población 2000	15.397.784	Instituto Nacional de Estadísticas (INE)
Población estimada 2010	17.094.275	INE
Población estimada 2050	20.204.779	INE
Población Rural (% de total, 2009)	11%	Banco Mundial
Área forestada (2007)	22%	Corporación Nacional Forestal (CONAF)
<b>Desarrollo humano</b>		
Índice de Desarrollo Humano (2010)	0,783	PNUD
Tasa de alfabetismo (2008)	99%	Banco Mundial
Expectativa de vida al nacer (2010)	78,8	Banco Mundial
Tasa de mortalidad infantil por cada mil nacidos vivos (2007)	7,9	Ministerio de Salud
Cobertura de agua potable (2009)	99,8%	Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS)
Cobertura de alcantarillado (2009)	95,6%	SISS
Gasto público en educación como % del PIB (2008)	4,2%	Ministerio de Educación
<b>Actividad económica</b>		
PIB(ppp) estimado en 2011 (millones US\$ 2011)	276.053	Fondo Monetario Internacional
PIB(ppp) per cápita estimado en 2011 (US\$)	15.866	Fondo Monetario Internacional
Crecimiento del PIB(ppp) en 2009	-0,8%	Fondo Monetario Internacional
Crecimiento del PIB(ppp) en 2010	6,3%	Fondo Monetario Internacional
Crecimiento estimado del PIB(ppp) en 2011	6 - 7%	Banco Central de Chile
Exportación de bienes y servicios (% de PIB, 2009)	38%	Banco Mundial
<b>Actividad sectorial</b>		
Energía renovable (% de la matriz energética 2009)	29%	Ministerio de Energía
Importación de energía primaria (% de uso energético, 2009)	62%	Ministerio de Energía
Consumo de combustibles fósiles como energía primaria (% de total, en 2009)	71%	Ministerio de Energía
Consumo de agua por la agricultura de riego (% de total consumo de agua nacional)	84,5%	Dirección General de Aguas

### 3. POLÍTICA AMBIENTAL

Las políticas nacionales orientadas al desarrollo sostenible forman parte de la estrategia integral de desarrollo del país. La Constitución Política garantiza, como derecho fundamental, vivir en un medio ambiente libre de contaminación, entregando al Estado el deber de tutelar y preservar la naturaleza y el patrimonio ambiental (Gobierno de Chile, 2002).

Sin embargo, en materia ambiental, el país presenta importantes desafíos, como revertir la superación de normas primarias de calidad del aire en varias ciudades. El Informe sobre Desempeño Ambiental de Chile (OCDE-Cepal, 2005), indica que se ha observado un fortalecimiento de

las instituciones ambientales, así como la implementación de planes de descontaminación y prevención de la contaminación atmosférica, lo que ha posibilitado disminuciones significativas de las emisiones de material particulado y óxidos de azufre (SO<sub>x</sub>), además de la fijación de normas de calidad de aire y de emisiones de contaminantes atmosféricos. No obstante, el país sigue enfrentando importantes desafíos en materia de salud y calidad del aire en la Región Metropolitana. Los 6 millones de habitantes del Gran Santiago están expuestos a altos niveles de contaminación del aire, que se traducen en enfermedades respiratorias y muertes prematuras.

Este problema se debe principalmente a las emisiones de la industria y el transporte, y se agrava debido a su ubicación en un valle rodeado por cadenas montañosas de las cordilleras de los Andes y la Costa, con poco viento y lluvia que dispersen las emisiones. La contaminación atmosférica se intensifica aún más en los meses fríos, entre abril y septiembre, debido al fenómeno natural de inversión térmica (OCDE-Cepal, 2005). Adicionalmente, comienzan a emerger problemas de contaminación atmosférica en localidades como Andacollo y Calama, asociados a la producción minera; Tocopilla, por la operación de centrales termoeléctricas; Rancagua, Temuco, Talca, Concepción y otras localidades de la zona centro-sur del país, debido principalmente al uso de leña húmeda como combustible para la calefacción residencial y cocina. Todas estas zonas requieren de medidas y recursos significativos para descontaminar el aire.

Otra área relevante la constituye la degradación del suelo agrícola. Se observa que las áreas afectadas por erosión hídrica y eólica, salinidad, contaminación, extracción de áridos y otros, han alcanzado niveles muy altos y se estima que virtualmente todos los suelos utilizados presentan algún nivel de degradación (OCDE-Cepal, 2005). La falta de un manejo eficaz del suelo y de objetivos de conservación, han significado una importante pérdida de su fertilidad, desertificación e inundaciones.

En relación al recurso hídrico, la extracción de agua dulce aumentó un 160% entre 1990 y 2002. En una proyección gubernamental sobre demanda de agua a 25 años (hasta el 2017), se especifica que los requerimientos de los hogares, la minería y la industria prácticamente se duplicarán y que el uso para fines agrícolas aumentará un 20%. Cabe destacar que la agricultura de riego es el agente que presenta la mayor parte del consumo de agua, situándose en

un 84,5% del total nacional, con un uso cada vez más eficiente del recurso, lo que ha transformado a los programas de mejoramiento del riego en una de las políticas agrarias más importantes del país (Odepa, 2008). Por otra parte, en las regiones del norte, la escasez de agua se ha traducido en un aumento de la competencia entre los principales usuarios de agua: minería, agricultura de riego intensivo y suministro de agua potable (OCDE-Cepal, 2005).

Chile se caracteriza por poseer un alto nivel de endemismo en su biodiversidad, explicado por las características del relieve y de aislamiento geográfico por la presencia de barreras físicas como la cordillera de Los Andes, el océano Pacífico y el desierto de Atacama. Sin embargo, en materia de conservación de la biodiversidad, no se cuenta con un sistema nacional de planificación territorial que permita asegurar la identificación de áreas de gran diversidad biológica ubicadas fuera de las áreas formalmente protegidas, situación que dificulta los avances en relación al problema de representatividad de especies que presenta el actual Sistema Nacional de Áreas Protegidas del país (Snaspe).

La superficie perteneciente al Snaspe, en conjunto con las iniciativas privadas y áreas de conservación consagradas en convenios internacionales (por ejemplo sitios Ramsar) ha llegado a cubrir alrededor de un 20% de la superficie continental. Aún cuando esta cifra coloca a Chile en una situación de avanzada, por sobre las proporciones consagradas en convenios y acordadas en foros internacionales sobre áreas protegidas (10-12%), la distribución de esta superficie está sesgada a los extremos norte y sur del país y, en áreas no productivas, lo que hace presumir que es insuficiente para asegurar una adecuada cobertura de la biodiversidad.



Foto: Ministerio del Medio Ambiente. Gobierno de Chile



Foto: Ministerio del Medio Ambiente. Gobierno de Chile

## 4. ARREGLOS INSTITUCIONALES

La década que separa la presentación de la primera y la segunda comunicación nacional de Chile ante la CMNUCC, fue un periodo fecundo en la creación de instituciones de Gobierno de carácter ministerial con un rol relevante en la aplicación de esta Convención. Destacan el Ministerio del Medio Ambiente y el Ministerio de Energía.

### 4.1 EL MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE Y LA NUEVA INSTITUCIONALIDAD AMBIENTAL

En el 2010 se finalizó un proceso de transformación de la institucionalidad ambiental chilena, que comenzó a gestarse en el año 2006. Dirigido a darle más fuerza, pasando de un modelo de coordinación multisectorial en manos de la Comisión Nacional del Medio Ambiente (Conama) a un modelo de organización más centralizado e influyente, como es el Ministerio del Medio Ambiente.

Actualmente, el Ministerio del Medio Ambiente de Chile es el órgano del Estado encargado de colaborar con el Presidente de la República en el diseño y aplicación de políticas, planes y programas en materia ambiental, así como en la protección y conservación de la diversidad biológica y de los recursos naturales renovables e hídricos, promoviendo el desarrollo sustentable, la integridad

de la política ambiental y su regulación normativa (su organigrama se presenta en la Figura 16). El Ministerio considera también las competencias de otros sectores a través del Comité de Ministros para la Sustentabilidad, un órgano de deliberación de la política pública y regulación general en materia ambiental, compuesto por el Ministro del Medio Ambiente, quien lo preside y sus pares de Agricultura, Hacienda, Salud, Economía, Fomento y Reconstrucción, Energía, Obras Públicas, Vivienda y Urbanismo, Transportes y Telecomunicaciones, Minería y, por último, Planificación.

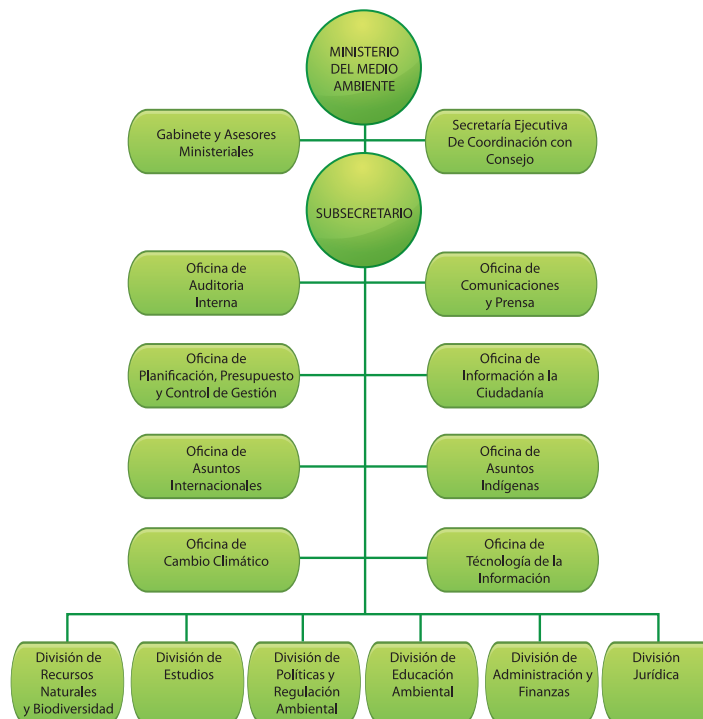
Este cambio institucional fue impulsado principalmente por la necesidad de racionalizar y precisar las competencias ambientales; contar con un Ministerio encargado de las políticas; disponer de un Servicio de Evaluación Ambiental completamente técnico así como de un sistema de fiscalización centralizado y eficiente y la urgencia de gestionar los temas relativos a biodiversidad y áreas protegidas.

El proceso tiene como principal herramienta legal la Ley N°20.417 de 2010, que crea el Ministerio del Medio Ambiente, el Servicio de Evaluación Ambiental, la Superintendencia del Medio Ambiente y los Tribunales Ambientales.

tales. Esta Ley destaca en forma importante el trabajo que le compete al Ministerio en el desarrollo de la temática del cambio climático en el país, estableciendo específicamente y, por primera vez en la legislación chilena, un mandato especial al respecto a nivel gubernamental, al indicar que "(...) le corresponderá especialmente al Ministerio el proponer políticas y formular los planes, programas y planes de acción en materia de cambio climático." (Art.70, letra h). Se generarán desafíos relevantes orientados a la implementación de este mandato.

Cabe destacar que en el marco de la nueva institucionalidad, se considera al cambio climático como uno de los cinco ejes temáticos del Ministerio, agregándose a los temas de aire, agua, residuos sólidos y, recursos naturales y

biodiversidad. Desde el punto de vista de la organización de los temas asociados al cambio climático, se creó formalmente la Oficina de Cambio Climático, bajo el alero de la Subsecretaría del Ministerio, la que cuenta con un presupuesto anual para la realización de estudios y consultorías de apoyo al trabajo que realiza. También esta Oficina es la encargada de participar activamente en los procesos de negociación internacional asociados a la implementación de la Convención, la coordinadora del Comité de la Autoridad Nacional Designada del Mecanismo de Desarrollo Limpio, punto focal del Panel Intergubernamental en Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) y secretaria técnica de los comités interministeriales en cambio climático.



**Figura 16.** Organigrama del Ministerio de Medio Ambiente de Chile  
Fuente: Ministerio del Medio Ambiente, 2010

## 4.2 INSTITUCIONALIDAD PARA EL CAMBIO CLIMÁTICO EN CHILE

Chile ratificó en 1994 la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático e igualmente se hizo parte de su Protocolo de Kioto, en el convencimiento de que se requería una respuesta mundial a un fenómeno de consecuencias ambientales importantes, en particular para los países especialmente vulnerables. Desde en-

tonces ha estado presente aportando a las discusiones y esfuerzos internacionales y ha cumplido los compromisos que le corresponden como país en vías de desarrollo. En este contexto y tomando en consideración la necesidad de coordinar los esfuerzos internos y la política exterior nacional en esta materia, el Gobierno de Chile estableció en 1996, por decreto supremo, su principal institucionalidad a la fecha al crear un Comité Nacional Asesor para el Cambio Global.



La presidencia de este comité fue asumida por la Conama, organismo coordinador creado por ley en 1994 para desarrollar la gestión ambiental del país y contribuir a garantizar el derecho constitucional de todos(as) los ciudadanos(as) de vivir en un ambiente libre de contaminación. A su vez, la vicepresidencia recayó en el Ministerio de Relaciones Exteriores y su integración consideró tanto representantes del sector público como de la academia, además de contemplar la posibilidad de resolver la incorporación de otras instituciones u organismos privados.

El comité fue diseñado con el objeto de asesorar y coordinar a las distintas instituciones vinculadas a la temática y, entre otros temas, jugando un rol trascendental en la discusión de las posiciones nacionales a presentar en la negociación internacional y ha sido clave en la producción de instrumentos nacionales. A modo de ejemplo, estuvo encargado de aprobar la Primera Comunicación Nacional sobre el Cambio Climático, documento que contenía un inventario nacional de las emisiones de gases de efecto invernadero e identificaba las opciones de mitigación, así como la vulnerabilidad del país y las medidas de adaptación. Asimismo, tomando en cuenta las consideraciones sobre vulnerabilidad de Chile, la importancia del cumplimiento de los compromisos internacionales y la necesidad de mejorar el conocimiento sobre el impacto del cambio climático, el Comité jugó un rol relevante en la preparación el año 2006 de la Estrategia Nacional de Cambio Climático. Ésta consideró como ejes primordiales los de la adaptación, la mitigación y el fomento y, la creación de capacidades. De modo de operacionalizar dicha estrategia, el año 2008 el Consejo Directivo de Conama aprobó el Plan de Acción Nacional de Cambio Climático, el que por su relevancia se describe en detalle en el punto siguiente.

En el marco del Mecanismo de Desarrollo Limpio del Protocolo de Kioto, el año 2003 Chile constituyó su Autoridad Nacional Designada. En los años posteriores se desarrolló una serie de actividades tendientes a levantar capacidades en los sectores privado y público, así como a generar alianzas que permitieron a Chile posicionarse como un actor relevante y reconocido en este instrumento.

Como es posible apreciar, el desarrollo y coordinación del tema de cambio climático ha sido significativo a nivel nacional, por lo que el país ha procurado dotarse de la adecuada institucionalidad de modo de enfrentar debidamente los desafíos de este fenómeno. Reconociendo su relevancia y, para fortalecer el trabajo interinstitucional, particularmente en el marco de las negociaciones inter-

nacionales sobre cambio climático, por instrucción presidencial se creó el año 2009 un Comité Interministerial de Cambio Climático. La integración actual de este Comité contempla a las carteras de Medio Ambiente, Relaciones Exteriores, Agricultura, Transportes y Telecomunicaciones, Energía, Economía, Hacienda, Minería y Obras Públicas. Este comité también cuenta con un comité técnico, que se reúne con más frecuencia para desarrollar los temas técnicos y asesorar al nivel ministerial.

En 2010, con el fin de ampliar el espacio de intercambio de información y diálogo sobre cambio climático entre el Gobierno y otros actores relevantes, se crearon dos mesas de trabajo, una de carácter público-privada y otra, público-sociedad civil. Estas mesas se convocaron para ampliar las oportunidades de que dichos actores se involucren y participen del proceso de fortalecimiento del tema en Chile.

#### **4.2.1 Plan de Acción Nacional de Cambio Climático 2008-2012**

La Conama presentó el 2008 el Plan de Acción Nacional de Cambio Climático 2008-2012 (Conama, 2008) para responder en el corto plazo a los ejes y objetivos de la Estrategia Nacional de Cambio Climático. Este instrumento se elaboró mediante un proceso de consulta en el que participaron principalmente los Ministerios y Servicios del Consejo Directivo de la Conama e instituciones académicas y de investigación nacional (Conama, 2008). Fue aprobado y dado a conocer por la Presidenta de la República Michelle Bachelet en diciembre de 2008.

El plan articula un conjunto de lineamientos de política pública, que llevan a cabo diversos organismos públicos competentes en materia de cambio climático y de sus efectos adversos. Se constituyó también como una herramienta orientadora para el sector productivo, académico y para los organismos no gubernamentales, puesto que en él se indican las materias que el Estado considera relevantes de ser asumidas por la sociedad para enfrentar los impactos del cambio climático. Al estar acotada su ejecución a cuatro años, se buscó generar en un corto plazo la información necesaria para lograr la preparación, al final del periodo, de planes nacionales y sectoriales de adaptación y mitigación con un horizonte de aplicación más extendido.

El plan fue diseñado en base a un diagnóstico de la situación nacional, sobre la problemática de cambio climático y las consideraciones de orden estratégico para abordarlo.

Su difusión ha sido amplia a nivel nacional e internacional y comprende desde el diagnóstico y las consideraciones estratégicas que lo fundamentan, hasta el detalle de las acciones y los organismos responsables, estructurados basándose en tres ejes de acción: adaptación a los impactos del cambio climático, mitigación de las emisiones y, creación y fomento de capacidades. Se presentan, además, nueve anexos con información adicional relacionada al cambio climático en Chile, tales como las recomendaciones de adaptación publicadas en la Primera Comunicación Nacional, la metodología IPCC para inventarios de GEI, información del sistema de aprobación de proyecto de bonos de carbono, entre otras materias.

El diagnóstico considera el estado del arte de la ciencia de cambio climático en el ámbito internacional y nacional, la vulnerabilidad del país y las necesidades de acción para la adaptación. Contemplando además las emisiones del sector energético de gases de efecto invernadero, los avances en el análisis de escenarios de emisiones y los potenciales de mitigación. A su vez, profundiza en las capacidades del país desde el punto de vista legal, institucional y de políticas públicas para el diseño y ejecución de políticas, estrategias y acciones para la adaptación y la mitigación de estas emisiones. Asimismo, el diagnóstico incluye una evaluación sobre las capacidades nacionales para la participación en negociaciones internacionales, reuniones y revisiones de informes del IPCC, iniciativas de cooperación internacional y nacional en materia de cambio climático, mecanismos de desarrollo limpio y en el mercado de carbono.

Además de lo anterior, este diagnóstico hace énfasis en la vulnerabilidad social, económica y ambiental del país, las necesidades de adaptación a los cambios y los desafíos que esto representa. La vulnerabilidad fue evaluada de acuerdo a resultados de los informes de compilación que realiza el IPCC, de la Convención Marco de las Naciones Unidas y de estudios nacionales. En ellos se señala que Chile es un país vulnerable al cambio climático, cumpliendo 7 de los 9 criterios de vulnerabilidad establecidos por la Convención. Se identificó también la vulnerabilidad respecto a las zonas costeras y sus recursos pesqueros. El volumen II del Cuarto Reporte de Evaluación de 2007 del IPCC (IPCC, 2007) indica que Chile estará sujeto a una serie de cambios en los patrones de precipitaciones, productividad de cultivos, ocurrencia de eventos extremos y anomalías asociadas a los eventos de El Niño y La Niña. Se espera un alto impacto en la disponibilidad de recursos

hídricos y, por ende, en la disponibilidad energética y en sus recursos agrícolas y forestales.

En base al diagnóstico se establecieron las consideraciones estratégicas para hacer frente a los desafíos que impone el cambio climático a nuestra sociedad, que pueden resumirse en seis puntos principales:

- El cambio climático como un eje central de las políticas públicas y las regulaciones nacionales.
- La adaptación como un pilar para el desarrollo futuro del país y como respuesta temprana a los impactos del cambio climático.
- La mitigación como un aporte al mejoramiento en la calidad de crecimiento, reducción global de emisiones de gases de efecto invernadero y a la disminución de los costos de adaptación.
- La innovación del sector financiero y empresarial chileno, como estrategia para captar las oportunidades de inversión en proyectos de mitigación y adaptación al cambio climático.
- La evaluación de los compromisos futuros en cambio climático y su posible efecto en el comercio internacional, como una mirada estratégica de largo plazo.
- El desarrollo de una base de conocimientos mediante la investigación integrada y observación sistemática sobre el clima, la educación, formación y sensibilización ciudadana, como apoyo a la toma de decisiones.

Los ejes del plan de acción se materializan en diferentes tipos de acciones y responsables sectoriales (Tabla 4). Bajo el eje de adaptación se plantean como acciones principales: la generación de escenarios climáticos a nivel local, la determinación de los impactos del cambio climático y las medidas de adaptación correspondientes y la formulación de un plan nacional y planes sectoriales para la adaptación al cambio climático. En particular, se establece la necesidad de conocer los impactos en los recursos hídricos, determinando la vulnerabilidad de las cuencas hidrográficas del país; los impactos sobre la biodiversidad, identificando ecosistemas, hábitats y especies más vulnerables; los impactos en el sector silvoagropecuario, estimado a partir de los distintos escenarios climáticos considerados; los impactos sobre la generación hidroeléctrica de Chile, sobre la infraestructura y en zonas costeras y ribereñas así como la determinación de la vulnerabilidad de los recur-

Los pesqueros del país y, por último, los impactos del cambio climático en la salud de la población.

Dentro del eje de mitigación, las acciones se abocan a la elaboración de un sistema para la actualización de inventarios de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI); evaluación del potencial total y sectorial de reducción de GEI; elaboración de indicadores para hacer seguimiento del impacto de las acciones; formulación de planes, políticas y estrategias de mitigación en el país de los GEI y, a la generación de escenarios de mitigación para distintos horizontes de tiempo. Finalmente se espera contar con un programa nacional y planes sectoriales de mitigación de GEI.

En el eje de generación y fomento de capacidades se considera una serie de acciones como la elaboración de un programa nacional de educación y sensibilización al cambio climático; creación de un fondo nacional para la investigación de la biodiversidad y cambio climático; evaluación técnica y económica de una red de monitoreo del cambio climático y la elaboración de un registro nacional de glaciares. En otro ámbito, se establece el desarrollo de las estrategias de negociación para Chile, el fortalecimiento de la institucionalidad nacional para abordar el cambio climático, el diseño de instrumentos de fomento para la reducción de emisiones de GEI y además para la adaptación, y la preparación de la Segunda Comunicación Nacional.

**TABLA 4.** Programación del plan por eje e instituciones responsables.

PROGRAMACIÓN DE ACCIONES 2008 - 2012	2008	2009	2010	2011	2012	INSTITUCIÓN EJECUTADORA
<b>ADAPTACIÓN</b>						
Generación de escenarios climáticos a nivel local	●	●	●			DMC
Determinación de Impactos y medidas de adaptación frente al cambio climático en:	●	●	●			
Recursos hídricos: Determinar grado de vulnerabilidad por cuencas		●	●			DGA, CONAMA, INIA, CNR, ARMADA
Biodiversidad: Identificar ecosistemas, hábitat y especies más vulnerables		●	●			CONAMA, IGM
Sector silvoagropecuario: Actualizar conocimiento sobre su vulnerabilidad frente a escenarios climáticos	●	●				MINAGRI, CONAMA, INFOR
Energía: Determina la vulnerabilidad de la generación hidroeléctrica de Chile	●	●	●			CNE
Infraestructura y zonas urbanas y costeras: evaluar impactos en infraestructura mayor, en zonas costeras y ribereñas, e incorporación en instrumentos de planificación.		●	●	●	●	MOP, MINVU, DIRECTEMAR, SSM
Pesca: Estimar vulnerabilidad de recursos pesqueros.		●	●			ECONOMIA
Salud: Fortalecer los sistemas de salud frente al cambio climático			●	●	●	MINSAL
Formulación de Plan Nacional y de Planes Sectoriales de Adaptación al Cambio Climático			●	●	●	CONAMA/SECTORES
<b>MITIGACIÓN</b>						
Actualización de los inventarios de emisiones	●	●				
Crear sistema para actualizar anualmente el inventario nacional y regional de emisiones y sumideros de GEI	●	●				CONAMA, MINMINERIA
Evaluación del potencial total de mitigación - país de gases de efecto invernadero		●	●			
Determinar el potencial total y sectorial estimado de reducción de emisiones	●	●				
Elaborar propuesta de Indicadores de impacto de la aplicación de diversos planes, políticas y estrategias	●	●				CNE, MTT, MINECOM, MINVU, MINAGRI, CONAMA CNE, MTT, MINECOM, MINVU, MINAGRI, CONAMA
Generación de Escenarios de Mitigación en Chile		●	●			
Elaborar escenarios de mitigación de GEI para horizontes de tiempo dado (2015, 2020, etc.)		●	●			CNE, MINAGRI, CONAMA
Formulación de un Programa Nacional y Planes Sectoriales de Mitigación de GEI	●	●	●			CONAMA / SECTORES
<b>CREACIÓN Y FOMENTO DE CAPACIDADES</b>						
Elaboración de un Programa Nacional de Educación y Sensibilización en cambio climático		●	●			MINEDUC
Creación de un Fondo Nacional para la Investigación en biodiversidad y cambio climático	●	●				CONICYT
Evaluación técnica y económica de red de monitoreo del cambio climático		●	●			DMC, INIA, DIRECTEMAR, SHOA
Elaboración de un registro nacional de glaciares	●	●	●			DGA, CONAMA, MINDEFENSA
Desarrollo de estrategias de negociación para Chile en escenario post - Kyoto		●	●	●	●	CNACG
Fortalecimiento de la institucionalidad nacional para abordar el cambio climático	●	●				CONAMA, MINREL
Diseño de instrumentos de fomento para reducción de emisiones y adaptación		●	●			CORFO, CONAMA, CNE, INIA, CIREN, INFOR, MTT
Preparación de la Segunda Comunicación Nacional (2CN)	●	●	●			CONAMA

Fuente: Plan de Acción Nacional de Cambio Climático, 2008

Al 2010 se han producido diversos avances del PANCC, en especial en la ejecución de estudios que dan cuenta de la vulnerabilidad de diversos sectores y de los mecanismos de adaptación posibles. Destacan el sector silvoagropecuario, recursos hídricos, biodiversidad, el sistema de generación hidroeléctrica, entre otros. También se constatan logros en materias de mitigación, tanto en el sector de energía como no energía, y en la generación de nuevas capacidades para enfrentar el cambio climático. Instituciones públicas que no han podido disponer de presupuesto para cumplir con sus compromisos, han avanzado en forma limitada en sus acciones específicas. Se contempla una evaluación de medio tiempo del plan, durante el 2011, que permitirá tener una visión sistemática de su avance y contar con antecedentes adicionales que podrían significar nuevos énfasis en algunas de sus acciones.

### 4.3 INSTITUCIONALIDAD SECTORIAL

#### 4.3.1 Energía

En diciembre de 2009, el Congreso Nacional aprobó la Ley N° 20.402 que crea el Ministerio de Energía (Minenergía), la que entró en vigencia el 1 de febrero del año 2010. Este Ministerio ha sido concebido como el órgano superior de colaboración del Presidente de la República en las funciones de gobierno y administración del sector de energía, siendo una clara prueba de la importancia que el tema energético posee para nuestro país (su organigrama se presenta en la Figura 17).

El objetivo central del Ministerio de Energía es elaborar y coordinar los planes, políticas y normas para el buen funcionamiento y desarrollo del sector, velar por su cumpli-

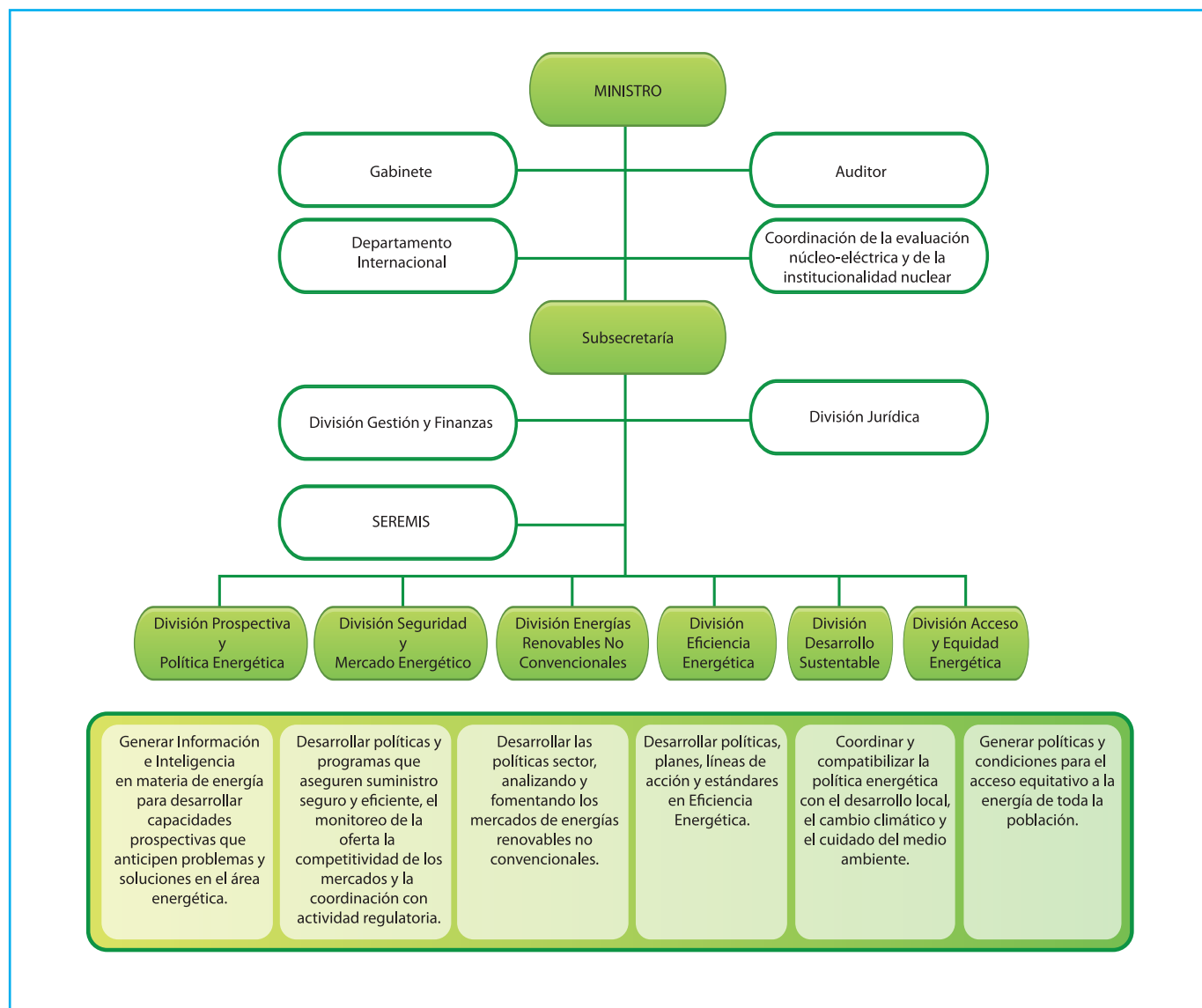


Figura 17. Organigrama del Ministerio de Energía de Chile

Fuente: Ministerio de Energía, 2010

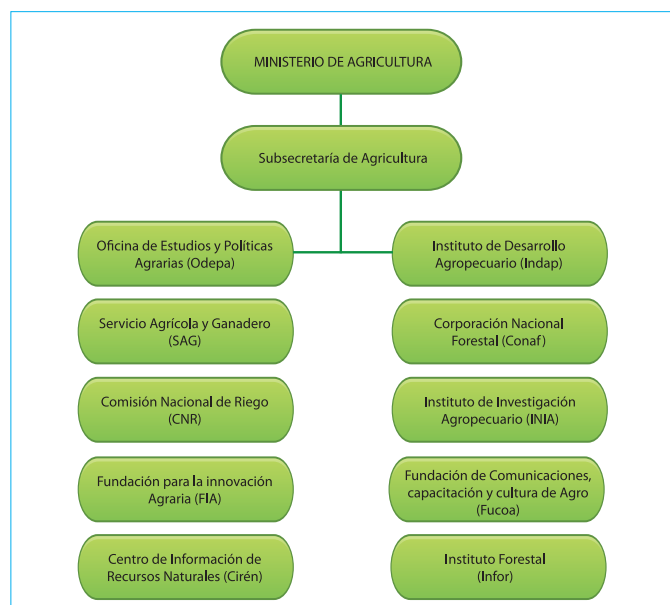
miento y asesorar al Gobierno en aquellas materias relacionadas con la energía. Su creación fue posible gracias a un gran consenso nacional y se presenta como una oportunidad para desarrollar una política energética integrada y coherente con los objetivos de seguridad, calidad y competitividad de suministro, y de protección del medio ambiente local y global.

Los servicios dependientes del Ministerio con un rol fundamental en la mitigación sectorial de las emisiones de gases de efecto invernadero son: el Centro de Energías Renovables (CER), el Programa País de Eficiencia Energética (PPEE) y la Agencia Chilena Eficiencia Energética (AChEE). Las principales características de estas tres instituciones se detallan en el capítulo 4 de la presente comunicación nacional.

### 4.3.2 Agricultura

El Ministerio de Agricultura (Minagri) es la institución del Estado encargada de fomentar, orientar y coordinar la actividad silvoagropecuaria del país. De acuerdo al Decreto Ley N° 294 de 1960, “su acción estará encaminada, fundamentalmente, a obtener el aumento de la producción nacional, la conservación, protección y acrecentamiento de los recursos naturales renovables y el mejoramiento de las condiciones de nutrición del pueblo”.

Para fomentar eficientemente el desarrollo del sector, el Minagri actúa en las áreas del gobierno sectorial, investigación y transferencia de tecnología y, servicios (ver Figura 18).



**Figura 18.** Organigrama del Ministerio de Agricultura de Chile  
Fuente: Ministerio de Agricultura, 2010

Las instituciones pertenecientes al Minagri ligadas fuertemente a la mitigación sectorial son:

- Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (Odepa): Es un servicio público centralizado, creado en 1992, cuya misión institucional es “fortalecer la gestión del Ministerio de Agricultura y de los agentes públicos y privados involucrados en el ámbito silvoagropecuario, a través de la prestación de servicios especializados de asesoría e información.”
- Instituto de Desarrollo Agropecuario (Indap): Es un organismo orientado al desarrollo productivo y comercial de la agricultura familiar campesina, ayudándola a insertarse en los mercados y a aumentar su competitividad de manera sostenible.
- Corporación Nacional Forestal (Conaf): Es una corporación de derecho privado que tiene por misión contribuir al desarrollo del país a través de la conservación del patrimonio silvestre y el uso sostenible de los ecosistemas forestales, para el servicio integral de la ciudadanía.
- Fundación para la Innovación Agraria (FIA): Es la agencia sectorial de fomento a la innovación y su objetivo es contribuir al incremento de la competitividad de la agricultura nacional. Su actividad se centra en el fomento de los procesos de innovación y en actuar sobre el entorno y condiciones que los favorecen.
- Instituto de Investigaciones Agropecuarias (Inia): Es la principal institución de investigación agropecuaria de Chile. Su misión es generar, adaptar y transferir tecnologías para lograr que el sector agropecuario contribuya a la seguridad y calidad alimentaria de Chile y responda, competitiva y sustentablemente, a los grandes desafíos de desarrollo del país.
- Instituto Forestal (Infor): Es un instituto tecnológico del Estado de Chile, que tiene como misión crear y transferir conocimientos científicos y tecnológicos de excelencia para el uso sostenible de los recursos y ecosistemas forestales, el desarrollo de productos y los servicios derivados; además, debe generar información relevante para el sector forestal, en los ámbitos económico, social y ambiental.
- Centro de Información de Recursos Naturales (Ciren): Es una institución que proporciona información de recursos naturales renovables y reúne la mayor base de datos georreferenciada de suelos, recursos hídricos, cli-

ma, información frutícola y forestal que existe en Chile, además del catastro de propiedad rural.

### **Consejo de Cambio Climático y Agricultura**

En mayo de 2008 el Ministerio de Agricultura creó el Consejo de Cambio Climático y Agricultura, que ha sido presidido por su máxima autoridad ministerial. Este Consejo está constituido por representantes de los sectores productivo, público y académico. Es considerado a nivel nacional como uno de los hitos de mayor importancia.

Su principal objetivo ha sido generar una visión común, del conjunto de actores sectoriales, en relación a los impactos del cambio climático en las diferentes actividades silvoagropecuarias, así como definir los principales ejes de acción para enfrentarlo.

La función del Consejo es apoyar al Ministerio en la definición de los principales aspectos y prioridades a considerar en un programa de adaptación al cambio climático en el ámbito silvoagropecuario y, en la definición de las principales medidas de mitigación que se podrían implementar en las actividades sectoriales.

El Consejo es asesorado por un Comité Técnico Intraministerial, que coordina las reuniones y presentaciones y elabora las propuestas para la consideración del Consejo. En particular, éste priorizó el análisis de las acciones de mitigación y de adaptación al cambio climático para el periodo 2008 a 2012, las que quedaron plasmadas en el PANCC.

Entre sus principales avances y logros están el aporte al diseño del Plan Nacional de Acción de Cambio Climático y seguimiento de su implementación; articulación de estudios en el ámbito de la huella de carbono de los principales productos sectoriales; preparación de la posición sectorial en vistas a la Conferencia de las partes realizada en Copenhague a fines del 2009; definición de una estrategia comunicacional en relación a la mitigación y los estudios de huella de carbono, definición de las líneas estratégicas para la preparación de los planes sectoriales de mitigación y adaptación que contempla el plan de acción nacional.

El trabajo coordinado de las diferentes instituciones públicas ha permitido efectuar un fiel cumplimiento de los compromisos suscritos en el plan de acción nacional de cambio climático. Sobre la base de estas prioridades referidas al sector silvoagropecuario, se han realizado múltiples actividades a partir de 2008, entre las que se pueden

mencionar una serie de estudios referidos a potencial de captura de carbono, estimación de huella de carbono de algunos productos de exportación y potenciales de mitigación del Decreto Ley N° 701 y de la Ley de Bosque Nativo N°20.283.

### **4.3.3 Minería**

En términos de cambio climático, hubo dos instituciones del sector público que destacaron especialmente en el sector minero en el periodo 2000-2010, éstas son la Comisión Chilena del Cobre (Cochilco), dependiente del Ministerio de Minería, y, el PPEE.

Cochilco ha llevado a cabo el levantamiento y compilación de la información relacionada con las emisiones de GEI del conjunto de las empresas que componen el sector de la gran minería del cobre en el país. Este trabajo se ha plasmado en los siguientes reportes de acceso público:

- Coeficientes unitarios de consumo de energía de la minería del cobre. 1995-2006 (2007);
- Coeficientes unitarios de consumo de energía de la minería del cobre. 2001-2007 (2008);
- Emisiones de gases de efecto invernadero de la minería del cobre de Chile. 1995-2006 (2008);
- Emisiones de gases de efecto invernadero de la minería del cobre de Chile. 2001-2007 (2008); y
- Las actualizaciones integradas Consumo de energía y emisiones de gases de efecto invernadero de la minería del cobre de Chile. 2008 (2009) y Consumo de energía y emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a la minería del cobre de Chile, 2009 (2010).

Por su parte, el PPEE incluyó desde su origen como una de sus principales líneas de acción, la de identificar posibilidades de aplicación de la eficiencia energética en la actividad minera del país. Bajo esta línea de acción se estableció en 2006 la Mesa Minera de Eficiencia Energética con el objetivo principal de que las empresas mineras gestionaran el uso de la energía, intercambiaran experiencias, estudiaran la aplicación de indicadores de eficiencia energética que pudieran ser apropiados para las empresas y generarán proyectos asociativos de innovación. La Mesa es una agrupación técnica voluntaria, integrada por los líderes de las empresas de la gran minería, minería no metálica de Chile, Enami, PPEE y la Subsecretaría de Minería.

#### 4.3.4 Recursos hídricos

En el sector de los recursos hídricos destaca en términos institucionales la creación en 2008 de la Unidad de Glaciología y Nieves dentro de la Dirección General de Aguas del Ministerio de Obras Públicas. Como principales tareas de esta Unidad se han definido las de establecer y hacer operativo un programa glaciológico nacional tendiente a inventariar, estudiar y monitorear glaciares del territorio nacional para definir la respuesta presente y futura de los glaciares al calentamiento global y, determinar estrategias de adaptación frente a distintos escenarios climáticos. Esto comprende la definición de lineamientos estratégi-

cos para la cuantificación y seguimiento de las principales variables glaciológicas en glaciares representativos del país; la realización y actualización permanente del Inventario Público de Glaciares en base a imágenes satelitales recientes; la implementación de la Red de Monitoreo de Glaciares en zonas geográficas prioritarias y parámetros apropiados para cuantificar la interacción entre clima y glaciar en zonas representativas. Aspectos de especial relevancia son las variaciones recientes de glaciares, acumulación nival, temperatura del aire, balances de masa y energía, cambios de elevación en glaciares y variaciones en los caudales de descarga.



Foto: Ministerio del Medio Ambiente. Gobierno de Chile

# B I B L I O G R A F I A

- Banco Central de Chile. (2011). *Informe de política monetaria*. Edición mes de Junio.
- Banco Central (2011). Información extraída del portal virtual: [www.bcentral.cl](http://www.bcentral.cl).
- Banco Mundial. (2011). Información extraída del portal virtual: [datos.bancomundial.org](http://datos.bancomundial.org).
- BID-UN. (2007). *Información para la gestión de riesgo de desastres*. Estudio de caso de cinco países: Chile.
- Carrasco, J., Osorio, and G. Casassa. (2008). *Secular Trend of the Equilibrium Line Altitude in the Western Side of the Southern Andes Derived from Radiosonde and Surface Observations*, pp. 1-21, 54, 538-550.
- CNE. (2009). *Modelo de proyección, demanda energética nacional de largo plazo*.
- CONAMA. (2008). *Plan de Acción Nacional de Cambio Climático 2008-2012*.
- CORMA. (2008). *Recurso forestal*. Información extraída del portal virtual : [www.corma.cl/portal/menu/recurso\\_forestal/antecedentes\\_generales](http://www.corma.cl/portal/menu/recurso_forestal/antecedentes_generales)
- De Ferranti, D., G. Perry, F. Ferreira y M. Walton. (2003). *Inequality in Latin America and the Caribbean: Breaking with History?*
- Falvey, M., and R. Garreaud. (2009). *Regional cooling in a warming world: Recent temperature trends in the southeast Pacific and along the west coast of subtropical South America (1979–2006)*, *J. Geophysical Research*, 114.
- Fondo Monetario Internacional (2011). *World Economic Outlook Database, April 2011*
- Gobierno de Chile. (2002). *Informe Nacional de Chile, Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sostenible*.
- INE. (2008). *Compendio estadístico 2008*.
- IGM. (2005). *Atlas de la República de Chile*.
- IPCC. (2007). *Climate Change*. Fourth Assessment Report.
- Larrañaga O. y R. Herrera. (2008). *Los recientes cambios en desigualdad y pobreza en Chile*. Centro de Estudios Públicos.
- Luebert, F., y P. Plissock. (2006). *Sinopsis Bioclimática de Chile*. Editorial Universitaria. Santiago.
- Marshall, J. (2005). *Chile: experiencia de gobernabilidad*. Centro para la Apertura y el Desarrollo de América Latina. Año III, número 39.
- MIDEPLAN. (2006). *Resultados Nacionales. Encuesta CASEN 2006*.



Ministerio de Agricultura. (2008). *Cambio climático, medio ambiente y agua*. Revista Nuestra Tierra N° 254.

Ministerio de Economía. (2009). *6ta Encuesta de Innovación, 3era Encuesta de I+D y 1er Censo de Gasto Público en I+D*.

Ministerio de Educación. (2010). *Indicadores de la Educación en Chile 2007 – 2009*. Departamento de Estudio y Desarrollo de la División de Planificación y Presupuesto.

Ministerio de Educación. (2010) *Estadísticas de la Educación 2008*. Departamento de Estudio y Desarrollo de la División de Planificación y Presupuesto

Ministerio de Minería. (2009). Información extraída del portal virtual : [www.minmineria.cl/574/channel.html](http://www.minmineria.cl/574/channel.html)

Ministerio de Salud.(2007). *Indicadores de salud. Chile*.

OCDE-CEPAL. (2005). *Evaluación del desempeño ambiental*. Chile.

ODEPA. (2005) *Agricultura chilena 2014: Una perspectiva de mediano plazo*.

ODEPA. (2008). *Examen OCDE de políticas agrícolas*. Informe de resultados.

ODEPA. (2009). *Panorama de la Agricultura Chilena* . Segunda edición.

PNUD. (2009). *Desarrollo Humano en Chile: La manera de hacer las cosas*.

PNUD. (2009). *Informe sobre Desarrollo Humano 2009. Superando barreras: movilidad y desarrollo humanos*.

Universidad de Chile, Depto. Ingeniería Industrial. (2009). *Diseño de un modelo de proyección de demanda energética global nacional de largo plazo*.

# CAPÍTULO 2

Inventario Nacional de Emisiones y  
Absorción de Gases de Efecto  
Invernadero



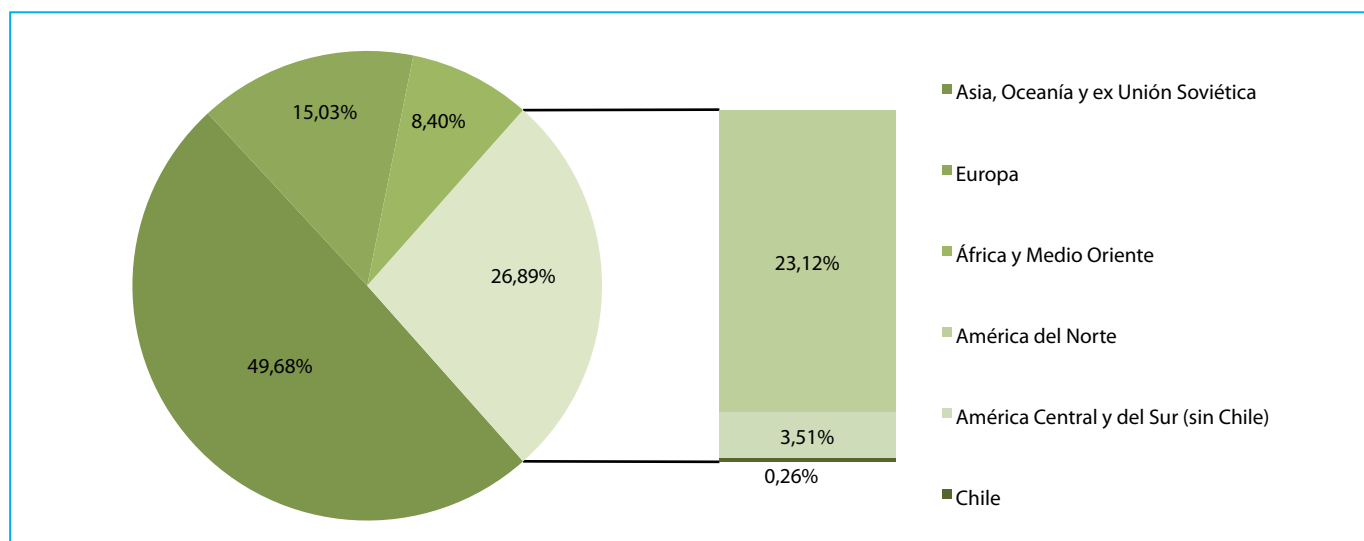
■ FOTO: MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE



## 1. EL INVENTARIO NACIONAL DE EMISIONES Y ABSORCIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO (Ingei)

En el contexto mundial, Chile no es un emisor relevante de gases de efecto invernadero. De acuerdo a estadísticas internacionales de la Agencia Internacional de Energía que consideran sólo las emisiones nacionales de CO<sub>2</sub> por combustión de hidrocarburos, su aporte al total de emisiones es aproximadamente el 0,2% (IEA, 2009; IEA, 2010). Este porcentaje se ha mantenido estable en los últimos años; no obstante, el crecimiento de las emisiones totales del país corresponde a un crecimiento promedio similar a nivel mundial. Si no se consideran las emisiones globales

asociadas al transporte internacional marítimo y aéreo, la contribución de Chile en 2008 correspondió a un 0,26% de las emisiones de CO<sub>2</sub> del conjunto de los países (IEA, 2010), ver Figura 1. En el documento más reciente publicado a la fecha por la Agencia Internacional de Energía (IEA, 2010) Chile aparece en el lugar 61° en el mundo respecto a las emisiones per cápita de CO<sub>2</sub> para el año 2008, con un valor de 4,35 ton CO<sub>2</sub>/habitante. Pese a lo anterior, las emisiones del país están aumentando de manera importante, principalmente por el crecimiento del sector energía.



**Figura 1.** Distribución de las emisiones de CO<sub>2</sub> a nivel mundial y contribución de Chile, año 2008  
 Fuente: Ministerio del Medio Ambiente en base a IEA, 2010

Definir en detalle el aporte de nuestro país al calentamiento global, es tarea del Ingei. Este instrumento permite conocer los sectores nacionales más contribuyentes y, para algunas regiones administrativas del país, sus aportes específicos. Además, debe colaborar en la orientación de los esfuerzos del país hacia estrategias mitigadoras más efectivas.

El presente inventario fue elaborado siguiendo los lineamientos de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) para la presentación de comunicaciones nacionales. Asimismo, se utilizaron las metodologías propuestas por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) para los países signatarios de la Convención y los lineamientos propuestos en la Decisión 17/CP.8 de la CMNUCC, esta última relevante para países que presentan su segunda comunicación nacional. Esto significa que se usaron las guías revisadas del IPCC del 1996 y sus códigos de buenas prácticas de los años 2000 y 2003; se tomó como año de reporte el 2000 y se completaron los formatos establecidos por la Convención para el informe de los inventarios anuales. Adicionalmente, el país decidió voluntariamente incluir los

resultados de su inventario de emisiones para el año 2006, considerando que el año 2000 es distante en términos de representatividad de los niveles de emisiones y capturas de gases que ocurren en el país. En cambio, el año 2006 es el último que presenta todos los sectores inventariados. También se presentan los resultados de estimaciones de emisiones y capturas entre 1984 y 2006, en un formato de serie de tiempo para todos los sectores y subsectores. Asimismo, se indica que las emisiones asociadas a las partidas informativas que establece la Convención deben de ser reportadas en conjunto con los inventarios nacionales. Finalmente, contiene una descripción preliminar de la incertidumbre asociada a los resultados presentados y aquellos aspectos, expresados como brechas, que pueden ser considerados para lograr progresivamente una mejor preparación del inventario chileno.

En este ámbito, se hace importante para el país contar progresivamente con actualizaciones de los resultados del inventario en periodos más breves que los actuales, que permitan capturar las evoluciones de corto plazo y las tendencias de mediano plazo por sectores y categorías.

## 2. ASPECTOS METODOLÓGICOS

### 2.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS INVENTARIOS

En el contexto de la CMNUCC, un Ingei consiste en un listado numérico exhaustivo, por fuente, de las emisiones y remociones anuales de GEI resultantes directamente de actividades humanas en el país que reporta.

Los principios básicos que los países deben observar al elaborarlo son los siguientes:

- **Exhaustividad:** debe ser completo, en términos de gases, de categorías y de cobertura territorial.
- **Precisión:** debe ser elaborado con el mayor detalle posible, de manera que los resultados sean precisos y se evite, hasta donde sea posible, sobre o subestimaciones de emisiones o capturas.
- **Transparencia:** debe ser elaborado con datos de actividad de acceso público y sobre la base de supuestos explícitos.
- **Consistencia:** cada categoría debe emplear una misma aproximación metodológica, incluyendo los mismos

factores de emisión y datos de actividad paramétricos a lo largo de los años, a menos que exista alguna razón objetiva para actuar en forma distinta.

- **Comparabilidad:** debe seguir metodologías de aceptación mundial.

#### 2.1.1 Metodología utilizada para informar inventarios a la CMNUCC

La cuantificación de emisiones y capturas es posible gracias a las metodologías de cálculo que viene elaborando el IPCC para la preparación de inventarios nacionales. En la actualidad, se dispone de los siguientes documentos metodológicos, cuya preparación ha sido encomendada al IPCC:

- Directrices metodológicas revisadas en 1996.
- Buenas prácticas para la elaboración de los inventarios y gestión de la incertidumbre en 2000.
- Buenas prácticas para la elaboración del sector CUTS en 2003.
- Guías metodológicas de 2006.

Por acuerdo de las partes ante la Convención (Decisión 17/CP.8 de enero de 2003) los países no incluidos en el Anexo I de la Convención, como es el caso de Chile, deben elaborar sus inventarios anuales, utilizando la metodología de 1996 más los códigos de buenas prácticas de los años 2000 y 2003, en la medida que esto último sea posible. En ese marco, las fuentes emisoras y captadoras de gases se deben reportar agrupadas bajo sectores, categorías y subcategorías. Los seis sectores considerados son: energía; procesos industriales; uso de solventes y otros productos; agricultura; cambio de uso de la tierra y silvicultura (CUTS, o LULUCF por sus siglas en inglés) y, por último, residuos antrópicos.

Los gases por incluir son, por una parte, gases de efecto invernadero: dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ), óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), hidrofluorocarbonos (HFCs), perfluorocarbonos (PFCs) y hexafluoruro de azufre ( $\text{SF}_6$ ) y, por otra, gases de efecto indirecto: monóxido de carbono (CO), óxidos totales de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ), compuestos orgánicos volátiles no metánicos (NMVOCs) y óxidos de azufre ( $\text{SO}_x$ ).

Las emisiones de GEI son calculadas usando datos de actividad asociados a los sectores para los que se evalúan sus emisiones y factores de emisión. Estos factores, necesarios para cuantificar emisiones y capturas, contemplan valores por defecto, los que se encuentran en los documentos del IPCC citados, aunque también pueden usarse valores específicos. En tanto, para los datos de actividad, dependiendo de los sectores en análisis, existen diversas fuentes locales e internacionales de acceso público. En el caso del sector energía, el Balance Nacional de Energía que anualmente prepara el Ministerio de esa cartera es la fuente de información más importante para la preparación del Ingei.

Finalmente, para transformar los gases distintos del  $\text{CO}_2$  a una expresión equivalente que permita sumarlos, se utiliza el potencial de calentamiento de cada gas (PCG). Ello permite expresar todos los gases en  $\text{CO}_2$  equivalentes ( $\text{CO}_2\text{eq} = \text{Gas} \times \text{PCG}$ ).

### 2.1.2 Categorías claves en los Ingei

El IPCC define tres métodos para la estimación de los GEI (niveles o tiers 1, 2 y 3), los que deben ser aplicados según el nivel de importancia de la categoría en el total de las emisiones del país y la disponibilidad de datos de activi-

dad y/o factores de emisión país específicos.

El método nivel 1 es el “método por defecto”, que es la instancia metodológica más simple, aplicable cuando no se cuenta con datos de actividad propios o factores de emisión país específicos. Sin embargo, posee el riesgo de que las circunstancias nacionales no sean debidamente reflejadas. Por su parte, el método nivel 2 utiliza el mismo procedimiento metodológico del nivel 1, pero con factores de emisión y/o datos de actividad paramétricos propios del país o de una región de éste. Bajo estas circunstancias, siempre se alcanzarán estimaciones de emisiones/capturas de gases de efecto invernadero más precisas. Este método debiera aplicarse a las categorías clave. Los métodos nivel 3 corresponden a métodos específicos de cada país (modelos, censos y otros), cuya aplicación es recomendada siempre que hayan sido debidamente validados y, en el caso de los modelos, se encuentren publicados en revistas científicas con comité editorial.

Para determinar previamente qué método aplicar a cada categoría, deben identificarse las categorías claves (aquellas cuya contribución conjunta es considerada con suficiente influencia en el total del inventario, lo que numéricamente se expresa como un 95% según las guías de buenas prácticas 2003 del IPCC) para evaluar si se cuenta con la información suficiente para aplicar el método de mayor precisión a cada categoría clave.

## 2.2 CARACTERÍSTICAS DEL INGEI CHILENO

### 2.2.1 Preparación y arreglos institucionales asociados

El Ministerio del Medio Ambiente de Chile (MMA), sucesor de la Comisión Nacional de Medioambiente (Conama), es el responsable técnico de la preparación de la presente comunicación. En lo que respecta al Ingei, también estableció una estructura de trabajo bajo su Oficina de Cambio Climático, encargado de preparar los informes de emisiones y el inventario en general. Tanto para la primera como para la Segunda Comunicación, el principal insumo fue el trabajo de consultores externos a Conama, algunos con compromisos laborales permanentes en el sector público y otros, en el sector privado (Tabla 1)<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Salvo que se indique lo contrario, las tablas del presente capítulo corresponden a elaboración propia.

TABLA 1. Fuentes bibliográficas del Ingei de Chile

Nombre del estudio		Sectores/Subsectores cubiertos	Entidad ejecutora/ Empresa consultora
1.	Inventario nacional de emisiones de gases de efecto invernadero	Energía, procesos industriales, solventes y otros productos	Poch Ambiental (2008)
2.	Complementos y actualización del Inventario de GEI para Chile en los sectores de agricultura, CUTS y residuos antrópicos	Agricultura, CUTS y residuos antrópicos	Instituto de Investigaciones Agropecuarias (Inia) del Ministerio de Agricultura de Chile (2010)
3.	Desarrollo y aplicación de una metodología local de cálculo de emisiones bunker para gases de efecto invernadero	Transporte aéreo y marítimo nacional e internacional	Sistemas Sustentables (2010)

Los dos primeros estudios fueron financiados por el proyecto GEF de la Segunda Comunicación Nacional de Chile, mientras que el tercero, con el presupuesto del Departamento de Estudios de la Conama. En todos se contó con contrapartes técnicas ministeriales sectoriales. Los estudios 1 y 3 tuvieron como contraparte técnica a representantes de la Conama y de la Comisión Nacional de Energía/ Ministerio de Energía, en tanto que en el segundo participó junto a la Conama, el Ministerio de Agricultura. En todos los casos se dispuso de convenios de colaboración de firma ministerial, de manera de asegurar la participación de todas las partes en su ejecución. En cada uno se recalcularon completas las series de tiempo correspondientes. En el caso del primero, se cubrió el periodo 1984-2006 y, en los otros dos, el periodo 1984-2007.

Para las emisiones asociadas a la minería del cobre, la Comisión Chilena del Cobre (Cochilco), dependiente del Ministerio de Minería, encuesta anualmente a todas las faenas de la gran minería de cobre del país y deriva coeficientes anuales de consumo de energéticos, de combustibles y energía eléctrica para esta industria. A partir de esos resultados, determina un inventario de emisiones de GEI para el sector, el cual publica periódicamente (Cochilco, 2009; Cochilco, 2010). En virtud del intercambio de información entre el Ministerio de Energía y esta institución, acordaron que por ser los datos de actividad validados por Cochilco, sean esos mismos resultados utilizados en el inventario. Por lo tanto, el Ingei chileno utiliza los resultados de las emisiones de GEI del sector cobre siguiendo esta información.

Por último, es también relevante indicar que al 2010, existen 3 expertos chilenos miembros activos del equipo de expertos revisores de inventarios de gases de efecto in-

vernadero de la CMNUCC: Sergio González (nominado como experto para el sector agricultura, investigador del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (Inia) del Ministerio de Agricultura de Chile), Aquiles Neuenschwander (nominado como experto para el sector CUTS, oficial de la Fundación para la Innovación Agraria del Ministerio de Agricultura de Chile) y Fernando Farías (nominado como experto para el sector energía, oficial de la Oficina de Cambio Climático del Ministerio del Medio Ambiente de Chile). Todos ellos han participado activamente en la preparación del Ingei chileno.

## 2.2.2 Métodos y fuentes de información

Las metodologías IPCC, en su versión 1996 más códigos de buenas prácticas, están conformadas por los sectores, categorías y subcategorías, que se incluyen en la Tabla 2. La columna Método de esta tabla indica el nivel del método utilizado. Algunas de sus categorías clave (key categories), tuvieron un proceso de refinamiento de los factores de emisión utilizados, los que se expresan en la Tabla 2.



Foto: Ministerio del Medio Ambiente. Gobierno de Chile

**TABLA 2.** Métodos aplicados por categoría y subcategoría en el Ingei de Chile

Sector	Categoría	Subcategoría	Método	Factor de emisión
Energía	Industria de la energía	Producción de electricidad y calor; refinación de petróleo y gas natural; transformación de combustibles sólidos; otras industrias energéticas	Nivel 1	Por defecto
	Industria manufacturera, construcción y minas	Procesos industriales y producción de: hierro y acero, metales no-ferrosos, industria química, celulosa y papel, procesamiento de alimentos, bebestibles y tabaco, cemento, salitre, minas varias	Nivel 1	Por defecto
	Transporte (*)	Aéreo, caminero, ferroviario, marítimo	Nivel 1	Por defecto
	Público, residencial y comercial	Consumos energéticos de las áreas comercial, público y uso doméstico	Nivel 1	Por defecto
	Pesca	Uso de energía por procesos en la industria agropecuaria y pesquera	Nivel 1	Por defecto
	Emisiones fugitivas	Industria de aviación nivel 2; producción de carbón mineral; producción de petróleo y gas natural; precursores de ozono y SO <sub>2</sub>	Nivel 1	Por defecto
	Leña y biogás	Uso de leña y biogás, como fuente de energía	Nivel 1	Por defecto
Procesos Industriales	Productos minerales	Producción y uso de cemento, cal, caliza, dolomita, carbonato sódico; producción y uso de asfalto, amoniaco, ácido nítrico, ácido adípico, carburo de silicio y carburo de calcio	Nivel 1	Por defecto
	Industria química	Papel y celulosa, alimentos y bebestibles	Nivel 1	Por defecto
	Producción de metales	Hierro y acero, cobre, oro, plomo, plata y cinc, molibdeno	Nivel 1	Por defecto
	Otras producciones	Metano, etileno, formaldehído, Anhídrido ftálico, poliestireno expandible, polieteno baja densidad, polipropileno, ácido sulfúrico	Nivel 1	Por defecto
	Consumo de HCFCs y SF <sub>6</sub>	Halocarburos (HFC), perfluoruros (PFC) y hexafluoruro de Azufre (SF <sub>6</sub> )	Nivel 1	Por defecto
Uso de solventes y otros productos	Fabricación de pinturas	Base agua y base aceite	Nivel 1	Por defecto
	Uso de pinturas	Industrial y residencial	Nivel 1	Por defecto
	Uso de adhesivos	Emisiones por uso de adhesivos	Nivel 1	Por defecto
	Uso de solventes domésticos	Emisiones por uso domésticos	Nivel 1	Por defecto
Agricultura	Fermentación entérica	Ganado bovino	Nivel 2	Valor nivel 2
		Otros animales	Nivel 1b	Por defecto
	Manejo del estiércol - Emisión de metano	Ganado porcino	Nivel 2	Valor nivel 2
		Otros animales	Nivel 1b	Por defecto
	Manejo del estiércol - Emisión de óxido nitroso	Distintos sistemas de manejo del estiércol	Nivel 2	Valor nivel 2
	Cultivo del arroz	Regado, régimen de inundación permanente o intermitente	Nivel 1b	Por defecto
		Regado por lluvia	Nivel 1b	Por defecto
		De altura	Nivel 1b	Por defecto
	Suelos agrícolas	Emisiones directas, emisiones indirectas, pastoreo directo	Nivel 1b	Por defecto
Quema de residuos agrícolas	Cereales, frutales caducifolios	Nivel 1b	Por defecto	
Cambio de uso del suelo y silvicultura (CUTS)	Suelos forestales (SF)	Suelos forestales que permanecen como tales	Niveles	Valor nivel 2 país-específico
		Suelos de otros usos que pasan a suelos forestales	1b y 2	Por defecto
	Praderas y matorrales (PM)	Praderas y matorrales que permanecen como tales	Nivel 1b	Por defecto
		Suelos de otros usos que pasan a praderas y matorrales	Nivel 1b	Por defecto
	Suelos agrícolas (SA)	Suelos agrícolas que permanecen como tales	Nivel 1b	Por defecto
		Suelos de otros usos que pasan a suelos agrícolas	Nivel 1b	Por defecto
	Suelos urbanos (SU)	Suelos urbanos que permanecen como tales	Nivel 1b	Por defecto
		Suelos de otros usos que pasan a suelos urbanos	Nivel 1b	Por defecto
	Humedales (HU)	Humedales que permanecen como tales		
		Suelos de otros usos que pasan a humedales		



Sector	Categoría	Subcategoría	Método	Factor de emisión
	Suelos desnudos (SD)	Suelos desnudos que permanecen como tales	Nivel 1b	Por defecto
		Suelos de otros usos que pasan a suelos desnudos	Nivel 1b	Por defecto
Residuos antrópicos	Residuos sólidos urbanos	Disposición final de residuos sólidos urbanos	Nivel 1b	Por defecto
	Residuos líquidos	Tratamientos de aguas servidas y lodos domésticos	Nivel 1b	Por defecto
		Tratamiento de aguas residuales y lodos residuales	Nivel 1b	Por defecto
	Incineración de residuos hospitalarios	Incineración de restos humanos y cadáveres; incineración de residuos hospitalarios	Nivel 1b	Por defecto
Emisión de óxido nitroso por excretas humanas	Excretas humanas producidas por la población urbana	Nivel 1b	Por defecto	

(\*) Para el transporte aéreo nacional, se aplicó una metodología Nivel 2-a del IPCC 2006, pues se pudo usar información de estadísticas de LTO sin considerar una desagregación completa de las LTO por el tipo de avión (Sistemas Sustentables, 2010).

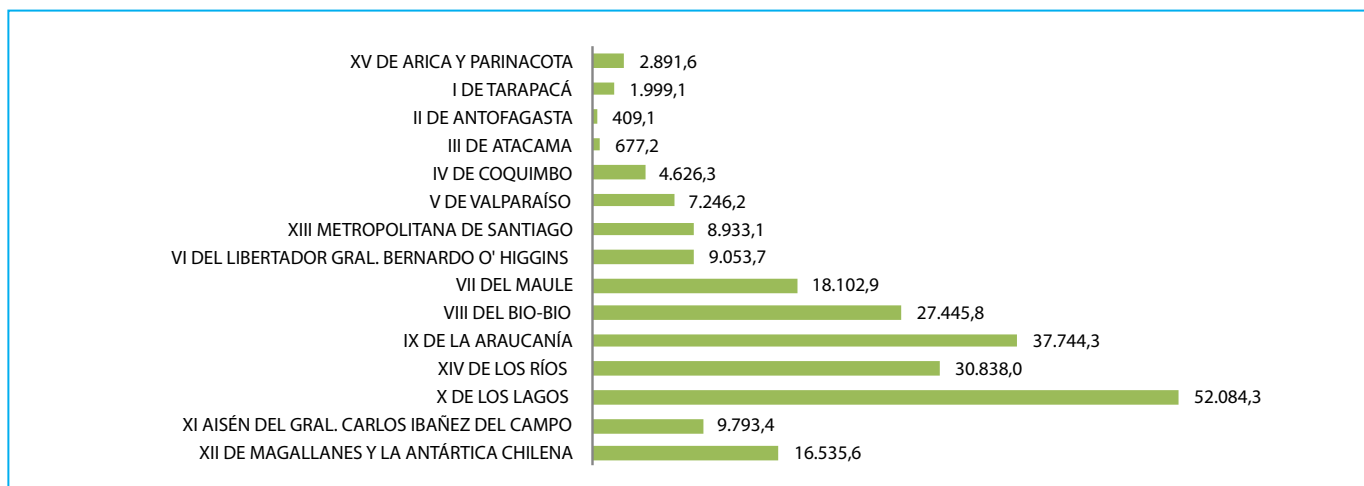
Para los datos de actividad asociados a los sectores en los que se evalúan las emisiones chilenas, existen diversas fuentes locales e internacionales que permiten recopilarlos. En el caso del Balance Nacional de Energía es relevante informar que, desde 2008, el equipo encargado de su preparación se encuentra implementando un proceso de refinamiento de sus fuentes de información (aumento de la cobertura de encuestas principalmente), adoptando progresivamente las directrices de la Agencia Internacional de Energía al respecto.

Es relevante indicar que en el Ingei chileno la gran mayoría de los métodos aplicados para la evaluación de emisiones corresponden al del nivel 1. Es por esto que en el capítulo 6 de esta comunicación se presentan entre las necesidades nacionales de desarrollo y fortalecimiento de capacidades técnicas sectoriales, aquellas relacionadas con el mejoramiento del inventario nacional de emisiones de gases de efecto invernadero.

### 2.2.3 Alcances geográficos de la información utilizada

Dependiendo de la disponibilidad de información de actividad de alcance regional, el país se encuentra actualmente dividido en 15 regiones administrativas, tres sectores del Ingei chileno (agricultura, cambio en el uso de la tierra y silvicultura y, residuos antrópicos) fueron desagregados al nivel regional, lo que es equivalente al método Nivel b de la metodología de inventarios del IPCC del año 2006. En el caso de los otros tres sectores del inventario: energía, procesos industriales y uso de solventes y otros productos, sus emisiones fueron estimadas con datos de actividad agregados a nivel país.

A manera de ejemplo de la desagregación regional de la información para algunos sectores, en la Figura 2 se presentan las emisiones de metano (toneladas) para la categoría fermentación entérica del sector agricultura, una de las categorías claves en el Ingei chileno, para las 15 regiones administrativas en que se encuentra dividido el país.



**Figura 2.** Distribución regional de las emisiones de metano (ton) para la categoría "Fermentación entérica" del sector agricultura, año 2000

Fuente: Elaboración propia en base a INIA, 2010

### 2.2.4 Evaluación de categorías claves en el Ingei de Chile

Las categorías claves de un Ingei son aquellas que en su conjunto contribuyen con el mayor porcentaje absoluto de emisiones o capturas en el inventario y para las que por su relevancia se debe propender a mejorar progresivamente su estimación. Utilizando la metodología que indica la guía de buenas prácticas IPCC de 2000, el software para el reporte de inventarios y los datos de emisiones y capturas del inventario nacional para 2000, se identificaron las

categorías claves bajo dos modalidades, esto es, considerando al sector CUTS y no considerándolo. Los resultados se presentan en la Tabla 3. Las categorías seleccionadas comprenden el conjunto de categorías en el inventario nacional que para ese año representaron al menos el 95% de las emisiones o capturas en valores absolutos. Como se aprecia en la Tabla 3, existen categorías claves en todos sus sectores. Esto implica que es necesario que en todos ellos se realicen esfuerzos de mejoramiento progresivo de la información que proveen al inventario nacional.

**TABLA 3.** Categorías clave identificadas para el Ingei de Chile, año 2000

Gas	Categoría Clave	Sector	Emisiones anuales (sin CUTS) Gg CO <sub>2</sub> eq	% acumulativo (sin CUTS)	Emisiones anuales (con CUTS) Gg CO <sub>2</sub> eq	% acumulativo (con CUTS)
CO <sub>2</sub>	Suelos forestales que permanecen como suelos forestales	CUTS			28.784,2	28,0%
CO <sub>2</sub>	Combustiones en fuentes estacionarias (Sólidos)	Energía	15.842,8	22,4%		43,4%
CO <sub>2</sub>	Combustiones en fuentes móviles: vehículos camineros	Energía	15.002,3	43,7%		58,0%
CO <sub>2</sub>	Industrias manufactureras, de la construcción y minas	Energía	12.142,6	60,8%		69,8%
N <sub>2</sub> O	Suelos agrícolas (directo e indirecto)	Agricultura	6.562,5	70,1%		76,2%
CH <sub>4</sub>	Fermentación entérica doméstica	Agricultura	4.796,0	76,9%		80,8%
CO <sub>2</sub>	Otros sectores: residencial	Energía	3.508,8	81,9%		84,3%
CO <sub>2</sub>	Emisiones de la industria del hierro y acero	Procesos industriales	1.816,8	84,5%		86,0%
CH <sub>4</sub>	Sitios de disposición de residuos sólidos	Residuos	1.796,8	87,0%		87,8%
CO <sub>2</sub>	Producción de cemento	Procesos industriales	1.683,4	89,4%		89,4%
CH <sub>4</sub>	Emisiones fugitivas de operaciones petroleras y de gas natural	Energía	1.277,9	91,2%		90,7%
CH <sub>4</sub>	Manejo de estiércol	Agricultura	1.241,1	93,0%		91,9%
CH <sub>4</sub>	Suelos forestales que permanecen como suelos forestales	CUTS		93,0%	1.233,1	93,1%
CO <sub>2</sub>	Suelos convertidos a suelos forestales	CUTS		93,0%	1.026,2	94,1%
CH <sub>4</sub>	Otros (energía)	Energía	741,0	94,0%		94,8%
CO <sub>2</sub>	Combustiones en fuentes móviles: vehículos aéreos	Energía	663,0	94,9%		95,4%
CO <sub>2</sub>	Producción de cal	Procesos industriales	653,3	95,9%		

## 2.2.5 Factores de conversión aplicados

Para la expresión de las emisiones en la forma requerida, se aplicaron factores de conversión según se reportan en la Tabla 4. Por su parte, los potenciales de calentamiento global empleados en la transformación de los gases no-CO<sub>2</sub> en CO<sub>2</sub>-equivalente, CO<sub>2</sub>eq, son los siguientes: 1 para el CO<sub>2</sub>, 21 para el CH<sub>4</sub>, 310 para el N<sub>2</sub>O y 23900 para el SF<sub>6</sub>.

TABLA 4. Factores de conversión aplicados.

Factores de conversión	
De C a CH <sub>4</sub>	1,33
De C a CO	2,33
De C a COVNM	1,22
De N a N <sub>2</sub> O	1,57
De N a NO <sub>x</sub>	1,17
De C a CO <sub>2</sub>	3,67

## 3. EMISIONES DE GEI DE CHILE

### 3.1 RESUMEN DEL INGEI DE CHILE PARA LOS AÑOS 2000 Y 2006

Los resultados para el año 2000 de los tres gases de efecto invernadero CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O, así como los otros gases que no son considerados de efecto invernadero, pero que

la Convención solicita que se reporten complementariamente CO, NO<sub>x</sub>, COVDM, SO<sub>x</sub> se muestran en forma resumida en la Tabla 5, siguiendo el formato acordado por la Convención en la Tabla 1 de la Decisión 17/CP.8 de la CM-NUCC.

TABLA 5. Emisiones de GEI de Chile, año 2000

Categorías de fuentes y sumideros de GEI	Emisiones de CO <sub>2</sub> (Gg)	Absorción de CO <sub>2</sub> (Gg)	CH <sub>4</sub> (Gg)	N <sub>2</sub> O (Gg)	CO (Gg)	NO <sub>x</sub> (Gg)	COVDM (Gg)	SO <sub>x</sub> (Gg)
<b>Total de las emisiones y la absorción nacionales</b>	<b>53.623,5</b>	<b>-29.819,2</b>	<b>559,8</b>	<b>25,2</b>	<b>284,4</b>	<b>5.611,5</b>	<b>484,0</b>	<b>1.372,9</b>
<b>1. Energía</b>	<b>48.730,0</b>	<b>0,0</b>	<b>104,3</b>	<b>1,1</b>	<b>261,8</b>	<b>1.592,0</b>	<b>260,2</b>	<b>408,0</b>
1.A. Quema de combustibles (método sectorial)	48.730,0		40,0	1,1	261,2	1.591,1	254,2	399,0
1.A.1. Industrias de energía	15.842,8		0,3	0,2	47,0	4,1	1,1	350,3
1.A.2. Industrias manufactureras, construcción y minas	12.142,6		0,7	0,1	33,5	7,1	1,3	0,0
1.A.3. Transporte	16.013,3		2,7	0,2	157,1	960,0	181,5	0,0
1.A.4. Comercial, Institucional, Residencial	4.146,7		0,9	0,0	5,9	5,1	0,7	0,0
1.A.5. Pesca	584,7		0,2	0,0	0,8	0,9	0,1	0,0
1.A.6 Leña y biomasa (no-CO <sub>2</sub> )			35,3	0,7	16,9	613,9	69,6	48,6
1.B. Emisiones fugitivas de combustible			64,3		0,6	0,9	6,0	9,0
1.B.1. Combustibles sólidos			3,4		0,0	0,0	0,0	0,0
1.B.2. Petróleo y gas natural			60,9		0,6	0,9	6,0	9,0
<b>2. Procesos industriales</b>	<b>4.153,6</b>	<b>0,0</b>	<b>5,9</b>	<b>0,5</b>	<b>6,4</b>	<b>14,0</b>	<b>223,8</b>	<b>964,9</b>
2.A. Productos minerales	2.336,8				0,0	0,0	174,4	1,0
2.B. Industria química	0,0		5,9	0,5	2,9	0,0	0,6	63,0
2.C. Producción de metales	1.816,8		0,0	0,0	0,1	1,6	0,2	885,4
2.D. Otra producción (Pasta & papel, Comida & bebida)	NA		NA	NA	3,3	12,4	48,6	15,5
2.E. Producción de halocarburos y hexafluoruro de azufre								
2.F. Consumo de halocarburos y hexafluoruro de azufre								
2.G. Otros (especifíquense)	NE		NE	NE	NE	NE	NE	NE

Categorías de fuentes y sumideros de GEI	Emisiones de CO <sub>2</sub> (Gg)	Absorción de CO <sub>2</sub> (Gg)	CH <sub>4</sub> (Gg)	N <sub>2</sub> O (Gg)	CO (Gg)	NO <sub>x</sub> (Gg)	COVDM (Gg)	SO <sub>x</sub> (Gg)
<b>3. Utilización de disolventes y otros productos</b>	NE			NE			NE	
<b>4. Agricultura</b>			295,6	22,2	2,8	55,5	0,0	0,0
4.A. Fermentación entérica			228,4					
4.B. Aprovechamiento del estiércol			59,1	1,0			0,0	
4.C. Cultivo del arroz			5,5				0,0	
4.D. Suelos agrícolas				21,2			0,0	
4.E. Quema prescrita de sabanas			NO	NO	NO	NO	NO	
4.F. Quema en el campo de residuos agrícolas			2,6	0,1	2,8	55,5	0,0	
4.G. Otros (especificíquense)			NE	NE	NE	NE	NE	
<b>5. Cambio en el uso de la tierra y silvicultura</b>	<b>703,1</b>	<b>-29.819,2</b>	<b>63,4</b>	<b>1,1</b>	<b>13,4</b>	<b>3.950,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>
5.A. Cambios en las existencias en pie de bosques y otra biomasa leñosa	613,5	0,0						
5.B. Conversión de bosques y praderas	0,0	-1.033,6	0,6	0,0	0,1	5,1		
5.C. Abandono de tierras cultivadas		0,0						
5.D. Emisiones y absorción de CO <sub>2</sub> del suelo	86,3	-28.785,5						
5.E. Otros (especificíquense)	NE	NE	NE	NE	NE	NE		
<b>6. Residuos</b>	<b>36,9</b>		<b>90,6</b>	<b>0,3</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>
6.A. Eliminación de residuos sólidos en la tierra			85,6		0,0		0,0	
6.B. Tratamiento de las aguas residuales			5,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
6.C. Incineración de residuos	36,9				0,0	0,0	0,0	0,0
6.D. Otros (emisiones indirectas de N <sub>2</sub> O)			NA	0,3	NA	NA	NA	NA
<b>7. Otros (especificíquense)</b>	<b>NE</b>	<b>NE</b>	<b>NE</b>	<b>NE</b>	<b>NE</b>	<b>NE</b>	<b>NE</b>	<b>NE</b>
<b>Partidas Informativas</b>								
Transporte internacional	3.059,8		0,1	0,0	5,6	3,0	1,2	0,3
Aéreo	1.045,1		0,1	0,0	5,6	3,0	1,2	0,3
Marítimo	2.014,7		0,0	0,0	NE	NE	NE	NE
Emisiones de CO <sub>2</sub> de la biomasa	16.721,5							

**Nomenclatura:** NE: no estimado; NO: no ocurre; NA: no aplica

Adicionalmente, Chile ha decidido voluntariamente incluir los resultados del Ingei de Chile 2006, último año para el cual se tiene información en el país para todos los secto-

res del inventario. Estos resultados se muestran en forma resumida en la Tabla 6, siguiendo el mismo formato indicado anteriormente.



Foto: Ministerio del Medio Ambiente. Gobierno de Chile

**TABLA 6.** Inventario de Chile de emisiones antropogénicas de GEI no controladas por el Protocolo de Montreal y de precursores de GEI, año 2006

Categorías de fuentes y sumideros de GEI	Emisiones de CO <sub>2</sub> (Gg)	Absorción de CO <sub>2</sub> (Gg)	CH <sub>4</sub> (Gg)	N <sub>2</sub> O (Gg)	CO (Gg)	NO <sub>x</sub> (Gg)	COVDM (Gg)	SO <sub>x</sub> (Gg)
<b>Total de las emisiones y la absorción nacionales</b>	<b>60.795,9</b>	<b>-22.043,4</b>	<b>591,7</b>	<b>27,1</b>	<b>316,3</b>	<b>6.745,2</b>	<b>427,3</b>	<b>947,0</b>
<b>1. Energía</b>	<b>55.117,2</b>	<b>0,0</b>	<b>110,0</b>	<b>1,3</b>	<b>291,5</b>	<b>1.544,8</b>	<b>248,8</b>	<b>432,7</b>
1.A. Quema de combustibles (método sectorial)	55.117,2		41,6	1,3	290,9	1.543,8	242,1	422,7
1.A.1. Industrias de energía	20.681,5		0,3	0,2	60,8	5,3	1,4	368,6
1.A.2. Industrias manufactureras, construcción y minas	13.119,7		0,7	0,1	36,8	6,8	1,4	0,0
1.A.3. Transporte	16.970,2		2,6	0,2	168,6	873,6	165,4	0,0
1.A.4. Comercial, Institucional, Residencial	4.033,8		0,7	0,0	5,5	4,3	0,6	0,0
1.A.5. Pesca	312,1		0,2	0,0	0,4	0,9	0,1	0,0
1.A.6 Leña y biomasa (no-CO <sub>2</sub> )			37,1	0,8	18,8	652,9	73,3	54,1
1.B. Emisiones fugitivas de combustible			68,3		0,6	1,0	6,7	10,0
1.B.1. Combustibles sólidos			1,8		0,0	0,0	0,0	0,0
1.B.2. Petróleo y gas natural			66,5		0,6	1,0	6,7	10,0
<b>2. Procesos industriales</b>	<b>4.902,6</b>	<b>0,0</b>	<b>6,4</b>	<b>0,7</b>	<b>8,6</b>	<b>18,3</b>	<b>178,5</b>	<b>514,3</b>
2.A. Productos minerales	3.007,4				0,0	0,0	137,0	1,2
2.B. Industria química	0,0		6,4	0,7	4,0	0,0	2,3	83,5
2.C. Producción de metales	1.895,2		0,0	0,0	0,1	1,7	0,2	408,8
2.D. Otra producción (Pasta & papel, Comida & bebida)	NA		NA	NA	4,5	16,6	39,0	20,8
2.E. Producción de halocarburos y hexafluoruro de azufre								
2.F. Consumo de halocarburos y hexafluoruro de azufre								
2.G. Otros (especificuense)	NE		NE	NE	NE	NE	NE	NE
<b>3. Utilización de disolventes y otros productos</b>	<b>NE</b>			<b>NE</b>			<b>NE</b>	
<b>4. Agricultura</b>			<b>291,9</b>	<b>23,5</b>	<b>1,6</b>	<b>32,4</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>
4.A. Fermentación entérica			216,4					
4.B. Aprovechamiento del estiércol			69,3	1,2			0,0	
4.C. Cultivo del arroz			4,7				0,0	
4.D. Suelos agrícolas				22,2			0,0	
4.E. Quema prescrita de sabanas			NO	NO	NO	NO	NO	
4.F. Quema en el campo de residuos agrícolas			1,5	0,04	1,6	32,4	0,0	
4.G. Otros (especificuense)			NE	NE	NE	NE	NE	
<b>5. Cambio en el uso de la tierra y silvicultura</b>	<b>739,3</b>	<b>-22.043,4</b>	<b>71,3</b>	<b>1,4</b>	<b>14,6</b>	<b>5.149,7</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>
5.A. Cambios en las existencias en pie de bosques y otra biomasa leñosa	613,5	0,0						
5.B. Conversión de bosques y praderas	0,0	-1.033,6	0,6	0,0	0,1	5,1		
5.C. Abandono de tierras cultivadas		0,0						
5.D. Emisiones y absorción de CO <sub>2</sub> del suelo	122,5	-21.009,8						
5.E. Otros (especificuense)	NE	NE	NE	NE	NE	NE		
<b>6. Residuos</b>	<b>36,9</b>		<b>112,1</b>	<b>0,3</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>
6.A. Eliminación de residuos sólidos en la tierra			107,5		0,0		0,0	
6.B. Tratamiento de las aguas residuales			4,6	0,0	0,0	0,0	0,0	
6.C. Incineración de residuos	36,9				0,0	0,0	0,0	0,0
6.D. Otros (emisiones indirectas de N <sub>2</sub> O)			NA	0,3	NA	NA	NA	NA
<b>7. Otros (especificuense)</b>	<b>NE</b>	<b>NE</b>	<b>NE</b>	<b>NE</b>	<b>NE</b>	<b>NE</b>	<b>NE</b>	<b>NE</b>

Categorías de fuentes y sumideros de GEI	Emisiones de CO <sub>2</sub> (Gg)	Absorción de CO <sub>2</sub> (Gg)	CH <sub>4</sub> (Gg)	N <sub>2</sub> O (Gg)	CO (Gg)	NOx (Gg)	COVDM (Gg)	SOx (Gg)
<b>Partidas Informativas</b>								
Transporte internacional	5.259,5		0,1	0,0	6,5	3,5	1,4	0,4
Aéreo	1.210,3		0,1	0,0	6,5	3,5	1,4	0,4
Marítimo	4.049,2		0,0	0,0	NE	NE	NE	NE
Emisiones de CO <sub>2</sub> de la biomasa	18.563,2							

Nomenclatura: NE: no estimado; NO: no ocurre; NA: no aplica.

Como parte del Ingei, también se calcularon emisiones asociadas al consumo de hexafluoruro de azufre, SF<sub>6</sub>, liberado anualmente en el país. Para 2000 correspondieron a 0,83 ton SF<sub>6</sub>, o 19,8 Gg CO<sub>2</sub>eq y, para 2006 a 4,72 ton SF<sub>6</sub>, o 115,9 Gg CO<sub>2</sub>eq. Estos valores no aparecen en las Tablas 5 y 6, pero se encuentran incluidos en el conteo global de CO<sub>2</sub> equivalente para el país, que se presenta a continuación.

Las emisiones de Chile en CO<sub>2</sub> equivalente (CO<sub>2</sub>eq), para ambos años, se presentan en la Tabla 7, alcanzando para 2000 un valor de 43,41 millones de ton de CO<sub>2</sub>eq y para 2006 un valor de 59,67 millones de ton de CO<sub>2</sub>eq.

**TABLA 7.** Emisiones y capturas de GEI en Chile, años 2000 y 2006, expresados como Gg de CO<sub>2</sub>eq

Ítem	Tipo	CO <sub>2</sub> eq		Variación %
		2000 [Gg]	2006 [Gg]	
<b>Sector energía</b>		<b>51.279</b>	<b>57.806</b>	<b>13%</b>
Industria de la energía		15.897	20.751	31%
Industria manufacturera, construcción y minas		12.191	13.170	8%
Transporte		16.123	17.062	6%
Público, residencial y comercial		4.176	4.058	-3%
Pesca		590	316	-46%
Emisiones fugitivas		1.350	1.435	6%
Leña y biogás	emisión GEI no-CO <sub>2</sub>	952	1013	6%
<b>Sector procesos industriales</b>		<b>4.447</b>	<b>5.361</b>	<b>21%</b>
Productos minerales		2.337	3.007	29%
Industria química		273	342	25%
Producción de metales		1.817	1.895	4%
Otras producciones		NE	NE	
Consumo de halocarbonos y SF <sub>6</sub>		20	116	484%
<b>Sector agricultura</b>		<b>13.103</b>	<b>13.401</b>	<b>2%</b>
Fermentación entérica		4.796	4.544	-5%
Manejo del estiércol		1.550	1.819	17%
Cultivo del arroz		115	99	-14%
Suelos agrícolas		6.563	6.893	5%
Quema de residuos agrícolas		79	46	-42%
Otros		NE	NE	
<b>Sector cambio en el uso de la tierra y silvicultura (CUTS)</b>		<b>-27.446</b>	<b>-19.386</b>	<b>29%</b>
Suelos forestales	capturas	-85.006	-93.010	9%
	emisiones	56.768	72.799	28%
Praderas y matorrales	capturas	-122	-122	0%
	emisiones	609	607	0%

Ítem	Tipo	CO2eq		Variación %
		2000 [Gg]	2006 [Gg]	
Suelos agrícolas	capturas	-74	-74	0%
	emisiones	245	281	15%
Suelos urbanos	capturas	-23	-23	0%
	emisiones	110	110	0%
Humedales		NE	NE	
Suelos desnudos		46	46	0%
Otros		NE	NE	
<b>Sector Residuos antrópicos</b>		<b>2.028</b>	<b>2.489</b>	<b>23%</b>
Residuos sólidos		1.797	2.258	26%
Residuos líquidos		105	97	-8%
Incineración de residuos		37	37	0%
Otros		89	97	9%
<b>Total país</b>	<b>Balance global</b>	<b>43.410</b>	<b>59.672</b>	<b>37%</b>
<b>Memo ítems: Valores no incluidos dentro del consolidado</b>				
Transporte Internacional		3.068	5.275	72%
Marítimo		2.022	4.065	101%
Aéreo		1.045	1.210	16%
Leña y biogás	emisión de CO <sub>2</sub>	16.721	18.563	11%

### 3.2 DESCRIPCIÓN E INTERPRETACIÓN DE TENDENCIAS PARA VALORES AGREGADOS DE GEI

La Figura 3 representa la tendencia global de crecimiento del CO<sub>2</sub> equivalente en el intervalo 1984-2006 para los cinco sectores del Ingei, así como el balance de emisiones y capturas, que en Chile es positivo en todo el período bajo análisis. Entre los años 1990 y 2006 las emisiones netas de GEI para el país crecieron en un 232%. En tanto, entre 2000 y 2006 las emisiones netas de GEI para el país crecieron en un 37%. Si no se considera el sector CUTS, los aumentos de emisiones de GEI fueron de un 68% entre 1990 y 2006 y de un 12% entre los años 2000 y 2006. Los niveles de aumento han sido congruentes con el crecimiento económico del país en este período.

A nivel sectorial, se aprecia la importancia del sector CUTS en el caso de las capturas de CO<sub>2</sub> en Chile aunque la captura neta se ha visto progresivamente reducida entre 1984 y 2006. En términos absolutos, el sector energía aporta en forma dominante y creciente a los valores de emisiones nacionales (aumento de un 85% entre 1990 y 2006). El segundo sector contribuyente es la agricultura, pese a que ha sido el que menos creció en el período 1990-2006, con un incremento en sus emisiones del 10%. El que mayor-

mente las aumentó es el sector de residuos antrópicos (142%); sin embargo, su impacto absoluto es bajo.

Las Figuras 3 y 4 corroboran que la principal causa del fuerte aumento exhibido por la emisión neta nacional, es el sector energía con un 168% entre 1984 y 2006. Por su parte, los restantes sectores muestran también aumentos aunque por sus valores menores, no influyen mayormente en el balance nacional. Queda claro el aporte creciente del sector energía y la reducción progresiva de las capturas por CUTS.



Foto: Ministerio del Medio Ambiente. Gobierno de Chile

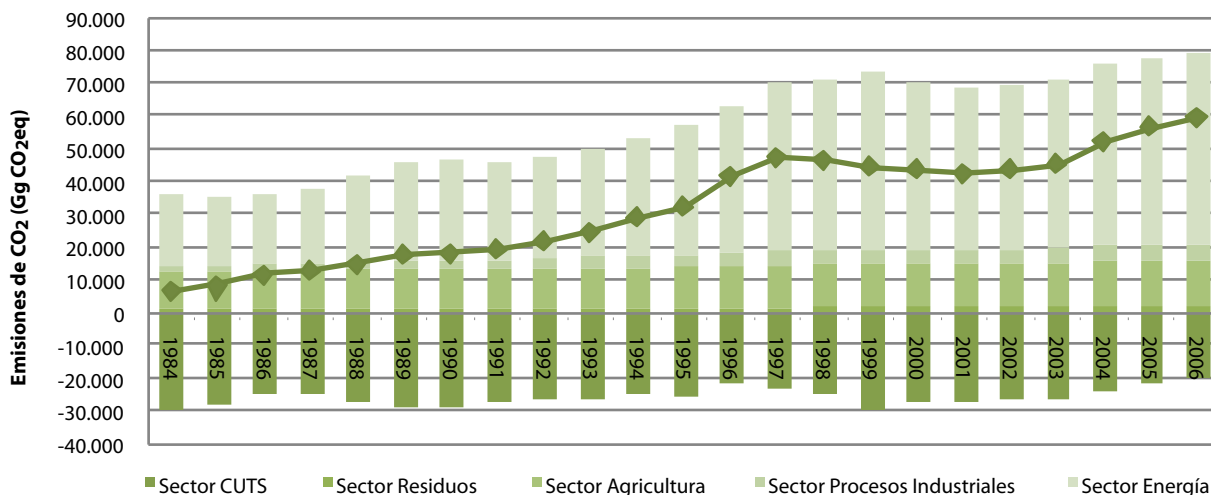


Figura 3. Emisiones, capturas y balance de GEI por sector, período 1984-2006<sup>2</sup>

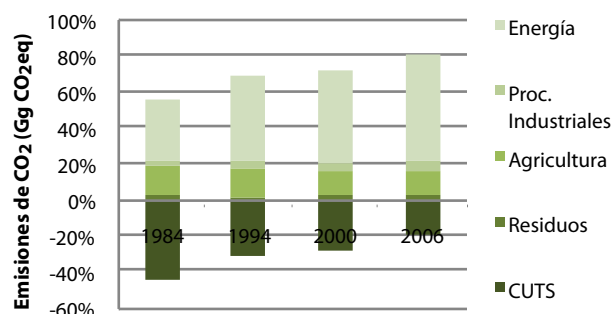


Figura 4. Participación porcentual de los sectores del Ingei de Chile en las emisiones y capturas de GEI

### 3.3 DESCRIPCIÓN E INTERPRETACIÓN DE TENDENCIAS PARA LOS GEI CONSIDERADOS INDIVIDUALMENTE

La metodología IPCC revisada en 1996 considera en su formato de reporte de la información de los países, que las emisiones de GEI se presenten separadas por tipo de gas. La Tabla 8 resume las emisiones y capturas nacionales de los tres principales GEI del inventario chileno: el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el metano (CH<sub>4</sub>) y el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O).

TABLA 8. Emisiones y capturas nacionales de GEI, años 2000 y 2006

Años	CO <sub>2</sub> (emisiones)	CO <sub>2</sub> (capturas)	CO <sub>2</sub> (emisiones-capturas)	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
	[Gg]	[Gg]	[Gg]	[Gg]	[Gg]
2000	53.623	-29.819	23.804	560	25
2006	60.796	-22.043	38.753	592	27

#### 3.3.1 Dióxido de carbono: CO<sub>2</sub>

El CO<sub>2</sub> es el principal GEI emitido en Chile. Al año 2000 representaba el 55% del total de emisiones netas de CO<sub>2</sub>eq del inventario anual, en tanto que en 2006 su importancia subió al 65%. En los años 2000 y 2006, el 92% del CO<sub>2</sub> emitido -sin considerar la contribución del sector CUTS en el país- provino del sector energía, siendo atribuido el 8% restante al sector de procesos industriales. Entre 2000 y 2006 la emisión de CO<sub>2</sub>, sin considerar la contribución del sector CUTS, aumentó desde 52,9 millones de ton de CO<sub>2</sub> hasta 60,1 millones de ton de CO<sub>2</sub>. Considerando el sector CUTS, las emisiones netas de CO<sub>2</sub> en el país aumentaron desde 23,8 millones de ton de CO<sub>2</sub> el año 2000 a 38,7 millones de ton el año 2006, lo que corresponde a un incremento de un 63%.

En el caso de las capturas de CO<sub>2</sub>, que ocurren por procesos fotosintéticos en la naturaleza, entre los años 2000 y 2006, éstas disminuyeron desde 29,8 millones de ton de CO<sub>2</sub> a 22 millones de ton de CO<sub>2</sub>, de acuerdo a la contabili-

<sup>2</sup>Salvo que se indique lo contrario, las figuras del presente capítulo corresponden a elaboración propia.



dad de la metodología de preparación de los inventarios, lo que corresponde a un decremento de un 26%.

### 3.3.2 Metano: CH<sub>4</sub>

El CH<sub>4</sub> es, después del CO<sub>2</sub>, el GEI que tiene mayor impacto en las emisiones del país. En 2000 representaba el 27% del total de emisiones netas de CO<sub>2</sub>eq del inventario anual, en tanto que el año 2006 correspondía al 21%. El sector agricultura es el que más contribuye con emisiones de metano. En 2000 representaba el 53% de las emisiones totales en el país, reduciéndose a un 49% en el año 2006. El segundo sector emisor de CH<sub>4</sub> en 2000 fue energía con un 19%. Este porcentaje se mantuvo en el año 2006. Por su parte, el tercer sector que mayormente contribuyó en 2000 fue residuos antrópicos con un 16%, cuyas emisiones aumentaron a un 19% para 2006. Finalmente, el sector de procesos industriales aportó con un 1% al total, en 2000 y 2006. Entre esos mismos años, la emisión de CH<sub>4</sub> sin considerar la contribución del sector CUTS aumentó desde 496,4 mil ton hasta 520,5 mil ton. Considerando al sector CUTS, las emisiones subieron desde 559,8 mil ton el año 2000 a 591,7 mil ton el año 2006.

### 3.3.3 Oxido nitroso: N<sub>2</sub>O

El N<sub>2</sub>O representaba el 18% del total de emisiones netas de CO<sub>2</sub>eq del Ingei en 2000, en tanto que en 2006 correspondía al 14% del CO<sub>2</sub>eq. El 88% de las emisiones de este GEI provienen del sector agricultura para 2000, porcentaje que se reduce marginalmente a un 87% para 2006. El sector CUTS, en tanto, contribuye con un 5% del N<sub>2</sub>O en 2000, aumentando a un 6% en el año 2006. El sector energía es el tercer emisor, manteniendo su porcentaje de un 5% en los años 2000 y 2006. Los sectores de procesos industriales y residuos antrópicos aportaron con un 2% y un 1% en los años 2000 y 2006 respectivamente. Entre los años 2000 y 2006 la emisión de N<sub>2</sub>O, sin considerar la contribución del sector CUTS, aumentó desde 24 mil hasta 26 mil ton de N<sub>2</sub>O. Al contemplar ese sector, crecieron desde 25 mil ton de N<sub>2</sub>O el año 2000 a 27 mil ton el año 2006.

## 3.4 DESCRIPCIÓN E INTERPRETACIÓN DETALLADA DE LAS TENDENCIAS PARA EMISIONES POR SECTOR

### 3.4.1 El sector energía

El consumo de energía en el país ha tenido una tendencia creciente y sostenida en los últimos años. Parte importante del abastecimiento energético ha provenido del in-

cremento en el consumo de combustibles fósiles, los que aportan significativamente a la generación de GEI.

La Tabla 9 informa las emisiones de CO<sub>2</sub> provenientes de los consumos aparentes de combustibles en el país para los años 2000 y 2006, es decir, la diferencia entre la producción e importación de combustibles y la exportación, consumo internacional y variaciones de stock de los mismos combustibles. Comparativamente, entre estos años, se tuvo en el país un fuerte crecimiento en el consumo de combustibles gaseosos, asociado a la mayor disponibilidad temporal de abastecimiento de gas natural proveniente de países limítrofes con Chile. Este factor amortiguó en este periodo el crecimiento de las emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas al consumo de combustibles fósiles.

**TABLA 9.** Emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas al consumo aparente de combustibles fósiles en Chile, años 2000 y 2006

Combustibles	Año 2000 [Gg CO <sub>2</sub> ]	Año 2006 [Gg CO <sub>2</sub> ]	Variación porcentual
Líquidos	24.852	26.767	7,7%
Sólidos	11.429	13.544	18,5%
Gaseosos	12.448	14.744	18,4%
<b>Total</b>	<b>48.729</b>	<b>55.055</b>	<b>13,0%</b>

Fuente: Ingei de Chile.

Bajo este sector se contabilizan las emisiones asociadas a los consumos de combustibles fósiles (sólidos, líquidos y gaseosos) en el país, así como las emisiones fugitivas, que en Chile corresponden mayoritariamente a estimaciones de metano liberado en las etapas de transmisión y distribución de gas natural. En la categoría leña y biogás de este sector se reportan las emisiones de los gases CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O emitidas por el consumo de estos combustibles y de los residuos de poda de árboles frutales utilizados en el país como fuente de energía. Las emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas al consumo de leña y biogás, así como de los residuos de poda de árboles frutales utilizados en el país como fuente de energía, son incluidas en "Memo ítems", de acuerdo a la metodología de reporte de emisiones del IPCC.

Las categorías y subcategorías del sector energía consideradas se presentan en la Tabla 10. No fueron contabilizadas las emisiones de CO<sub>2</sub> de la categoría leña debido a que están consideradas en el sector CUTS, como cosecha forestal.

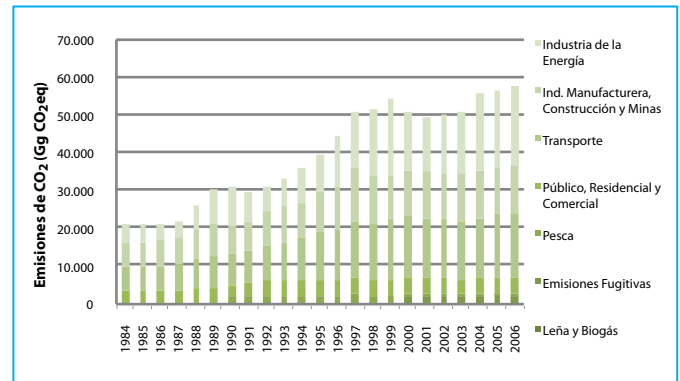
**TABLA 10.** Categorías y subcategorías del sector energía

Sector	Categoría	Subcategoría
Energía	Industria de la energía	Producción de electricidad y calor, refinación de petróleo y gas natural, transformación de combustibles sólidos, otras industrias energéticas.
	Industria manufacturera, construcción y minas	Procesos industriales y producción de hierro y acero, metales no ferrosos, industria química, celulosa y papel; procesamiento de alimentos, bebestibles y tabaco, cemento, salitre, minas varias.
	Transporte	Aéreo, caminero, ferroviario, marítimo.
	Público, residencial y comercial	Consumos energéticos de las áreas comercial, público y uso doméstico.
	Pesca	Uso de energía por procesos en la industria agropecuaria y pesquera.
	Emisiones fugitivas	Industria de aviación nivel 2, producción de carbón mineral, producción de petróleo y gas natural, precursores de ozono y SO <sub>2</sub> .
	Leña y biogás	Uso de leña y biogás como fuente de energía.

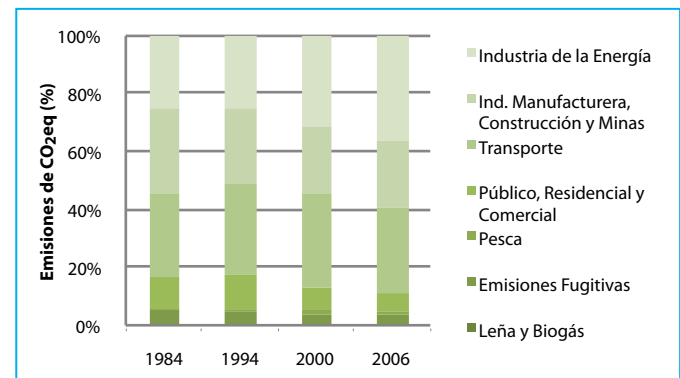
Las Figuras 5 y 6 muestran que la categoría con mayor contribución al año 2006 es la industria de la energía, con un aporte de 36% en 2006; mantenido su participación relativa en 25% para los años 1984 y 1994, significando un incremento del 281% a lo largo de la serie temporal. Esta categoría muestra una marcada tendencia al aumento desde el año 2003. Continúa en relevancia la categoría transporte, con un aporte relativo ligeramente decreciente (32% en 1994; 30% en 2006), aumentando sus emisiones en un 177% entre 1984 y 2006. La participación de la industria manufacturera, construcción y minas ha venido decreciendo, desde un 29% en 1984, a un 22% en 2006, aunque en términos relativos, sus emisiones han aumentado en un 110% durante la presente serie temporal. La categoría público, residencial y comercial, se mantiene con una participación relativa al 10%, con un aumento del 76% entre 1984 y 2006. Las demás categorías presentan participaciones menores al 6%.

Industria manufacturera, construcción y minas incluye la contribución del consumo de combustibles fósiles de la industria chilena del cobre. Los datos se basaron en la información provista por Cochilco. De acuerdo a ella, las emisiones asociadas al consumo de combustibles fósiles

de esta industria han aumentado entre los años 2000 y 2006, desde 2.607 millones de ton CO<sub>2</sub> hasta 3.499 millones de ton CO<sub>2</sub>, es decir, un 34%.

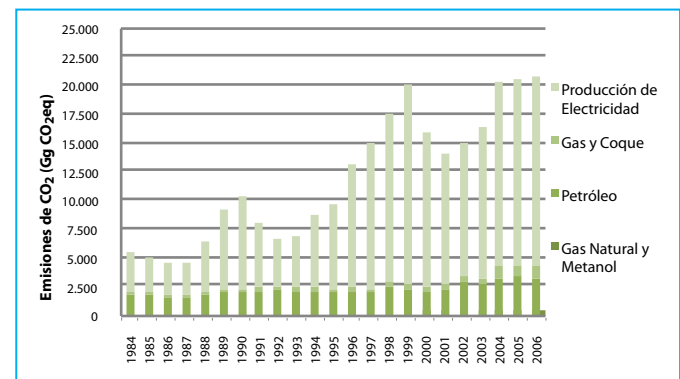


**Figura 5.** Emisiones de GEI del sector energía desagregadas por categorías, periodo 1984-2006



**Figura 6.** Participación porcentual de las categorías del sector energía en las emisiones de GEI

En 2006, la categoría industria de la energía contabilizó 20.751 Gg CO<sub>2</sub>eq, siendo la producción de electricidad y calor la subcategoría más importante y la que marca la tendencia, con un aporte del 79% a las emisiones y un incremento del 160% desde 1994, como puede observarse en la Figura 7.



**Figura 7.** Emisiones de GEI por las subcategorías de la industria de la energía, periodo 1984-2006

La Figura 8 muestra que el sector del transporte está dominado por la subcategoría transporte terrestre, que monopolizaba a 2006 el 92% de las emisiones de la categoría, siendo lejos la más importante. La segunda subcategoría, con un 5% de aporte en 2006, es el transporte aéreo nacional. El resto de las subcategorías, en conjunto, aportan el 3%.

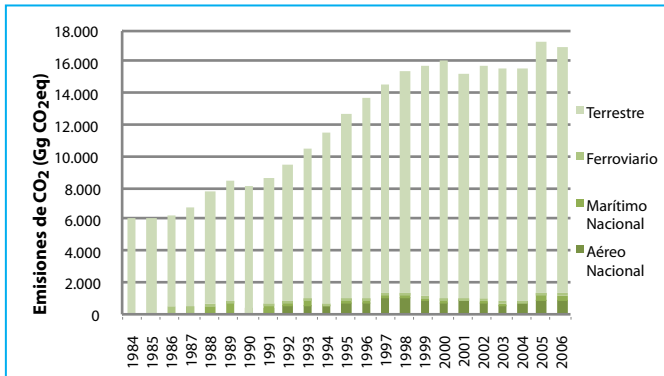


Figura 8. Emisiones de GEI de las subcategorías del transporte, periodo 1984-2006

### Metodología aplicada

La metodología IPCC de 1996 agrupa las emisiones de la combustión de fósiles y las que se generan como fugas o emisiones fugitivas de diferentes procesos productivos. La primera cuantifica las emisiones de CO<sub>2</sub> basándose en dos métodos de cálculos específicos, a saber:

- Consumos aparentes o balance energético.
- Uso o consumo final de los combustibles.

También considera un método para cuantificar las emisiones de gases no-CO<sub>2</sub> (CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, NO<sub>x</sub>, CO, COVNM y SO<sub>2</sub>) y las emisiones fugitivas derivadas de la explotación de minas de carbón, la refinación de petróleo y, extracción, transporte, almacenamiento y distribución del gas natural. La Tabla 11 resume las bases usadas para el cálculo de los distintos tipos de emisión.

TABLA 11. Bases de cálculos para el sector energía

Categoría	Nivel	Gas emitido	Bases de cálculo
Con emisiones producto de combustión de combustibles fósiles y biomasa	1	CO <sub>2</sub>	Consumos aparente o de referencia
		CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O, NO <sub>x</sub> , CO, COVNM	Por usos finales (factor de emisión dependiente de la combustión)
		SO <sub>2</sub>	Por usos finales (factor de emisión dependiente del contenido de azufre)
	2	CH <sub>4</sub> , CO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> O, NO <sub>x</sub> , CO, COVNM y SO <sub>2</sub> .	Emisiones de la industria de aviación y marítima
Emisiones fugitivas de combustibles	1	CH <sub>4</sub>	Producción de carbón mineral
		CH <sub>4</sub>	Producción de petróleo y gas natural
		CO, NO <sub>x</sub> , COVNM y SO <sub>2</sub>	Emisiones de precursores de ozono y SO <sub>2</sub> de la refinación



Foto: Xstrata Copper

En este ejercicio se utilizó el método nivel o tier 2 para la categoría emisiones de la industria de aviación y marítima. De esta forma, fue posible determinar también las emisiones bunker de estas categorías. En este último caso, se presentan detalles de la metodología utilizada en la sección de emisiones de GEI del transporte internacional (bunker fuels) de este capítulo.

### Comparaciones entre las emisiones del sector energía calculadas usando el Enfoque de Referencia y el Enfoque Sectorial

Desde el punto de vista de los Ingei, se conoce al Enfoque de Referencia como el cálculo simplificado de las emisiones de GEI que se generan anualmente en el país producto de los consumos aparentes de combustibles, es decir, de la diferencia entre la producción e importación de combustibles y la exportación, consumo internacional y variaciones de stock de los mismos. Estos valores se obtienen del Balance Nacional de Energía del país. En el caso de Chile, siguiendo este enfoque se calcularon los valores de emisiones de CO<sub>2</sub> asociados al consumo de combustibles fósiles para los años 2000 y 2006, resultando en 50.417 Gg CO<sub>2</sub> y 54.970 Gg CO<sub>2</sub> respectivamente. Al compararlo con los valores obtenidos siguiendo el enfoque sectorial (Tablas 5 y 6) es decir 48.730 Gg CO<sub>2</sub> para el año 2000 y 55.117 Gg CO<sub>2</sub> para 2006, se encuentra que, para el año 2000 las emisiones según el enfoque de referencia fueron un 3,35%

mayor que las calculadas usando el enfoque sectorial. Esta tendencia cambia para 2006, cuando las emisiones de CO<sub>2</sub> del enfoque sectorial fueron 0,27% mayores que las calculadas usando el enfoque de referencia. Es relevante notar, en todo caso, que el Balance Nacional de Energía del país no distingue entre los consumos (y, por tanto, las emisiones) nacionales e internacionales de combustibles de los sectores aéreo y marítimo, por lo que el cálculo asociado al enfoque de referencia incluye una sobreestimación de consumos y, por tanto, de estimaciones de gases de efecto invernadero. Entre los años indicados, el consumo de combustibles con fines de transporte internacional registró un aumento cercano al 90% según se presenta en la sección de partidas informativas de emisiones de GEI del presente capítulo.

### 3.4.2 El sector procesos industriales

#### Aspectos generales de sus emisiones

Este sector contabiliza las emisiones provocadas por la transformación física y/o química de las materias primas en procesos productivos, pero no por la utilización de energía, las que son contabilizadas en el sector energía. Durante los procesos se puede emitir CO<sub>2</sub>, COVNM, SO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, y PFC, entre otros. Sus categorías y subcategorías genéricas se presentan en la Tabla 12.

**TABLA 12.** Categorías y subcategorías del sector de procesos industriales

Sector	Categoría	Subcategoría
Procesos industriales	Productos Minerales	Producción y uso de cemento, cal, caliza, dolomita, carbonato sódico; producción y uso de asfalto, amoniaco, ácido nítrico, ácido adípico, carburo de silicio y carburo de calcio
	Industria Química	Papel y celulosa, alimentos y bebestibles
	Producción de metales	Hierro y acero, cobre, oro, plomo, plata y zinc, molibdeno
	Otras producciones	Metano, etileno, formaldehído, Anhídrido ftálico, poliestireno expandible, polieteno baja densidad, polipropileno, ácido sulfúrico
	Consumo de HCFCs y SF <sub>6</sub>	Halocarburos (HFC), perfluoruros (PFC) y hexafluoruro de Azufre (SF <sub>6</sub> )

Como muestra la Figura 9, existen dos categorías que generan aportes importantes de GEI y que están aumentando anualmente, estas son las de productos minerales y de producción de metales con un 56% y 35%, respectivamente, de las emisiones sectoriales a 2006, totalizando el 91% de las emisiones sectoriales a ese año.

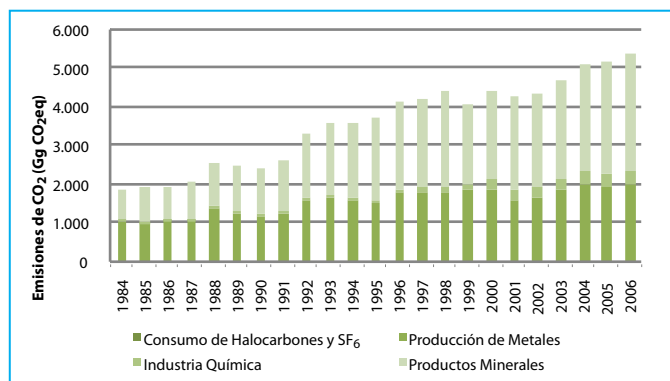


Figura 9. Emisiones de GEI del sector procesos industriales desagregadas por categorías, periodo 1984-2006

La Figura 10 muestra que la categoría productos minerales incrementó significativamente su aporte relativo al sector, hasta un 56% en 2006. Por su parte, la categoría producción de metales, en la que la producción de acero aporta el total de las emisiones, ha disminuido su aporte sectorial en 20%, entre los años extremos de la serie temporal de inventarios.

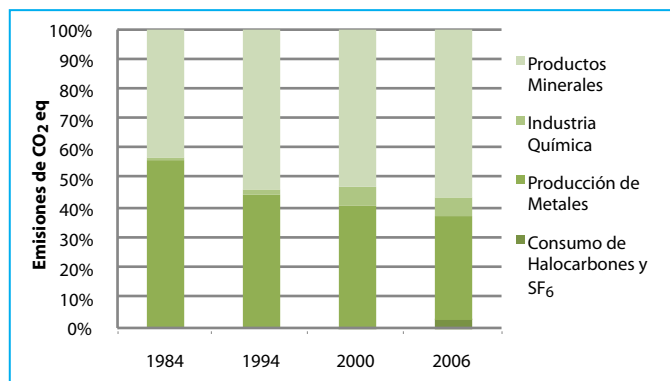


Figura 10. Participación porcentual de las categorías del sector procesos industriales en las emisiones de GEI

La Figura 11 muestra la desagregación de la categoría productos minerales en sus subcategorías componentes -producción de cemento, cal, asfalto y vidrio- y las tendencias temporales registradas. Además, indica que la producción de cemento y de cal son las principales fuentes de CO<sub>2</sub>, la primera con aporte del 68% y la segunda con un 32%, para el año 2006.

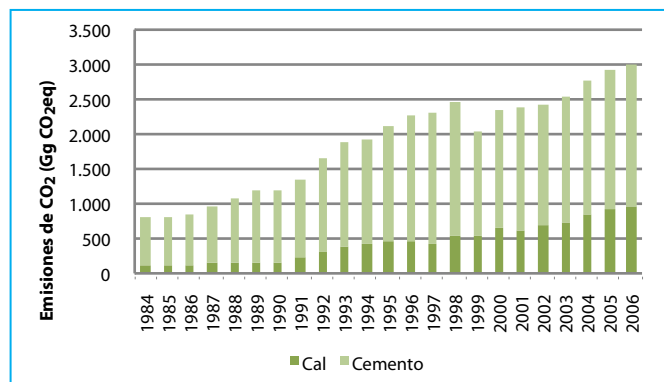


Figura 11. Emisiones de GEI de las subcategorías de productos minerales, periodo 1984-2006

Cabe destacar que como parte del proceso de preparación del Ingei, también se calcularon emisiones asociadas al consumo de hexafluoruro de azufre, SF<sub>6</sub>, liberado anualmente y que se presentan en la categoría "Consumo de HFC, PFC y SF<sub>6</sub>" del presente sector de procesos industriales. Para 2000 correspondieron a 0,83 ton de SF<sub>6</sub>, o 19,8 Gg CO<sub>2</sub> eq y para 2006 a 4,72 ton de SF<sub>6</sub>, o 115,9 Gg CO<sub>2</sub> eq.

### Metodología aplicada

La metodología se basó en la multiplicación de los datos de actividad por los correspondientes factores de emisión obtenidos de las guías corregidas del IPCC del año 1996 (nivel 1, por defecto para cada categoría de este sector). La Tabla 13 presenta bases de cálculo asumidas para las categorías del sector.



Foto: Comisión Chilena del Cobre, Gobierno de Chile

TABLA 13. Bases de cálculos para el sector procesos industriales

Categoría	Nivel	Gas emitido	Bases de cálculo
Producción de cemento	1	CO <sub>2</sub>	Producción de cemento
	1	SO <sub>2</sub>	Producción de cemento
Producción de cal	1	CO <sub>2</sub>	Uso de calcita
	1	No emite	Uso de dolomita
	1	CO <sub>2</sub>	Uso de carbonato cálcico
Producción y utilización de productos minerales varios	1	CO, NO <sub>x</sub> , COVNM y SO <sub>2</sub>	Producción y pavimentación con asfalto
	1	COVNM	Producción de vidrio
Producción de amoníaco	1	CO, CO, NO <sub>x</sub> , COVNM y SO <sub>2</sub>	Producción de amoníaco
Producción de ácido nítrico	1	NO <sub>x</sub>	Producción de ácido nítrico
Producción de ácido adípico	1	N <sub>2</sub> O, NO <sub>x</sub> , COVNM y CO	Producción de ácido adípico
Producción de carburo de silicio y carburo de calcio	1	CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , CO y SO <sub>2</sub>	Producción de carburo de silicio y carburo de calcio
Producción de otras sustancias químicas	1	CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O, NO <sub>x</sub> , COVNM, CO y SO <sub>2</sub>	Producción de otros químicos
Producción de metales	1	CO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , COVNM, CO y/o SO <sub>2</sub>	Producción de hierro y acero
	1	SO <sub>2</sub>	Producción de cobre
	--	Sin factores de emisión	Producción de oro, plomo, plata, zinc
	1	--	Producción de molibdeno: emisiones asociadas a su producción se encuentran contabilizadas en las de la industria cuprífera
Producción de papel y pulpa	1	SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , COVNM y CO	Método Kraft: de bisulfito y el sulfito neutro
Producción de alimentos y bebidas	1	COVNM	Emisión por producción de vinos, cervezas, bebidas alcohólicas, whisky de malta, whisky de grano, y coñac, debido a la fermentación de cereales y frutas de las bebidas mencionadas
Producción de alimentos	1	COVNM	Procesos de calentamiento, horneado, fermentación, cocción y/o secado
Consumo de HFC, PFC y SF <sub>6</sub>	1	HFC, PFC y SF <sub>6</sub>	Emisiones secundarias durante su proceso de fabricación o debido a emisiones fugitivas

Durante la evaluación de las emisiones de este sector, se tuvo especial cuidado en evitar un conteo doble de emisiones entre el sector energía y el de procesos industriales, dado que se consideró un descuento del uso de coque energético para fines no energéticos, así como de derivados de petróleo con usos no energéticos.

### 3.4.3 El sector uso de solventes y otros productos

#### Aspectos generales de sus emisiones

Este sector no genera emisiones de gases con potencial de calentamiento global. Sólo se registran emisiones de compuestos orgánicos volátiles no-metánicos (COVNM) de las categorías fabricación de pinturas, uso de pinturas, uso de adhesivos y uso de solventes domésticos. El detalle

de las categorías y subcategorías del sector se presenta en la Tabla 14.

TABLA 14. Categorías y subcategorías del sector uso de solventes y otros productos 2006

Sector	Categoría	Subcategoría
Uso de solventes y otros productos	Fabricación de pinturas	Base agua y base aceite
	Uso de pinturas	Industrial y residencial
	Uso de adhesivos	Emisiones por uso de adhesivos
	Uso de solventes domésticos	Emisiones por uso domésticos

#### Metodología aplicada

Por razones metodológicas, este sector sólo contabiliza emisiones de COVNM por el uso de solventes, cuyas bases de cálculo se muestran en la Tabla 15.

**TABLA 15.** Bases de cálculos para el sector uso de solventes y otros productos

Categoría	Nivel	Gases emitido	Bases de cálculo
Producción y uso de pinturas	1	COVNM	Fabricación de pinturas
	1	COVNM	Uso de pinturas
Uso de adhesivos industriales	1	COVNM	Consumo de adhesivos
Uso de solventes domésticos	1	COVNM	Fabricación y uso de solventes doméstico

### 3.4.4 El sector agricultura

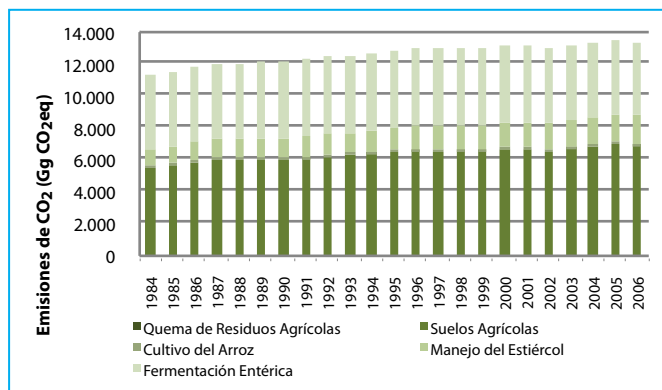
#### Aspectos generales de sus emisiones

En el sector de agricultura, las metodologías 1996 del IPCC incluyen las emisiones de metano y óxido nitroso, asociadas a las actividades pecuarias. Óxido nitroso que se libera de la superficie de suelos cultivados por vías directas e indirectas; metano proveniente del cultivo del arroz y, metano, óxido nitroso y gases precursores generados por quema in situ de biomasa vegetal, muerta o viva (quema de residuos de cultivo y quema periódica de sabanas). Por la inexistencia de estas formaciones vegetales, el inventario chileno no incluye la quema periódica de sabanas. Sus categorías y subcategorías genéricas se presentan en la Tabla 16.

**TABLA 16.** Categorías y subcategorías del sector agricultura

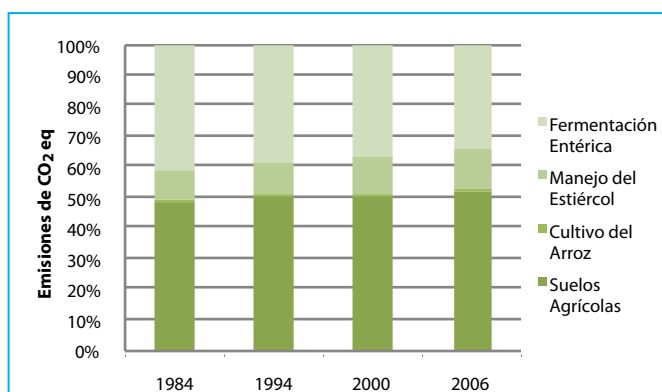
Sector	Categoría	Subcategoría
Agricultura	Fermentación entérica	Ganado bovino
		Otros animales
	Manejo del estiércol - Emisión de metano	Ganado porcino
		Otros animales
	Manejo del estiércol - Emisión de óxido nitroso	Distintos sistemas de manejo del estiércol
	Cultivo del arroz	Regado, régimen de inundación permanente o intermitente
		Regado por lluvia
		De altura
	Suelos agrícolas	Emisiones directas, emisiones indirectas, pastoreo directo
	Quema de residuos agrícolas	Cereales, frutales caducifolios

La Figura 12, que muestra las emisiones del sector agricultura, desagregado por categoría, permite verificar que este sector aumentó su emisión en un 8% entre 1990 y 2000, en un 10% entre 1990 y 2006 y en un 18% para todo el periodo graficado, es decir, entre 1984 y 2006. Este aumento se debe al incremento de las emisiones de las categorías suelos agrícolas y fermentación entérica primordialmente.



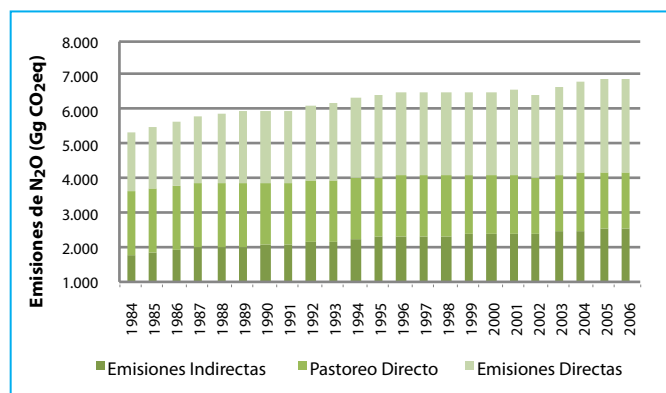
**Figura 12.** Emisiones de GEI del sector agricultura desagregado por categoría, periodo 1984-2006

La categoría suelos agrícolas es la que más aporta a las emisiones sectoriales, gracias a las emisiones de óxido nitroso generadas por la aplicación de fertilizantes minerales, principalmente. Esta es la categoría agrícola con mayor crecimiento en términos absolutos y relativos (Figura 13). Para 2006, el 48% de las emisiones fueron contabilizadas desde las categorías directamente relacionadas con la ganadería (fermentación entérica, 34%; manejo del estiércol, 14%). Si se suman las emisiones de óxido nitroso por animales en pastoreo directo, el aporte de la ganadería a las emisiones sectoriales aumenta sustancialmente.



**Figura 13.** Participación porcentual del sector agricultura en las emisiones de GEI

La Figura 14 muestra que las emisiones directas son la principal fuente emisora de óxido nitroso desde los suelos, con una tendencia creciente en términos relativos no tan marcados como en términos absolutos, 32% en 1984, 36% en 1994 y 39% en 2006. En esta subcategoría, la principal causa es la de los fertilizantes minerales, cuyo consumo crece a lo largo de la serie temporal (Tabla 17).



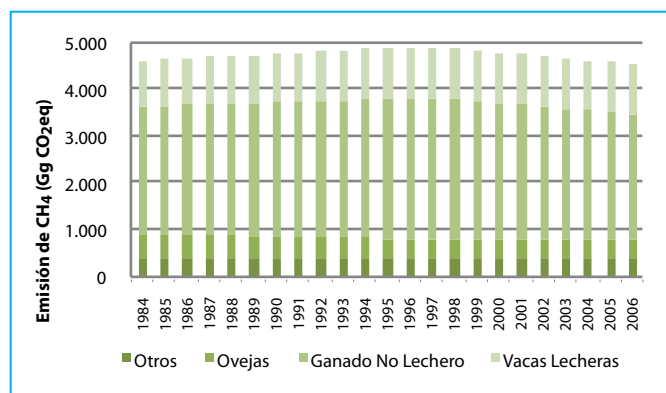
**Figura 14.** Emisiones de N<sub>2</sub>O de la categoría suelos agrícolas, por subcategorías, periodo 1984-2006

**TABLA 17.** Consumo nacional de fertilizantes nitrogenados (ton N/año)

País/ Año	1984	1994	2006
Total	95.378	201.667	273.079

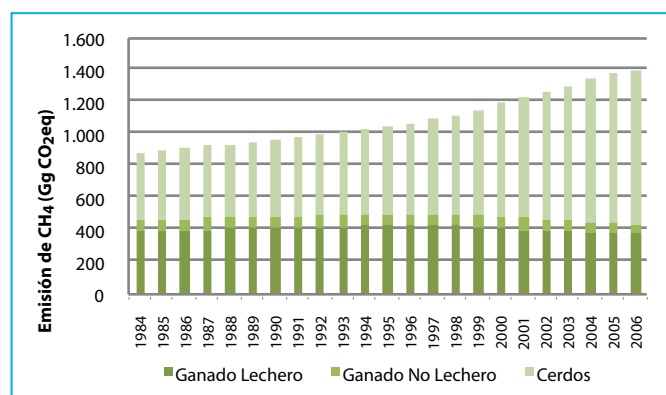
Fuente: Fuente: FAOSTAT, 2010.

En relación a la fermentación entérica, la Figura 15 indica que el ganado bovino no-lechero es el que hace el mayor aporte a las emisiones de la categoría, acumulando un 60% al año 2006, aunque se aprecia un decrecimiento a contar de 1998. Le siguen las vacas lecheras, con un 23% de las emisiones. El restante 18% es aportado en conjunto por todas las otras especies animales incluidas en el inventario.



**Figura 15.** Emisiones de CH<sub>4</sub> de la categoría fermentación entérica, por especie animal, periodo 1984-2006

Las emisiones de metano desde el estiércol (Figura 16) están siendo dominadas por la población porcina, cuya contribución a la categoría alcanzó un 66% en el año 2006, luego de contribuir con un 45% en 1984 y 57% en 2000. Este resultado no sorprende, ya que esta especie viene aumentando su población desde 1996. Por su parte, las emisiones de los bovinos disminuyen desde 1998, en forma consistente con la reducción de la población y el aumento del beneficio.



**Figura 16.** Emisiones de CH<sub>4</sub> de la categoría manejo del estiércol, por especie animal, periodo 1984-2006

Las principales emisiones de óxido nitroso provenientes de los animales son generadas desde las deyecciones directas sobre el suelo en pastoreo directo. Pese a una tendencia decreciente a través de toda la serie temporal construida, al año 2006 estas emisiones correspondieron al 82% del total de las emisiones provenientes de las deyecciones animales, considerando tanto los animales confinados como los de pastoreo directo.

Básicamente, las emisiones de óxido nitroso desde las heces y orinas animales provinieron mayoritariamente de la población bovina y, en mucha menor escala, de las otras especies criadas bajo régimen de pastoreo directo (cabras, ovejas, caballos, camellos sudamericanos, mulas y asnos). Cabe recordar que el óxido nitroso emitido por los animales en pastoreo directo no es contabilizado en esta categoría sino que en la de suelos agrícolas.

La Figura 17 indica, además, que las emisiones provenientes del sistema de manejo definido como almacenamiento sólido y parcelas secas corresponden al 17% de este gas, al año 2006.



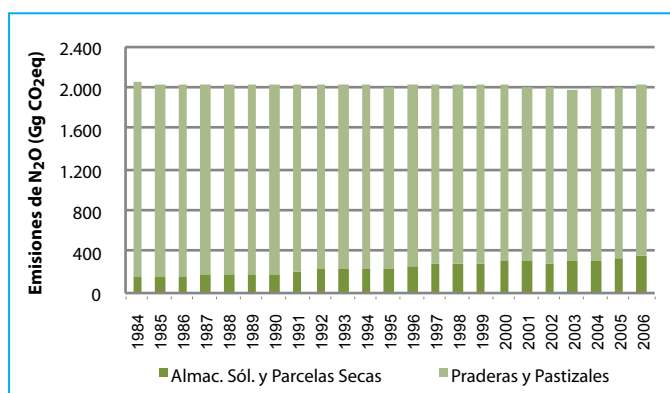


Figura 17. Emisiones de N<sub>2</sub>O de la categoría manejo del estiércol, por sistema de manejo, periodo 1984-2006

### Metodología aplicada

Para el caso de este sector, las metodologías aplicadas, en general, fueron de nivel 1b (por la desagregación regional de la información de actividad del sector que se explica previamente en este capítulo), con la excepción de la fermentación entérica y manejo del estiércol-metano, categorías elaboradas con el método nivel 2. La Tabla 18 resume las bases utilizadas para el cálculo de las emisiones del sector, por categoría.

TABLA 18. Bases de cálculos para el sector agricultura

Categoría	Subcategoría significativa	Nivel	Gases emitidos	Bases de cálculo
Suelos agrícolas	Fertilizantes	1b	N <sub>2</sub> O	Superficie de suelos cultivados y frutales
Fermentación entérica	Bovinos	2	CH <sub>4</sub>	Población animal
Manejo del estiércol-metano	Bovinos y porcinos	2	CH <sub>4</sub>	Población animal
Manejo del estiércol-óxido nitroso	Sin	2	N <sub>2</sub> O	Distintas formas de tratar el estiércol
Cultivación de arroz	Sin	1b	CH <sub>4</sub>	Superficie de arroz
Quema de residuos agrícolas	Sin	1b	CH <sub>4</sub> , CO, N <sub>2</sub> O, NO <sub>x</sub>	Residuos agrícolas

La aplicación de la metodología nivel 2 para el caso de la fermentación entérica exige una caracterización minuciosa de la población animal, lo que significa una desagregación en grupos homogéneos de animales. Para el ganado bovino, se trabajó con vacas lecheras, vacas de carne, va-



Foto: Ministerio de Agricultura. Gobierno de Chile

quillas, terneros, animales jóvenes y adultos de carne bajo diferentes sistemas de manejo, generando los factores de emisión con datos aportados por la empresa y juicio experto (Dr. F. Salazar del Inia); para el ganado porcino, se trabajó con marranas, verracos y lechones.

TABLA 19. Factores de emisión de metano, por categoría fermentación entérica

Grupo animal	Método	factores de emisión*		Fuente
		kg CH <sub>4</sub> /cabeza/año		
		Pastoreo	Confinado	
Vacas- leche	Nivel 2	72,6	76,6	Valores específicos y juicio de expertos
Vacas-carne	Nivel 2	56,5	43,0	Valores específicos
Vaquillas	Nivel 2	44,4	48,6	
Adultos carne	Nivel 2	56,7	82,7	
Jóvenes carne	Nivel 2	36,7	30,7	
Terneros	Nivel 2	27,1	39,0	

\* Factores de emisión por defecto bovinos lecheros y no-lecheros:

- para Latinoamérica, son 57 y 49, respectivamente
- para Norteamérica, 118 y 47, respectivamente

La Tabla 19 presenta los factores de emisión calculados para la población bovina, según los procedimientos establecidos por el IPCC para el método nivel 2. Se aprecia que la aplicación de este método redundante en la generación de 12 factores específicos para una sola especie. Esta situación se contraponen con el método nivel 1 que trabaja con un factor de emisión único (Latinoamérica, 57 para bovinos lecheros y 49 para no-lecheros, en tanto, para Norteamérica, 118 y 47, respectivamente) lo que permite aseverar que los resultados obtenidos con el método nivel 2 son más precisos.

En el caso de las emisiones de metano por el manejo del estiércol de bovinos y porcinos, ambas especies significativas, fueron estimadas con el método nivel 2, usando información generada por juicio experto (Dr. F. Salazar del Inia, 2009). Los factores de emisión de metano, estimados para el ganado bovino y que son 18 valores distintos (3 por grupo animal) se presentan en la Tabla 20.

TABLA 20. Factores de emisión de metano para ganado bovino, por manejo del estiércol

Grupo animal	Pastoreo, zona templada (regiones I-VII)	Pastoreo, zona templada-fría (regiones VIII-XII)	En confinamiento, todo el país
	kg CH <sub>4</sub> /cabeza/año		
Vacas-leches	2,01	1,34	108,9
Vacas-carne	1,68	1,12	66,7
Vaquillas	1,23	0,82	69,1
Adultos carne	1,57	1,05	117,6
Jóvenes carne	1,02	0,68	43,7
Terneros	0,75	0,50	55,4

Por su parte, los factores de emisión país-específicos, calculados para el ganado porcino, fueron los siguientes:

- marranas: 37,5 kg CH<sub>4</sub>/cabeza/año
- verracos: 46,9 kg CH<sub>4</sub>/cabeza/año
- animales juveniles: 12,5 kg CH<sub>4</sub>/cabeza/año

### 3.4.5 El sector cambio en el uso de la tierra y silvicultura (CUTS)

#### Aspectos generales de sus emisiones y capturas

Este sector contabiliza los flujos de carbono y nitrógeno en sistemas boscosos manejados, esto es, intervenidos por los seres humanos. El bosque nativo no manejado, existente en áreas destinadas a la protección de la vida silvestre, queda excluido de los Ingei, por no haber intervención humana, asumiéndose en equilibrio entre síntesis y degradación. El sector contabiliza emisiones principalmente de CO<sub>2</sub> y captura de carbono por procesos de expansión de biomasa forestal (Inia, 2009). Las categorías y subcategorías del sector CUTS consideradas en el Ingei chileno, se presentan en la Tabla 21, que incluyen las denominaciones que utilizan las instituciones chilenas en sus sistemas de estadísticas regulares. En este sector se utilizaron las guías de buenas prácticas para la elaboración del sector CUTS en 2003, sobre la base de categorización de los usos de la tierra y de los cambios de esos usos.

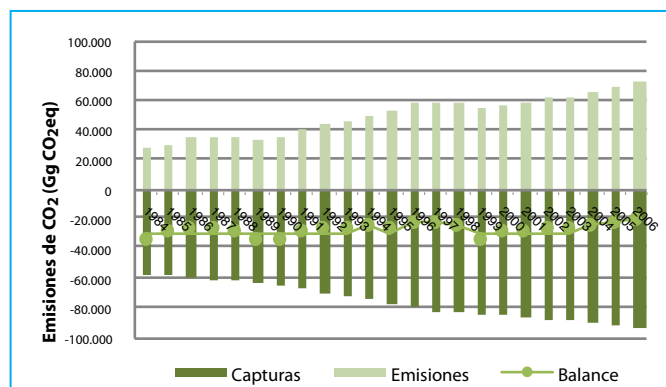
**TABLA 21.** Categorías y subcategorías del sector CUTS del Ingei

Sector	Categoría	Subcategoría
Uso del suelo, cambio de uso del suelo	Suelos forestales (SF)	Suelos forestales que permanecen como tales.
		Suelos de otros usos que pasan a suelos forestales.
	Praderas y matorrales (PM)	Praderas y matorrales que permanecen como tales.
		Suelos de otros usos que pasan a praderas y matorrales.
	Suelos agrícolas (SA)	Suelos agrícolas que permanecen como tales.
		Suelos de otros usos que pasan a suelos agrícolas.
	Suelos urbanos (SU)	Suelos urbanos que permanecen como tales.
		Suelos de otros usos que pasan a suelos urbanos.
	Humedales (HU)	Humedales que permanecen como tales.
		Suelos de otros usos que pasan a humedales.
	Suelos desnudos (SD)	Suelos desnudos que permanecen como tales.
		Suelos de otros usos que pasan a suelos desnudos.

El balance del sector CUTS (Figura 18) muestra que tanto las emisiones de gases invernadero como las capturas de carbono atmosférico en el país vienen creciendo sostenidamente:

- en cuanto a las emisiones, los 28.431 Gg CO<sub>2</sub>eq emitidos en 1984, se transformaron en 49.968 Gg CO<sub>2</sub>eq en 1994, alcanzando los 57.778 CO<sub>2</sub>eq en 2000 y 73.843 Gg CO<sub>2</sub>eq en 2006, y
- en cuanto a las capturas, los 57.735 Gg CO<sub>2</sub>eq capturados en 1984, llegaron a ser 74.600 Gg CO<sub>2</sub>eq en 1994, 85.225 en 2000 y 93.229 Gg CO<sub>2</sub>eq en 2006.

El balance ha sido siempre favorable a la captura neta, aunque con una tendencia decreciente que puede hacer que a mediano plazo el signo del balance cambie. De una captura neta de 29.304 Gg CO<sub>2</sub>eq en 1984, se pasó a 24.632 Gg CO<sub>2</sub>eq en 1994, llegando a 27.446 Gg CO<sub>2</sub>eq al año 2000 y a 19.386 Gg CO<sub>2</sub>eq al año 2006, lo que significa una reducción del 34%, entre los años extremos de la serie temporal.



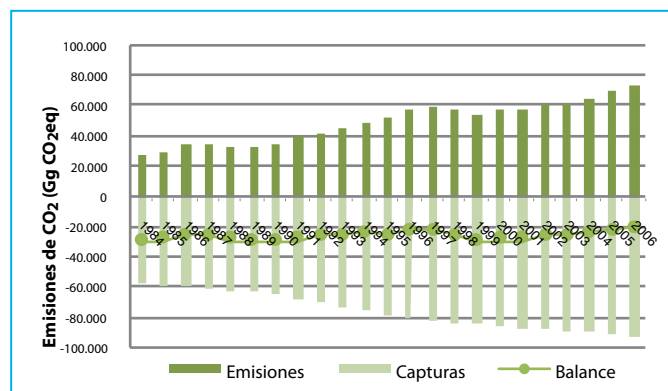
**Figura 18.** Emisiones, capturas y balance de emisiones de GEI del sector CUTS, período 1984-2006

Por su importancia, se presenta un análisis de las seis categorías que conforman el sector CUTS, con más detalle para aquellas que tienen un mayor aporte y que son clasificadas como categorías clave dentro del inventario nacional.

En primer lugar cabe destacar que los resultados del sector CUTS chileno están dominados por la categoría suelos forestales, en general, y por la subcategoría suelos forestales que permanecen como tales, en particular. Esta subcategoría monopoliza sobre el 98% de las emisiones y capturas de la categoría.

La Figura 19 presenta las emisiones y capturas, además del balance neto de la categoría suelos forestales que por su

alto impacto en el sector, es muy similar a la Figura 18. Se ve que, a 1984, las emisiones brutas de la categoría alcanzaron los 27.444 Gg CO<sub>2</sub>eq, en tanto que a 1994 llegaron a los 48.978 Gg CO<sub>2</sub>eq, representando un 79% de incremento. A 2006, las emisiones fueron de 72.799 Gg CO<sub>2</sub>eq, con un aumento del 165% respecto de 1984 y de 49%, respecto de 1994. Al año 2006, las emisiones brutas de esta categoría representaron el 99% del total sectorial.



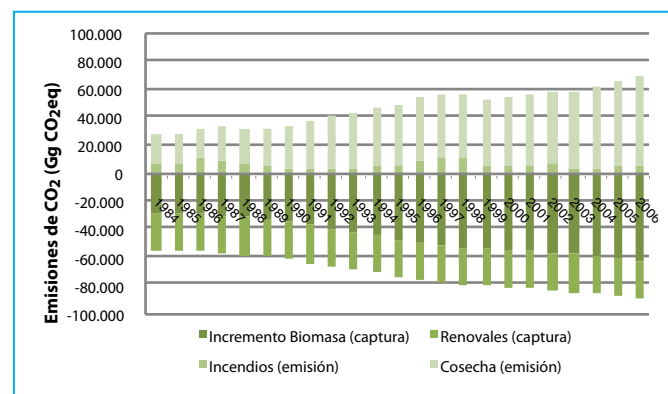
**Figura 19.** Emisiones, capturas y balance de emisiones de GEI de la categoría suelos forestales, periodo 1984-2006

La Figura 19, además, indica que las capturas brutas también vienen creciendo consistentemente, de 57.516 Gg CO<sub>2</sub>eq en 1984, y 74.381 Gg CO<sub>2</sub>eq en 1994 (aumento del 29%), se alcanzó los 93.010 Gg CO<sub>2</sub>eq en 2006 (aumento del 62%, respecto de 1984 y del 25%, en relación a 1994). A 2006, las capturas de esta categoría representaron el 99,8% del total sectorial.

Por su parte, el balance se mantiene en el área de las capturas netas, con una disminución entre 30.079 Gg CO<sub>2</sub>eq, en 1984, 25.403 Gg CO<sub>2</sub>eq en 1994 y 20.211 Gg CO<sub>2</sub>eq en 2006, resultando una caída global del 16% entre los años 1984-1994 y un 33% entre la serie temporal 1984/2006.

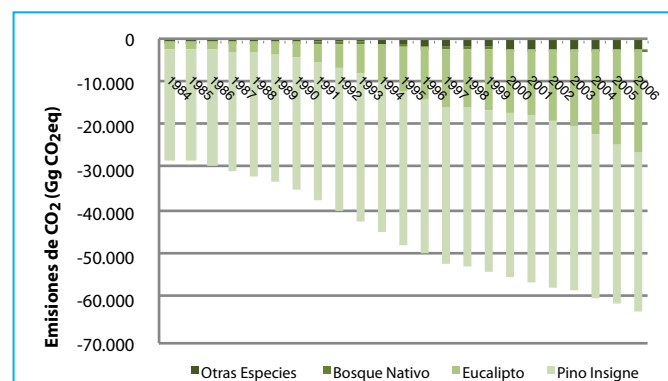
La Figura 20 señala que para la subcategoría suelos forestales que permanecen como tales, los ítems de mayor relevancia son el incremento de la biomasa forestal (mayormente, por las plantaciones de árboles forestales exóticos)

y crecimiento de renovales de bosque nativo, en cuanto a las capturas, la cosecha forestal y los incendios forestales, en cuanto a las emisiones.

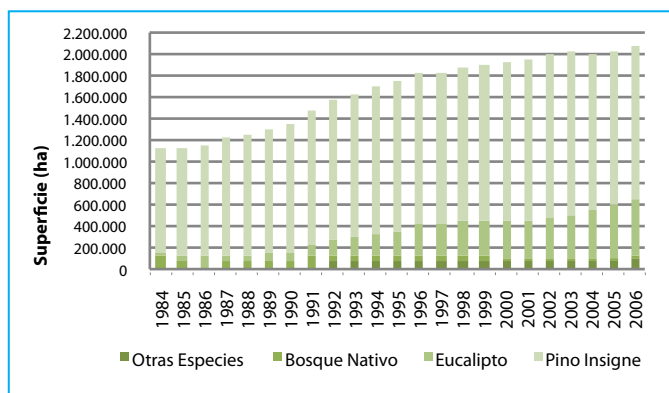


**Figura 20.** Emisiones y capturas de GEI de los principales ítems que conforman la subcategoría suelos forestales que permanecen como tales, periodo 1984-2006

La Figura 21 muestra que la especie más influyente en el incremento de la biomasa forestal del país, es el pino insigne, que en 1994 aportó el 78% de las capturas de la subcategoría y el 58% en 2006. La segunda especie en importancia es el eucalipto, con 19% en 1994, porcentaje que aumentó al 38% en 2006. El aporte del bosque nativo es aún marginal, no superando el 1% de las capturas de la subcategoría. La importancia de las especies queda reflejada por la expansión que experimenta la superficie plantada (Figura 21).



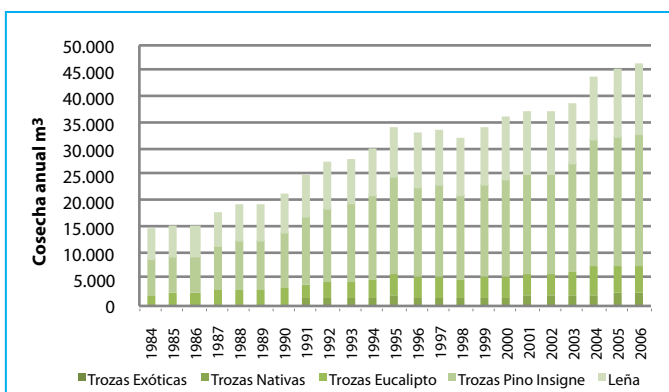
**Figura 21.** Capturas de GEI de las principales especies forestales que conforman el Incremento de la biomasa forestal, periodo 1984-2006



**Figura 22.** Superficie acumulada de pino insignie, eucalipto, bosque nativo y otras especies forestales, periodo 1984-2006

Cabe destacar que la cosecha forestal en el país viene experimentando un marcado y sostenido incremento. Esto se refleja en el balance del sector CUTS y se expresa en la Figura 23. Se observa que la cosecha de trozas forestales aumentó un 102%, en 1994 respecto de 1984 y, un 53%, en 2006 respecto de 1994, totalizando un incremento global del 209% entre los extremos de la serie temporal. La leña es un contribuyente importante en la cosecha forestal del país. Según Infor (2008) el origen de la leña se desagrega en especies nativas (63%), eucalipto (22%) y pino insignie (15%).

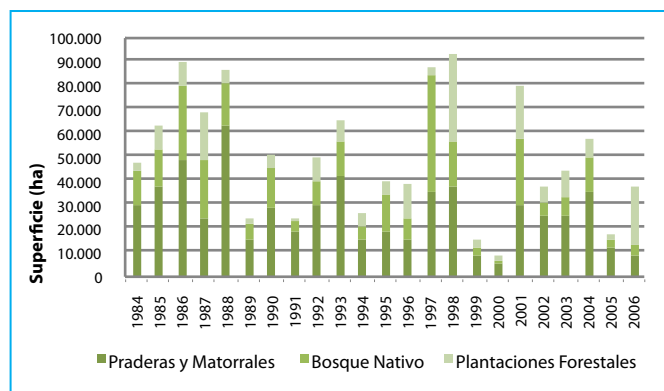
Respecto a la cosecha de trozas industriales y leña, el pino insignie es la especie que más contribuye, con un 55% en 2006; lo siguen las especies nativas, con un aporte del 29%; el eucalipto con un 12% y otras especies exóticas con el 0,6%.



**Figura 23.** Cosecha anual de trozas industriales y leña, periodo 1984-2006

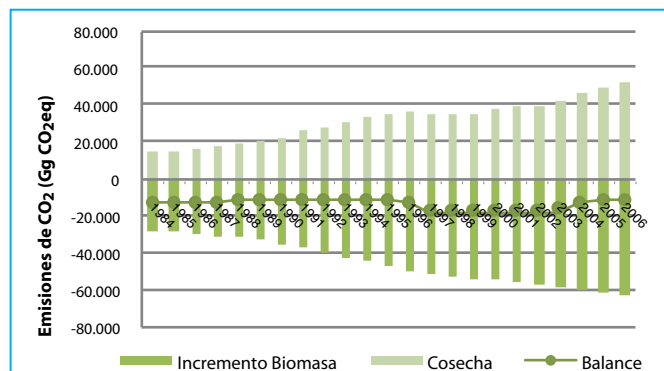
La mayor variabilidad de la curva de las emisiones de la categoría en la Figura 19 se explica, básicamente, por la inclusión de los incendios que inciden sobre formaciones arbóreas, llámese bosque nativo ó plantación forestal. La Figura 24 muestra que la superficie de plantaciones fores-

tales y bosque nativo incendiados anualmente es fluctuante, lo que justifica la variabilidad interanual que se observa en la curva de emisión bruta de la categoría.



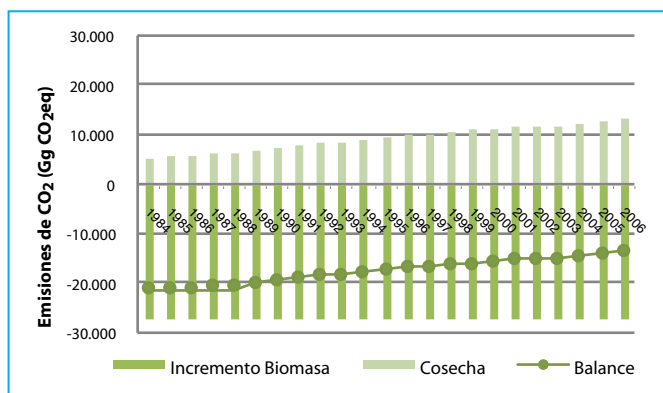
**Figura 24.** Superficie de bosque nativo, plantaciones forestales y praderas incendiada, periodo 1984-2006

Las plantaciones forestales dominan la dinámica, no sólo de la categoría suelos forestales que permanecen como tales sino que también del sector CUTS. Al respecto, hay un hecho importante, la Figura 25 indica que el balance neto de las plantaciones forestales, siempre favorable a la captura, ha venido disminuyendo a contar de 2002 por el fuerte aumento experimentado por la cosecha forestal a contar de ese año.



**Figura 25.** Emisiones, capturas y balance de emisiones de GEI de las plantaciones forestales, periodo 1984-2006

La Figura 26 presenta el balance del bosque nativo manejado, donde las capturas por el incremento de la biomasa son constantes, debido principalmente a que fue incluida la superficie con renovales. Las emisiones, producto de la cosecha forestal están en sostenido aumento, lo que influye en que año tras año el balance favorable de captura neta disminuya.



**Figura 26 .** Emisiones, capturas y balance de emisiones de GEI de bosque nativo, periodo 1984-2006

Por otra parte, en la subcategoría suelos de otros usos que pasan a suelos forestales, los cambios de uso de suelo que

existen y se reportan son los de abandono (suelos de praderas y matorrales, suelos agrícolas, suelos urbanos, humedales y suelos desnudos que pasan a bosque nativo) y forestación (suelos de praderas y matorrales, suelos agrícolas, suelos urbanos, humedales y suelos desnudos que pasan a plantaciones forestales). El principal uso previo de suelo abandonado era praderas, matorrales y suelos agrícolas. En abandono, sólo se contabiliza captura de carbono atmosférico, con una tasa anual de 428 Gg CO<sub>2</sub>eq.

En el caso de la forestación, la Tabla 22 muestra la tasa anual de superficie de suelos en otros usos que pasa a plantaciones forestales, desagregada a nivel regional. Los principales usos de suelo que son forestados son los de praderas, matorrales y suelos agrícolas.

**TABLA 22.** Tasa anual de forestación (ha), por región administrativa

Región/origen del suelo	Praderas y Matorrales	Suelos Agrícolas	Suelos Urbanos	Humedales	Suelos Desnudos	Total
XV	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i
I	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i
II	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i
III	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i
IV	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i
V	936	276	3	0	14	1.229
XIII	158	40	0	0	0	198
VI	913	795	0	2	5	1.716
VII	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i
VIII	13.753	14.214	10	20	61	28.057
IX	5.892	8.310	1	28	22	14.252
XIV	5.030	105	1	59	147	5.341
X	1.964	3	0	6	4	1.978
XI	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i
XII	0	0	0	0	0	0
<b>Total</b>	<b>28.646</b>	<b>23.743</b>	<b>14</b>	<b>115</b>	<b>253</b>	<b>52.771</b>

Fuente: Conaf

En el caso de la forestación, la tasa anual de captura bruta es 713 Gg CO<sub>2</sub>eq, en tanto que la tasa anual de emisión bruta llega a los 115 CO<sub>2</sub>eq, con un balance anual neto de 598 Gg CO<sub>2</sub>eq capturados.

La Figura 27 presenta las emisiones, capturas y balance de CO<sub>2</sub>eq de la categoría suelos de praderas y matorrales.

Estas emisiones en el año 1994 representan el 1,2% del total sectorial, generadas por los incendios en praderas y matorrales, por la habilitación y la desplantación (paso de plantaciones a praderas y matorrales). Las capturas representan sólo el 0,2% del total sectorial, debido a la habilitación y la regeneración.

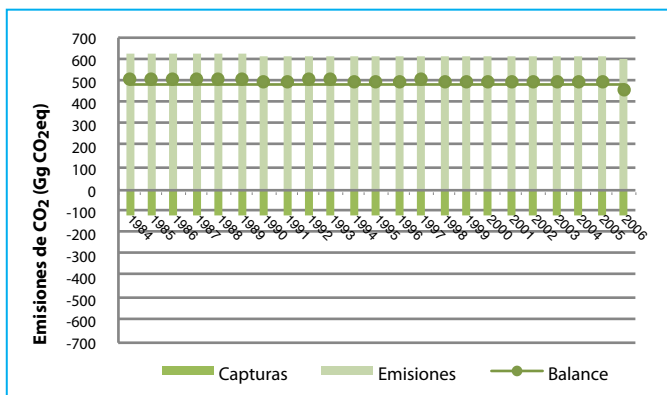


Figura 27. Emisiones, capturas y balance de emisiones de GEI de la categoría suelos de praderas y matorrales, periodo 1984-2006

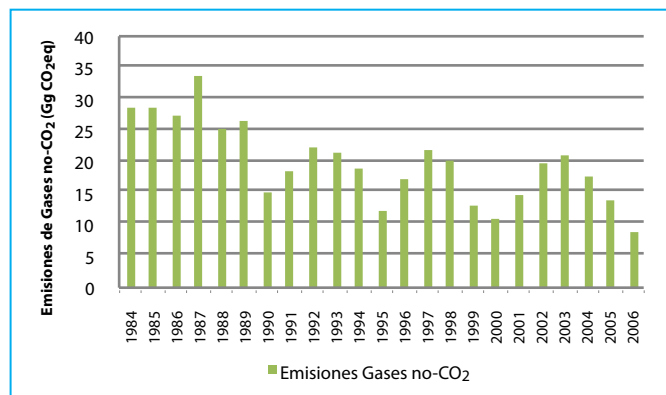


Figura 29. Emisiones de gases no CO<sub>2</sub> por incendios de praderas y matorrales, periodo 1984-2006

En la subcategoría de suelos de praderas y matorrales que permanecen como tales, sólo se contabilizan las emisiones de gases no dióxido de carbono. El dióxido de carbono se encuentra en balance, debido a que el carbono capturado, por el incremento de la biomasa de plantas anuales, es emitido en el mismo año, ya sea por incendios o por el ciclo natural de la pradera.

La Figura 28 muestra la superficie de praderas y matorrales afectada por incendios. Debido al carácter de este fenómeno, la superficie afectada presenta una alta fluctuación anual, con un promedio de 26.281 hectáreas y con un máximo de 62.862 hectáreas en 1988.

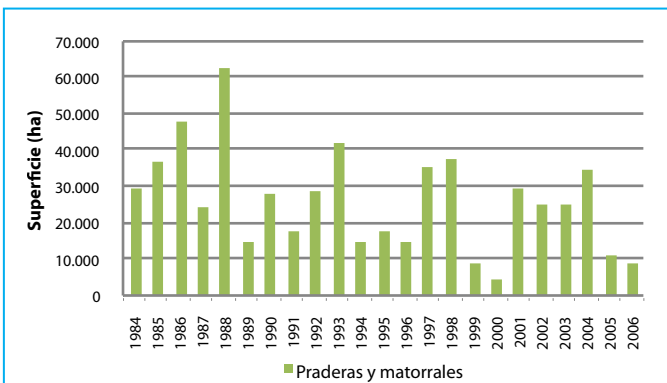


Figura 28. Superficie de praderas y matorrales incendiada, periodo 1984-2006

La Figura 29 muestra las emisiones de gases no dióxido de carbono producto de incendios en praderas y matorrales, que comprende principalmente metano. Las emisiones promedio son de 20 Gg CO<sub>2</sub>eq, con un máximo de 34 Gg CO<sub>2</sub>eq en el año 1987.

Finalmente, en la subcategoría suelos de otros usos que pasan a suelos de praderas y matorrales, los cambios de uso de suelo que existen son los de habilitación (bosque nativo que pasa a suelos de praderas y matorrales), desplantación (plantaciones forestales que pasan a suelos de praderas y matorrales) y regeneración (suelos agrícolas, suelos urbanos, humedales y suelos desnudos que pasan a suelos de praderas y matorrales).

La Tabla 23 muestra la tasa anual de superficie de suelos en otros usos que pasan a praderas y matorrales, desagregadas a nivel regional. El principal uso de suelo que se encuentra en regeneración proviene de suelos agrícolas y suelos desnudos.



Foto: Corporación Nacional Forestal. Gobierno de Chile

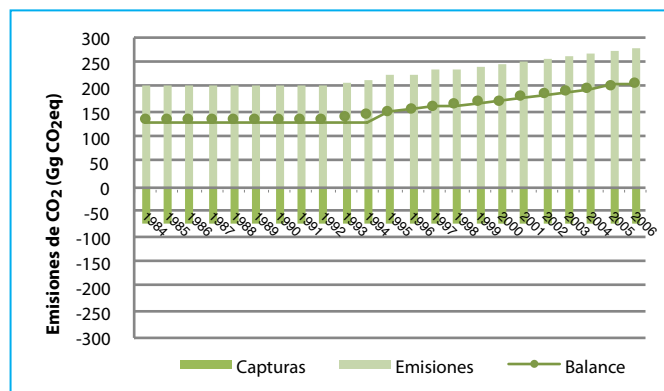
**TABLA 23.** Tasa anual de suelos en otros usos que pasan a praderas y matorrales (ha), por región administrativa

Región/origen del suelo	Habilitación	Desplantación	Regeneración				Total
	Bosque Nativo	Plantaciones Forestales	Suelos Agrícolas	Suelos Urbanos	Humedales	Suelos Desnudos	
XV	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i
I	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i
II	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i
III	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i
IV	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i
V	69	12	101	0	0	2	184
XIII	31	0	32	0	3	0	66
VI	1.060	98	16	0	24	373	1.569
VII	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i
VIII	542	843	841	4	0	121	2.350
IX	1.190	652	149	1	31	53	2.077
XIV	319	38	2	0	3	93	456
X	589	62	4	0	0	161	815
XI	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i	s/i
XII	135	0	0	0	0	0	135
<b>Total</b>	<b>3.935</b>	<b>1.704</b>	<b>1.144</b>	<b>5</b>	<b>62</b>	<b>802</b>	<b>7.651</b>

Fuente: Inia (2010)

En la habilitación, la tasa anual de captura es 72 Gg CO<sub>2</sub>eq, en tanto que la tasa anual de emisión llega a los 330 Gg CO<sub>2</sub>eq, con un balance anual neto de 258 Gg CO<sub>2</sub>eq emitidos. En la deforestación, las tasas anuales son de 242 Gg CO<sub>2</sub>eq para las emisiones, 31 Gg CO<sub>2</sub>eq para las capturas y un balance neto de 211 Gg CO<sub>2</sub>eq favorables para las emisiones. En el caso de la regeneración, la tasa anual de capturas es de 18 Gg CO<sub>2</sub>eq, la emisión bruta es de 12 Gg CO<sub>2</sub>eq y el balance neto es de 6 Gg CO<sub>2</sub>eq favorables a las capturas.

La Figura 30 presenta las emisiones, capturas y balance neto de CO<sub>2</sub>eq de la categoría suelos agrícolas. Las emisiones de esta categoría representan, a nivel del sector CUTS y para el año 2000, el 0,4% del total sectorial y se generan por el encalado de suelos y habilitación de bosque nativo que pasa a suelo agrícola. Las capturas representan sólo un 0,1%, debido a la habilitación y rehabilitación de suelos (suelos de praderas y matorrales, suelos urbanos, humedales y suelos desnudos que pasan a suelos agrícolas). El principal uso de suelo que se encuentra en el proceso de urbanización proviene desde suelos agrícolas, praderas y matorrales.



**Figura 30.** Emisiones, capturas y balance de emisiones de GEI de la categoría suelos agrícolas, periodo 1984-2006

En la habilitación asociada a suelos agrícolas, la tasa anual de captura es 5 Gg CO<sub>2</sub>eq, en tanto que la tasa anual de emisión llega a los 20 Gg CO<sub>2</sub>eq, con un balance anual neto de 15 Gg CO<sub>2</sub>eq emitidos. En la deforestación, las tasas anuales son de 97 Gg CO<sub>2</sub>eq para las emisiones, 13 Gg CO<sub>2</sub>eq para las capturas y un balance de emisión neta de 84 Gg CO<sub>2</sub>eq. En el caso de la rehabilitación, la tasa anual de capturas es de 55 Gg CO<sub>2</sub>eq, la emisión bruta es de 60 Gg CO<sub>2</sub>eq y el balance neto es de 5 Gg CO<sub>2</sub>eq favorables a las emisiones.



Las emisiones de la categoría suelos urbanos representan a nivel general, el 0,2%, del total del sector CUTS en el año 2000. Las capturas son sólo un 0,04% del total sectorial, ambas debidas al único ítem incluido en esta categoría, avance urbano (urbanización), que es parte de la subcategoría suelos de otros usos que pasan a suelos urbanos. En la urbanización, la tasa anual de captura es 23 Gg CO<sub>2</sub>eq, en tanto que la tasa anual de emisión llega a los 109 Gg CO<sub>2</sub>eq, con un balance anual neto de 86 Gg CO<sub>2</sub>eq emitido. La subcategoría suelos urbanos que permanecen como tales no fue incluida por falta de información.

La última categoría CUTS es suelos desnudos, que agrupa la superficie exenta de vegetación, ya sea por causas naturales o antrópicas. Ésta sólo emite CO<sub>2</sub>eq, producto de la devegetación, aportando con el 0,09% de las emisiones del sector. La devegetación es parte de la subcategoría suelos de otros usos que pasan a suelos desnudos. El principal uso de suelo que se encuentra en proceso de devegetación proviene desde praderas, matorrales y suelos forestales. En la devegetación, la tasa anual de emisiones netas es 45 Gg CO<sub>2</sub>eq. La subcategoría suelos desnudos que permanecen como tales no fue incluida por falta de información.

## Metodología aplicada

El sector CUTS es el que recibió la mayor modificación metodológica, respecto del ejercicio anterior, debido a la aplicación del código de buenas prácticas IPCC de 2003 que hace un quiebre metodológico significativo, respecto de la metodología IPCC revisada en 1996 con la que había sido elaborado anteriormente.

Un primer asunto de importancia es que el país, aunque está avanzando en mejorar este tipo de datos, aún no cuenta con la información estadística y paramétrica requerida para una aplicación completa de la metodología 2003. Por ello, de los conjuntos de carbono que el IPCC reconoce (carbono de biomasa sobre el suelo y carbono de biomasa bajo el suelo, carbono en hojarasca, carbono en árboles muertos y carbono orgánico del suelo) sólo se cuantificó el carbono de biomasa viva sobre el suelo.

En general, las metodologías aplicadas fueron de nivel 1b por la desagregación regional de la información de actividad del sector, salvo en los ítems incremento de la biomasa forestal y cosecha forestal, pertenecientes a la categoría suelos forestales que permanecen como suelos forestales, las que fueron trabajadas con un nivel 2 (por la aplicación de factores de emisión por defecto y tasas de expansión país-específicos). La Tabla 24 resume las bases de cálculo usadas para la cuantificación de cada subcategoría.

**TABLA 24.** Bases de cálculos para el sector CUTS

Categorías	Subcategorías	Nivel	Gases invernadero emitidos	Bases de cálculo
Suelos forestales (SF)	Suelos forestales que permanecen como tales	1b, 2	CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O	Matrices de uso del suelo (kha)
	Suelos de otros usos que pasan a suelos forestales	1b	CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O	Matrices de cambio de uso del suelo (kha)
Praderas y matorrales (PM)	Praderas y matorrales que permanecen como tales	1b	CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O	Matrices de uso del suelo (kha)
	Suelos de otros usos que pasan a praderas y matorrales	1b	CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O	Matrices de cambio de uso del suelo (kha)
Suelos agrícolas (SA)	Suelos agrícolas que permanecen como tales	1b	CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O	Matrices de uso del suelo (kha)
	Suelos de otros usos que pasan a suelos agrícolas	1b	CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O	Matrices de cambio de uso del suelo (kha)
Suelos urbanos (SU)	Suelos urbanos que permanecen como tales	1b	CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O	Matrices de uso del suelo (kha)
	Suelos de otros usos que pasan a suelos urbanos	1b	CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O	Matrices de cambio de uso del suelo (kha)
Humedales (HU)	Humedales que permanecen como tales	---	CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O	Matrices de uso del suelo (kha)
	Suelos de otros usos que pasan a humedales	1b	CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O	Matrices de cambio de uso del suelo (kha)
Suelos desnudos (SD)	Suelos desnudos que permanecen como tales	---	CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O	Matrices de uso del suelo (kha)
	Suelos de otros usos que pasan a suelos desnudos	1b	CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O	Matrices de cambio de uso del suelo (kha)

### 3.4.6 El sector residuos antrópicos

#### Aspectos generales de sus emisiones

Este sector contabiliza las emisiones de metano y óxido nitroso resultantes de procesos microbiológicos que ocurren en la materia orgánica bajo degradación anaeróbica, principalmente desde sitios de disposición de residuos sólidos, manejados o no manejados, la emisión de óxido nitroso por la descomposición anaeróbica de excretas humanas y el tratamiento anaeróbico de aguas residuales domésticas e industriales en fase líquida y sólida (lodos). Al igual que para la agricultura, la metodología IPCC asume que el balance del CO<sub>2</sub> es cero, ya que la emisión de este gas proviene de un substrato que se sintetiza periódicamente en ciclos anuales, o bien, de substratos sintetizados a partir del consumo de otros substratos orgánicos. Sus categorías y subcategorías se presentan en la Tabla 25.

**TABLA 25.** Categorías y subcategorías del sector de residuos antrópicos

Sector	Categoría	Subcategoría
Residuos antrópicos	Residuos sólidos urbanos	Disposición final de residuos sólidos urbanos
	Residuos líquidos	Tratamientos de aguas servidas y lodos domésticos
		Tratamiento de aguas residuales y lodos residuales
	Incineración de residuos hospitalarios	Incineración de restos humanos y cadáveres, incineración de residuos hospitalarios
	Emisión de óxido nitroso por excretas humanas	Excretas humanas producidas por la población urbana

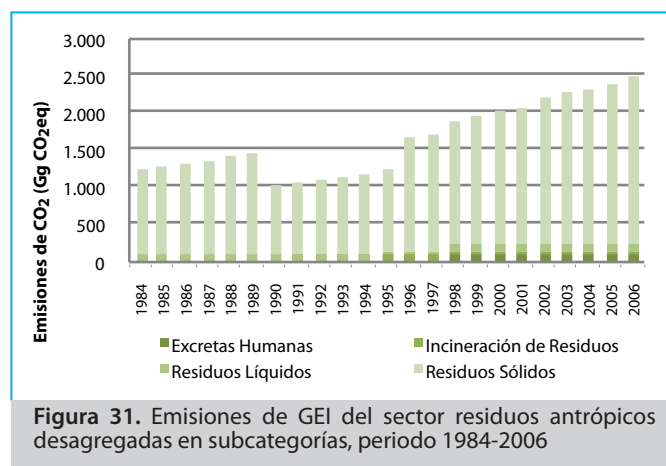
Las tendencias encontradas para las emisiones de los subsectores de la serie de tiempo de emisiones del sector, están fuertemente determinadas por la disponibilidad de los datos de actividad los cambios importantes que han ocurrido en algunas actividades económicas del país y mejoramientos ambientales en las últimas décadas en Chile en los rubros del manejo de los residuos sólidos y líquidos domiciliarios.

Las emisiones totales de CO<sub>2</sub>eq del sector (Figura 31) están monopolizadas por la categoría residuos sólidos urbanos, cuyo aporte al total sectorial fluctúa entre 88% y 94%. Se trata de la categoría de residuos antrópicos sobre los que el país tiene una mayor experiencia de gestión en los últimos años. La serie temporal de 1984 a 2006 muestra que existe una tendencia al aumento de emisiones por este

sector, lo que se debe a que éstas dependen de la cantidad de residuos sólidos urbanos generados, condicionada por la población urbana saneada, que viene experimentando un sostenido aumento.

Las emisiones procedentes de la categoría incineración de residuos hospitalarios son las menores de este sector, debido principalmente a que la masa incinerada es muy pequeña. Se debe reconocer que la información está fragmentada y es probable que algunas fuentes no hayan sido consideradas.

La emisión de óxido nitroso para la categoría excretas humanas responde a las variaciones en la población urbana existente. Por lo tanto, en la medida que aumenta la población del país, se elevarán las emisiones de óxido nitroso asociadas a esta categoría.



**Figura 31.** Emisiones de GEI del sector residuos antrópicos desagregadas en subcategorías, periodo 1984-2006

Para la categoría de emisiones de metano debida a residuos sólidos urbanos, el quiebre de la curva entre 1990 y 1997, queda explicado por el cambio de tecnología que se experimentó en el país en el tratamiento de los residuos:

- Desde 1984 hasta 1990, los residuos sólidos urbanos no eran tratados, o bien, el sistema de tratamiento correspondía a sistemas no controlados, prácticamente sin recuperación de metano.
- Desde 1991 hasta 1996, hubo implementación de verederos, que son sistemas de tratamientos semi anaeróbicos, con una recuperación de metano de aproximadamente el 50%, lo que provocó una disminución importante de las emisiones de metano.
- Desde el año 1997 en adelante, se implementaron los rellenos sanitarios, lo que conllevó un aumento de las emisiones de metano, debido a que corresponden a sistemas anaeróbicos que, si bien generan un aumento en

la recuperación de metano ( $\approx 75\%$ ), también provocan un crecimiento considerable en la emisión de este gas.

La categoría de residuos líquidos aporta en forma menor dentro del sector residuos antrópicos. Similarmente al caso de los residuos sólidos urbanos, también han existido importantes modificaciones asociadas a los procesos de tratamiento de este tipo de residuos, por lo que la serie de tiempo refleja el uso de distintas fuentes de información de datos de actividad, factores de emisión y supuestos asociados a la tecnología para la estimación de las emisiones, de acuerdo al siguiente cronograma:

- 1984-1990: factores por defecto IPCC, debido a la inexistencia de información de tratamientos de aguas servidas y residuos industriales líquidos.
- 1991-1997: información de tratamientos de aguas servidas, proporcionada en forma anual por la Superintendencia de Servicios Sanitarios (entidad de Gobierno encargada de la fiscalización de las empresas que proveen servicios de tratamiento de aguas).

- 1998: se incluyó tratamiento de residuos industriales líquidos proporcionado por la actualización del catastro de residuos industriales líquidos de la Superintendencia de Servicios Sanitarios en 1998 y una actualización de información de residuos industriales líquidos para la Región Metropolitana en el año 2004.

Las emisiones desde 1998 hasta 2004 son consideradas constantes debido, exclusivamente, a que no existe información anual de tratamiento de residuos industriales líquidos, a diferencia de las aguas servidas. Por lo tanto, el caudal de residuos industriales líquidos y lodos tratados se consideraron constantes en toda la serie temporal.

### Metodología aplicada

Las metodologías aplicadas, en general, fueron las de nivel 1b (por la desagregación regional de la información de actividad del sector que se explica previamente en este capítulo). La Tabla 26, en tanto, muestra un resumen de las bases de cálculos aplicadas para las categorías del sector.

**TABLA 26.** Bases de cálculos para el sector residuos antrópicos

Categorías	Nivel	Gases emitidos	Bases de cálculo
Residuos sólidos urbanos	1b	CH <sub>4</sub>	Residuos sólidos urbanos depositados en sitios de disposición final
Residuos Líquidos	1b	CH <sub>4</sub>	Volumen de Riles y aguas servidas con plantas de tratamientos específicos
Incineración de residuos hospitalarios	1b	CO <sub>2</sub> , CO, NO <sub>x</sub> , COVNM	Restos humanos y residuos hospitalarios incinerados
Otros: emisión de óxido nítrico por excretas humanas	1b	N <sub>2</sub> O	N excretado por población urbana conectada a alcantarillado



Foto: Ministerio de Agricultura. Gobierno de Chile

## 4. PARTIDAS INFORMATIVAS DE EMISIONES DE GEI

De acuerdo a la metodología de reporte de emisiones nacionales de GEI establecida por la CMNUCC, algunas familias de emisiones no deben ser contabilizadas en la sumatoria total de emisiones asociadas al inventario de los países, bastando que se reporte esta información como partidas informativas (Memo ítem) independiente del resto de las emisiones del país. Estos casos comprenden las emisiones de gases de efecto invernadero que generan los consumos de combustibles con fines de transporte internacional (bunker fuels) y las emisiones de CO<sub>2</sub> que genera el consumo de leña y biogás como fuentes de energía.

### 4.1 EMISIONES DE GEI DE BUNKER FUELS COMO PARTIDAS INFORMATIVAS

El consumo de combustibles con fines de transporte internacional o bunker fuels ocurre en los sectores del transporte aéreo (kerosene de aviación en forma mayoritaria y la gasolina de aviación) y marítimo (petróleo diésel y petróleo combustible como aquellos utilizados en el consumo asociado a este modo de transporte).

En el caso de Chile, la estructura actual de compilación de información de consumos de combustibles, que se realiza en el marco de la preparación anual del Balance Nacional de Energía, impone problemas para la asignación de emisiones de estos combustibles como consumo nacional e internacional de los transportes aéreo y marítimo, ya que actualmente se encuentran sumadas las estadísticas de los consumos nacionales e internacionales con fines de transporte.

Como preparación del Ingei de Chile, se trabajó en el diseño de una metodología que permitiese separar los consumos nacionales e internacionales y, por tanto, caracterizar apropiadamente las emisiones asociadas al transporte internacional (Sistemas Sustentables, 2010). Básicamente, se utilizó la información del Servicio Nacional de Aduanas de Chile, quien lleva un registro de los consumos de combustibles por compañías de transporte de viajes internacionales. Tal registro lo efectúa porque las empresas que realizan transporte internacional pueden obtener la devolución del impuesto al valor agregado sobre combustibles que se comercializan en territorio nacional. Es en este servicio en el cual las empresas deben realizar este trámite, declarando el volumen y tipo de combustible comprado, adjuntando además las facturas de compra. Esta información está disponible desde 1991.

Con esta información se pudo desagregar las fracciones de consumo de combustible para el transporte nacional de aquel utilizado con fines de transporte internacional, para ambos modos de transporte. Los resultados del transporte internacional, permitieron construir una serie de tiempo para el periodo 1991-2006. La información para los años faltantes (1984-1990) fue extrapolada por el consultor, obteniéndose los resultados que se indican en la Figura 32.

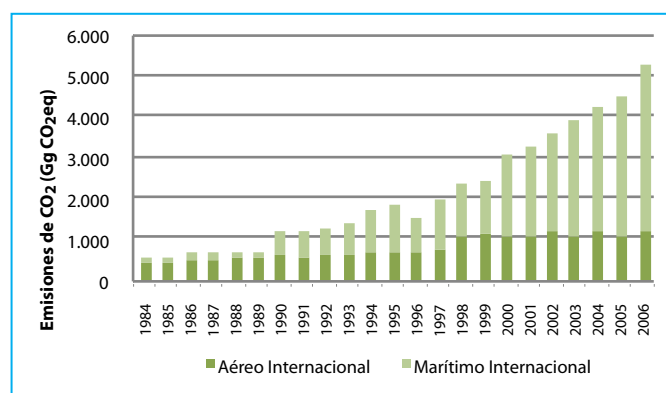


Figura 32. Emisiones de GEI del transporte internacional aéreo y marítimo, periodo 1984-2006

Ambas familias de emisiones muestran un crecimiento en el tiempo, convirtiéndose las asociadas al transporte marítimo internacional en la fuente mayoritaria de este tipo de emisiones en los últimos años. Este comportamiento es coincidente con la inserción progresiva de nuestro país en las rutas del comercio internacional, ya que Chile transporta la mayoría de sus exportaciones utilizando la vía marítima.

### 4.2 EMISIONES DEL CONSUMO DE LEÑA Y BIOGÁS COMO PARTIDAS INFORMATIVAS

Las emisiones del consumo de leña y biogás contabilizadas en el inventario provienen de sus usos como combustibles energéticos. En el Ingei chileno, las emisiones de CO<sub>2</sub> de esta categoría son presentadas como partidas informativas. Las emisiones de gases de efecto invernadero distinto del CO<sub>2</sub> en tanto, se informan en el sector energía.

La información para reportar las emisiones en el Ingei, proviene del Balance Nacional de Energía, que agrupa el sector de la leña bajo la categoría de consumo del sector energía y centros de transformación. Así, se aprecia que el consumo de leña con fines energéticos es relevante en el país, especialmente a nivel residencial y, en menor medi-

da, industrial y comercial. El consumo agregado de leña y biogás reportado para 1984 en términos energéticos es de 87mil TJ (24% del consumo energético primario del país en ese año), hasta un nivel máximo en términos de consumo para 2006, con un total de 188 mil TJ (correspondiente al 18% del consumo energético primario del país en ese año). Estos valores son equivalentes a 8.600 Gg CO<sub>2</sub> para el año 1984 y 18.563 Gg CO<sub>2</sub> para el último año de la serie, la que se presenta completa en la Figura 33.

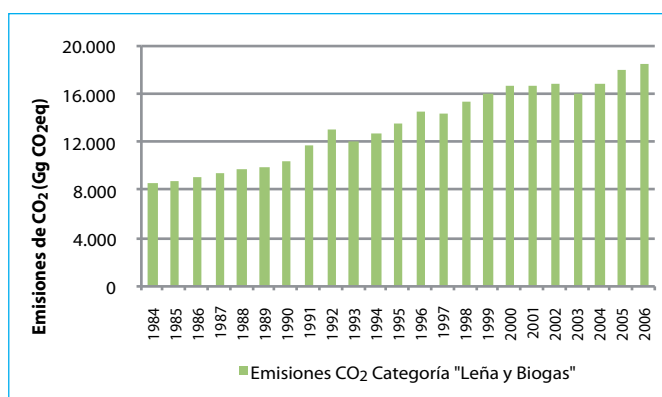


Figura 33. Emisiones de GEI del transporte internacional aéreo y marítimo, periodo 1984-2006

## 5. INCERTIDUMBRES EN EL INGEI CHILENO

En Chile, las principales entidades consideradas como fuentes de información oficial de los datos de actividad útiles para la elaboración del Ingei no generan información anual necesaria para enriquecer los datos no paramétricos de actividad necesarios para el inventario, ni tampoco están proporcionando la estadística necesaria para determinar incertidumbre asociada a los datos de actividad que generan (Inia, 2010). Si estas entidades no calculan la incertidumbre asociada a los datos estadísticos que entregan, no se hace posible determinar actualmente en forma integral cuál es la incertidumbre asociada a los cálculos de emisiones del Ingei chileno. Esta falta de integridad en la información implica que, al generar los datos de actividad por estimaciones, el porcentaje de incertidumbre va aumentando, pero al no tener fuentes oficiales de información de incertidumbre asociados a los datos de actividad, sus incertidumbres se consideran como cero, por falta de información.

A continuación se detalla la falta de estimación de incertidumbre de los datos de actividad informados por diversas fuentes oficiales (INIA, 2010):

- Instituto Nacional de Estadísticas (INE): proporciona datos de actividad de población de ganado por región/país, por especies: ganado bovino, porcino, equino, caprino, ovino, camélidos y existencia de aves; cultivos de hortalizas, frutales, cultivos anuales, forrajeras y praderas; producción de cerveza, bebidas alcohólicas, vinos; azúcares; margarina y grasas sólidas; pan y pienso para animales. Esta información es entregada en forma anual y no cuenta con estimación de error o incertidumbre asociada.

- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), la cual entrega información sobre consumo de fertilizantes nitrogenados y datos de actividad que tampoco tienen información de error o incertidumbre asociada. Este dato de actividad es utilizado en la categoría de suelos agrícolas del Inventario.
- Instituto Forestal (Infor): aporta datos sobre superficies forestales, superficie de especies nativas, volúmenes de madera, superficie de incendios forestales, pulpa y papel. Esta información es entregada en forma anual, pero no cuenta con error o incertidumbre asociada.
- Corporación Nacional Forestal (Conaf): proporciona datos de usos de suelo, superficies de uso de suelo y cambios de uso de suelo, datos de actividad utilizados en las categorías; cambio de la provisión de biomasa forestal y otros recursos leñosos, conversión de las tierras forestales, abandono de suelos cultivados. Ni Infor ni Conaf presentan información sobre error de datos de actividad y porcentajes de incertidumbre asociados a estos datos de actividad.
- Ministerio del Medio Ambiente (ex Conama): compila información sobre cantidad de residuos sólidos urbanos (RSU), cantidad de RSU por tipo de disposición final y RSU (vertedero no controlado, vertedero controlado y relleno sanitario). Estos datos de actividad se aplican a la categoría residuos antrópicos del inventario y tiene falencias, ya que no existe información para todos los años del inventario, en la composición de RSU. Tampoco existe actualización de información y los datos de actividad no muestran estimación de incertidumbre o error asociado. Hasta la fecha no se cuenta con información más actuali-

- zada, por lo que genera un déficit de datos de actividad, además de no contar con error asociado y porcentaje de incertidumbre para esta información.
- Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS): sus informes anuales muestran información de aguas servidas, aguas servidas tratadas, población saneada con servicio de alcantarillado y tipo de plantas de tratamientos de aguas servidas por región. Esta información se encuentra disponible en forma anual, por lo que la categoría de residuos líquidos, específicamente la subcategoría de tratamiento de aguas servidas y lodos domésticos, a partir del año 1990, cuenta con información actualizada de estos datos de actividad. En cuanto a error asociado y porcentaje de incertidumbre no existe información publicada en estos informes.
  - Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS): los datos de actividad de residuos líquidos industriales (Riles), que se necesitan en la subcategoría de tratamiento de residuos líquidos industriales y lodos residuales, se obtuvieron de la Actualización del Catastro Nacional de Riles, publicado en 1998. Después de esta fecha, no se cuenta con información actualizada para el país, por lo que esta subcategoría tiene falencias de datos de actividad anual, además de no contar con error asociado e incertidumbre para esta información.
  - Instituto del Cemento y del Hormigón de Chile (ICH): genera datos de actividad de cemento, entregada en forma anual, pero no cuenta con error asociado e incertidumbre asociada.
  - Empresa Soprocal, calerías e Industrias: datos de actividad de cal, entregada en forma anual, pero no cuenta con error e incertidumbre asociados.
  - Empresa Inacesa (Industria Nacional de Cementos S.A.): genera datos de actividad de cal, entregada en forma anual, pero no cuenta con error e incertidumbre asociados.
  - Servicio Nacional de Aduanas: compila datos de actividad de carbonato sódico, entrega información desde 1990, pero no cuenta con error e incertidumbre asociados.
  - Ministerio de Obras Públicas (MOP): genera datos de actividad de asfalto, entrega información desde 1998, pero no cuenta con error e incertidumbre asociados.
  - La Asociación de Industriales Químicos (Asiquim): genera datos de actividad de ácido nítrico, etileno, formaldehído, anhídrido ftálico, poliestireno, polietileno, ácido sulfúrico, entregando información desde 1985, pero no cuenta con error e incertidumbre asociados.
  - Comisión Nacional de Energía (CNE): compila datos de actividad de metanol, entregada en forma anual, pero no cuenta con error e incertidumbre asociados.
  - Empresa Compañía Minera del Pacífico (CAP): genera datos de actividad de acero, entregada en forma anual, pero no cuenta con error e incertidumbre asociados.



Foto: Ministerio del Medio Ambiente. Gobierno de Chile



# BIBLIOGRAFIA

- COCHILCO. (2010). *Consumo de energía y emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a la minería del cobre de Chile.*
- COCHILCO. (2009). *Consumo de energía y emisiones de gases de efecto invernadero de la minería del cobre de Chile.*
- IEA. (2009). *Key World Energy Statistics.*
- IEA. (2010). *Key World Energy Statistics.*
- INIA. (2010). *Complementos y actualización del inventario de gases de efecto invernadero (GEI) para Chile en los sectores de agricultura, uso del suelo, cambio de uso del suelo y silvicultura, y residuos antrópicos.*
- INIA. (2009). *Inventarios anuales de gases de efecto invernadero de Chile. Serie Temporal 1984/2003 para sectores no-energía.* Boletín INIA 185
- IPCC. (1996). *Directrices IPCC para la elaboración de inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, Revisadas en 1996.*
- IPCC. (2000). *Guía de buenas prácticas y gestión de la incertidumbre en la elaboración de inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.*
- IPCC. (2003). *Guía de Buenas Prácticas para Uso del Suelo, Cambio en el Uso del Suelo y Silvicultura.*
- IPCC. (2006). *Directrices IPCC para la elaboración de inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*
- NCSP. (2005). *Handbook: Managing the National Greenhouse Gas Inventory Process.*
- POCH AMBIENTAL. (2008). *Inventario nacional de gases de efecto invernadero.*
- SISTEMAS SUSTENTABLES. (2010). *Desarrollo de una metodología local de cálculo de emisiones bunker para gases de efecto invernadero.*





# CAPÍTULO 3

Vulnerabilidad del País y su Adaptación  
al Cambio Climático



■ FOTO: MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE



## 1. INTRODUCCIÓN

Chile es un país altamente vulnerable frente al fenómeno de cambio climático ya que cuenta con áreas de borde costero de baja altura, áreas áridas, semiáridas y de bosques, susceptibilidad a desastres naturales, áreas propensas a sequía y desertificación, zonas urbanas con problemas de contaminación atmosférica y ecosistemas montañosos como las cordilleras de la Costa y de los Andes.

Los estudios desarrollados en Chile en los últimos años, en materia de impactos y vulnerabilidad al cambio climático, dan cuenta de esta situación, así como de una mayor comprensión del fenómeno y de sus potenciales efectos negativos sobre los planes de desarrollo sustentable de la Nación.

Este capítulo presenta la información producida en el país sobre su vulnerabilidad actual y los impactos proyectados frente al cambio climático. También detalla los esfuerzos iniciales para abordar el proceso de adaptación, que deben tener una mirada en el corto, mediano y largo plazo para proteger exitosamente a nuestra sociedad, economía y sistemas naturales de los cambios previstos.

En Chile ya son evidentes algunas nuevas tendencias en el clima, principalmente manifestadas en un cambio en las precipitaciones y en las temperaturas a lo largo del país. Estudios de cambios en la temperatura para el período 1979-2006, evidencian que en el océano y en la costa la tendencia ha sido negativa, mientras que en el valle central y, especialmente, en la cordillera de Los Andes, reservorio natural del recurso hídrico, ha sido positiva (Falvey y Garreaud, 2009; Carrasco et al, 2008).

Según las proyecciones sobre los cambios esperados para la variable temperatura, frente a dos escenarios de emisiones proyectados por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) catalogados como A2 y B2, en el "Estudio de la variabilidad climática en Chile para el siglo XXI" (U. de Chile/Depto. Geofísica, 2006), se estiman aumentos entre 1°C a 3°C (escenario moderado), y entre 2°C a 4°C (escenario severo) en todo el país, siendo éstos más acentuados hacia las regiones andinas y disminuyendo de norte a sur. Sólo en la Región Austral, bajo el escenario moderado, hay sectores pequeños con calentamientos menores a 1°C. El estudio también indica que, estacionalmente, el calentamiento es mayor en el verano, excediendo los 5°C en algunos sectores altos de la cordillera de Los Andes.

En cuanto a la variable precipitación, las cumbres andinas marcan un contraste entre ambas laderas, con una disminución proyectada en la ladera occidental (Chile continental), particularmente en latitudes medias y en las estaciones de verano y otoño. Este contraste se manifiesta más acentuado en el escenario severo durante el verano, en que las precipitaciones sobre ciertos sectores del centro-sur de Chile se reducen a la mitad e incluso, a un cuarto del valor actual, al mismo tiempo que las precipitaciones futuras se duplican respecto a la actual, inmediatamente al este de la cordillera de Los Andes.

En Chile, prácticamente todas las actividades socioeconómicas están vinculadas al clima. Algunas, como la agricultura o forestal, presentan una dependencia directa, ya que el clima determina la existencia de recursos físicos prima-

rios. En otros casos, los recursos hídricos juegan un papel de gran relevancia de tal forma que los impactos sobre la oferta hidrológica dan lugar a consecuencias en cascada que repercuten en las actividades económicas que se benefician de ellos. También existen sectores de la economía que, pese a no tener relación directa con el clima, están vinculados con sectores que sí lo están y también pueden sufrir los impactos del cambio climático (Cepal, 2009).

Los recursos hídricos son un área de máxima prioridad, ya que se prevé una preocupante situación en el mediano y largo plazo, con consecuencias negativas en la mayoría de las actividades productivas del país y presiones adicionales al medio ambiente. En particular, se espera una menor disponibilidad de agua de algunas cuencas, afectando la generación de electricidad, la provisión de agua potable y de actividades industriales (minería en algunos casos) y agroindustriales.

Los glaciares, reservas estratégicas que aportan agua a las cuencas hídricas en verano y recargan los ríos en regiones áridas, están en gran parte en retroceso, asociados a cambios de patrones tradicionales de las variables climáticas. Esto continuará afectando la disponibilidad de agua en aquellas cuencas donde su aporte es significativo, particularmente en la zona centro norte.

El sector silvoagropecuario también se verá afectado por los cambios en patrones de precipitación y temperatura, los que se reflejarán en la productividad con diferencias regionales y por especie. El problema de precipitaciones disminuidas será agravado por una posible restricción de

recursos hídricos para riego, si los efectos del cambio climático llegan a afectar aguas subterráneas y la recarga de embalses. Los cambios productivos que se prevén para el sector silvoagropecuario causarán un efecto en la vulnerabilidad agrícola asociada al componente social y económico. En este capítulo se presenta un análisis de esta vulnerabilidad a lo largo del país a nivel comunal.

Chile cuenta con áreas de biodiversidad muy relevantes a nivel mundial en razón de su alto nivel de endemismo y fuertes amenazas antrópicas que las afectan. Ellas son el hotspot mediterráneo-bosque lluvioso valdiviano (el más extendido) y el hotspot de los andes tropicales (sector altiplánico). El cambio climático afectaría la biodiversidad del país, siendo probablemente los ecosistemas mediterráneos y los humedales altoandinos los más vulnerables a estas alteraciones climáticas en la parte terrestre.

Desde el punto de vista de las especies y considerando que existen restricciones para su dispersión por causas inherentes a ellas o bien debido a alteraciones del hábitat por actividades antrópicas, los antecedentes científicos indican que la gran mayoría presentará disminuciones en el área de distribución proyectada, siendo reducido el número de extinciones previstas (dos especies).

En la Figura 1 se resumen los impactos del cambio climático en Chile y su relación con las proyecciones climáticas futuras. A la vez, se destaca que los cambios climáticos no solamente serán negativos, sino que también habrá regiones de Chile que se verían beneficiadas en cuanto a la productividad de algunos sectores económicos.

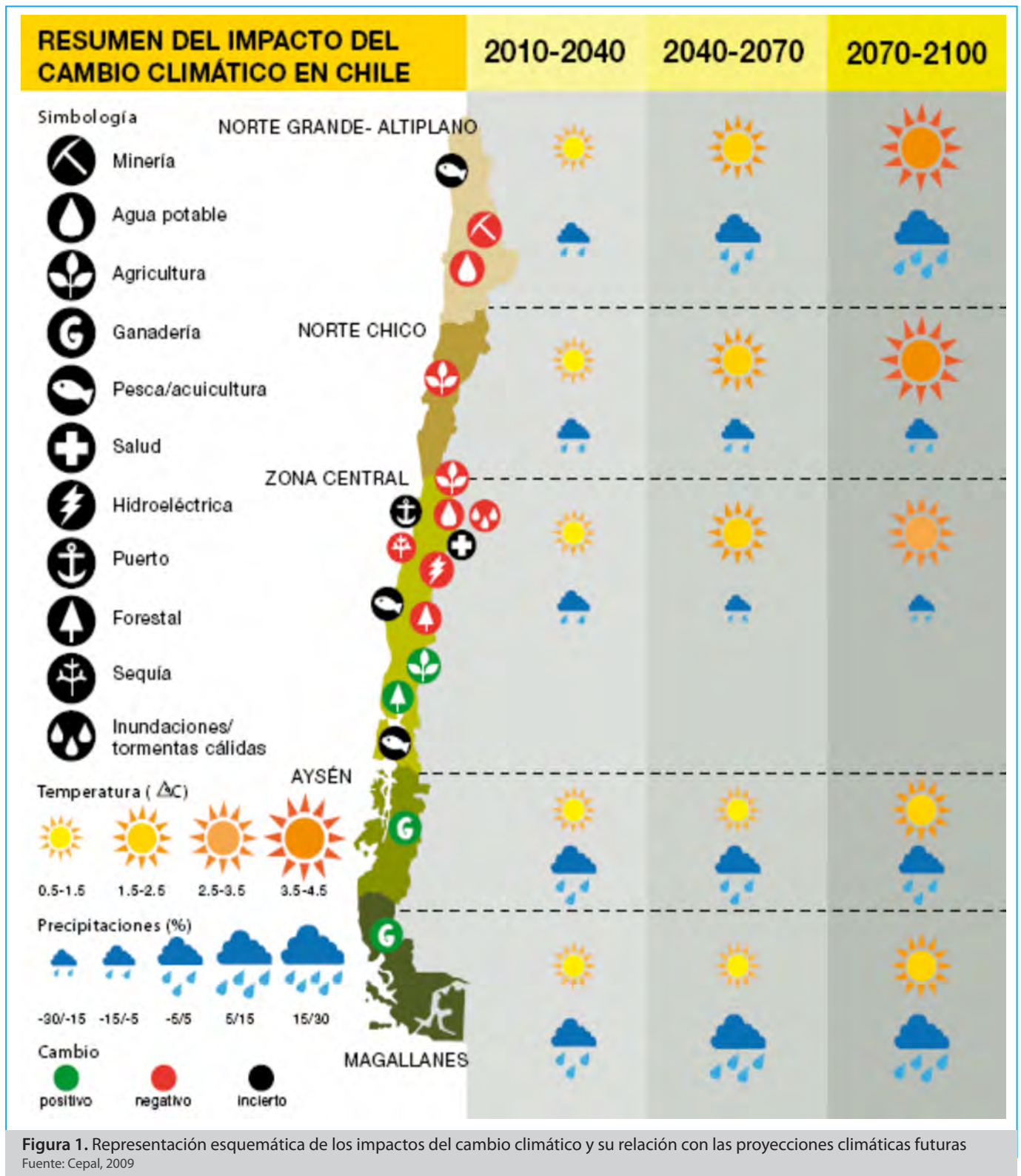


Figura 1. Representación esquemática de los impactos del cambio climático y su relación con las proyecciones climáticas futuras  
Fuente: Cepal, 2009

Esta información constituye para Chile un avance significativo, aportando a la toma de decisiones frente a un fenómeno incierto aún en tiempo, espacio y magnitud. Elaborada principalmente al alero del Plan de Acción Na-

cional de Cambio Climático (PANCC) y de la Segunda Comunicación Nacional, servirá para que el país comience una etapa de desarrollo e implementación de sus planes sectoriales de adaptación.

## 2. ANTECEDENTES GENERALES Y POLÍTICAS NACIONALES

Uno de los mayores desafíos que enfrenta la humanidad, en torno al fenómeno del cambio climático, es el adecuado entendimiento y caracterización de la vulnerabilidad de los sistemas naturales y socio-económicos. A partir de ese conocimiento, se puede aspirar a que las medidas y políticas de adaptación sean compatibles con las metas de desarrollo sustentable. Para ser efectivos, los procesos de adaptación deben ser económicamente eficientes y las opciones deben ser diseñadas para contribuir al máximo con los objetivos del bienestar social. En este contexto, las medidas y políticas de adaptación deben enmarcarse en las metas de desarrollo sustentable del país.

El concepto de vulnerabilidad es definido por el IPCC (2001) como: "(...) el grado al cual una unidad de exposición o sistema es susceptible de, o es incapaz de, afrontar los efectos adversos del cambio climático, incluyendo la variabilidad climática y los eventos extremos". La vulnerabilidad es dependiente entonces de la exposición del sistema natural o socioeconómico, como también de su sensibilidad y capacidad adaptativa. La vulnerabilidad y la capacidad de adaptación de un sistema frente al cambio climático se hacen particularmente evidentes con la ocurrencia de eventos climáticos extremos asociados a la variabilidad climática. Estos eventos permiten evaluar los impactos potenciales o residuales, que resultan después de que se aplicaron medidas de adaptación producto del cambio o las variaciones en el clima (Conde, 2003).

Chile es un país vulnerable a eventos climáticos extremos. Las condiciones hidrometeorológicas extremas han causado daños y desastres en diversos sectores socioeconómicos del país. Por ello resulta importante la caracterización del clima, su variabilidad y su cambio, de modo de alcanzar un adecuado diseño de políticas y medidas de adaptación al cambio climático (BID-UN, 2007).

### 2.1 VULNERABILIDAD Y ADAPTACIÓN EN EL PLAN DE ACCIÓN NACIONAL DE CAMBIO CLIMÁTICO

En 2008 se establecieron las principales líneas de acción en materia de vulnerabilidad y adaptación contenidas en el PANCC, descrito en detalle en el capítulo de circunstancias nacionales. Cabe destacar que en el caso del eje de vulnerabilidad y adaptación a los impactos del cambio climático del plan de acción, en los primeros tres años de su ejecución su principal propósito ha sido propulsar la eje-

cución de una serie de estudios en materia de impactos y vulnerabilidad, como primer paso para un adecuado planteamiento de políticas en materia de adaptación. Paralelamente, han surgido en el país una serie de medidas en materia ambiental que han permitido el fortalecimiento de los sistemas socioeconómicos y naturales, aun cuando su primer objetivo no ha sido el desarrollo de estrategias de adaptación al cambio climático.

Es importante mencionar que coetáneamente a las actividades planteadas por el PANCC, se han llevado a cabo otros estudios en materia de vulnerabilidad y adaptación al cambio climático que ayudan a complementar sus obligaciones. Entre ellos se encuentra "Economía regional del cambio climático: Chile", un trabajo coordinado por el Centro de Cambio Global de la Pontificia Universidad Católica de Chile y que surge a partir de una iniciativa liderada por la Cepal, el Banco Interamericano de Desarrollo, la Unión Europea y los gobiernos del Reino Unido y Dinamarca. En el marco de este proyecto (Cepal, 2009) coordinado con las mismas instituciones del Gobierno de Chile que integran el PANCC, durante 2009 se desarrollaron estudios sectoriales cuyos objetivos contemplaban evaluar los costos y beneficios de tomar medidas de adaptación al cambio climático. Parte de éstos han sido utilizados en esta Segunda Comunicación Nacional. Otros sectores analizados en dicho estudio corresponden al minero y de servicios sanitarios, en este caso desde la perspectiva del uso y acceso a recursos hídricos. También se puede destacar el aporte que se hizo en la evaluación económica de los impactos en el sector silvoagropecuario.



Foto: Ministerio del Medio Ambiente. Gobierno de Chile

### 3. VULNERABILIDAD DE CHILE FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO

#### 3.1 TENDENCIAS CLIMÁTICAS

Tal como se destaca en el volumen I del 4° Reporte del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, 2007), se ha observado a nivel mundial desde mediados del siglo XIX un cambio marcado del clima, que se refleja en datos de temperatura media mundial, nivel medio del mar a escala mundial y cobertura de nieve. Los glaciares de montaña y la cubierta de nieve han disminuido como promedio en ambos hemisferios y las reducciones generalizadas en los glaciares y casquetes de hielo han contribuido a la elevación del nivel del mar.

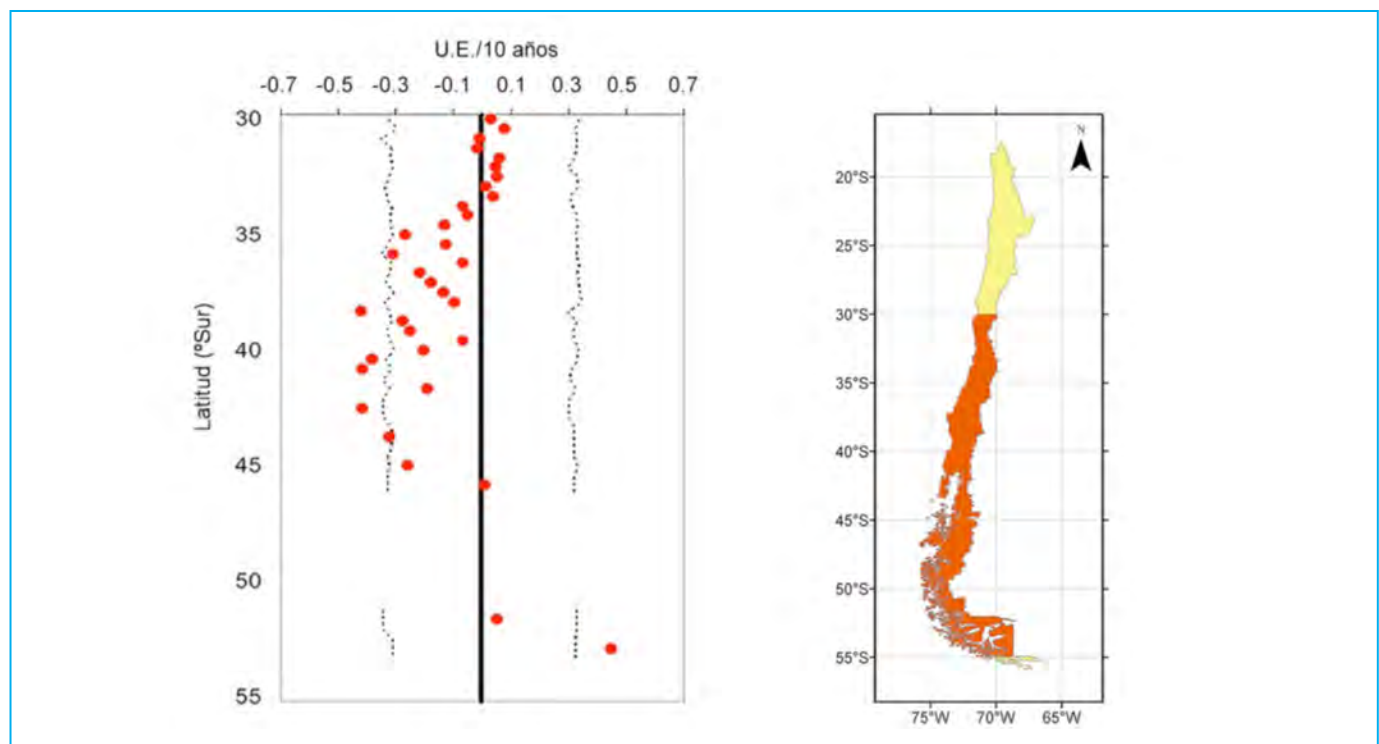
También se han observado cambios en Chile, principalmente en precipitaciones y temperaturas, por ser éstas las variables que se miden a nivel nacional. Durante el período 1930 al 2000, en la región comprendida entre Coquimbo y Temuco (paralelos 30°S y 39°S), se produce una tendencia hacia la disminución de las precipitaciones hasta aproximadamente 1970. El posterior aumento en la frecuencia de inviernos relativamente lluviosos, contribuye a establecer una tendencia positiva (aumento de precipitaciones), que alcanza su mayor intensidad entre 1955 y 1985 (Universidad de Chile, Depto. Geofísica, 2006). En tanto el régimen pluviométrico en la región centro-sur y

austral, observa una significativa tendencia al aumento hasta mediados de los años 70, para después decrecer.

En el norte de Chile central (30°S - 34°S) la media de la precipitación anual no mostraría variaciones significativas, mientras que hacia el sur la tendencia es negativa, en especial entre las latitudes 40°S y 44°S (Quintana y Aceituno, 2006).

La evolución de la precipitación en Chile, al sur del paralelo 30°S, está condicionada por una fuerte variabilidad en la escala de tiempo decadal (i.e. períodos de tiempo variables en el orden de las decenas de años), la cual se vincula a cambios en esa misma escala en la Oscilación del Sur, como también de la frecuencia interanual de los fenómenos de El Niño y La Niña, así como la Oscilación Decadal del Pacífico. El fenómeno de El Niño está asociado a un aumento en el nivel de precipitaciones en gran parte del país y concuerda con la ocurrencia de los principales desastres de tipo hidrometeorológico (BID-UN, 2007).

En la Figura 2 se presenta la magnitud de las tendencias en estaciones chilenas al sur de la latitud 30°S, entre 1970 y 2000. Las tendencias están expresadas como cambio en valores normalizados por cada 10 años. La línea de pun-



**Figura 2.** Tendencias lineales de precipitación anual en estaciones chilenas al sur de 30°S durante el período 1970 – 2000  
Fuente: Quintana y Aceituno, 2006

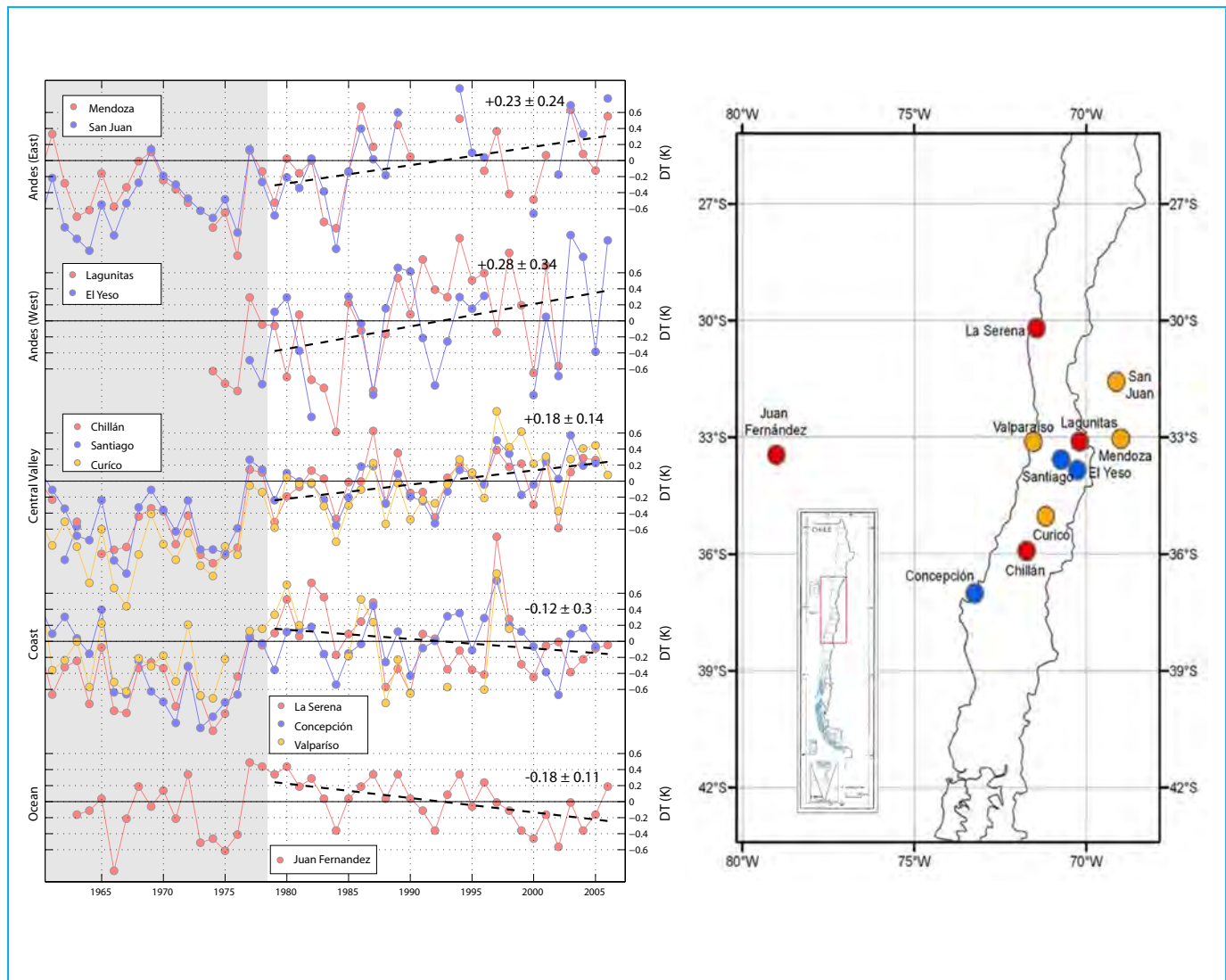


tos indica los límites de los valores positivos o negativos de tendencia que son estadísticamente significativos a un nivel de 95%.

Las temperaturas en Chile se caracterizan por presentar una leve variación latitudinal en la zona costera, debido a la influencia oceánica. En este sector, la temperatura promedio anual fluctúa entre unos 17°C en el norte, 15°C en la costa central y 6°C en el extremo austral. En el resto del territorio, el factor que determina en mayor medida las diferencias térmicas es el relieve. La variación mensual de temperatura del país en general es consecuencia de la declinación solar. Asimismo, los cambios en la temperatura media a nivel de superficie a lo largo de la costa extra-tropical de Sudamérica, muestran que a partir de 1940 ó

1950, se presentó un régimen térmico relativamente estacionario, con excepción de la región centro-sur con un marcado descenso de la temperatura media (Aceituno et al., 1992; Rosenbluth et al., 1997). Esta situación fue interrumpida por un incremento abrupto a mediados de la década de 1970, conocido como "salto climático".

Estudios más recientes de cambios en la temperatura para el periodo de 1979 a 2006, evidencian que en el océano y en la costa la tendencia ha sido negativa, mientras que, en el valle central y especialmente en la cordillera de Los Andes ha sido positiva (Falvey y Garreaud, 2009; Carrasco et al, 2008). La Figura 3, muestra un corte transversal en Chile central donde se observa la magnitud de estas tendencias históricas. Las anomalías se calcularon como



**Figura 3.** Series de tiempo de anomalías de temperatura en Chile central (27,5 S – 37,5 S)  
Fuente: Falvey y Garreaud, 2009

las diferencias de temperaturas en relación al promedio del periodo 1979–2006. Las líneas punteadas muestran la tendencia lineal para los datos de cada grupo para el periodo 1979–2006. Se entrega también el valor de la tasa de cambio para el periodo considerado. En el mapa de la derecha se indican las localidades donde fueron estimadas las tendencias de temperatura.

### 3.2 PROYECCIONES CLIMÁTICAS

Las proyecciones de cambio climático se pueden llevar a cabo utilizando modelos de clima global que simulen las condiciones climáticas del planeta, considerando diferentes niveles de emisión y concentración de GEI. El IPCC

reconoce alrededor de 20 modelos para realizar estas simulaciones de manera adecuada. A su vez, existe una serie de trayectorias potenciales de las emisiones de GEI de acuerdo a las diferentes proyecciones que pueda tener la economía, la población del planeta y el grado de control de emisiones antrópicas. Estos son los llamados escenarios de emisión de GEI.

La multiplicidad de modelos y escenarios de emisiones utilizados, además de una falta de conocimiento de algunos aspectos claves en la modelación climática de largo plazo y de la naturaleza caótica del sistema, introduce incertidumbre con respecto a las proyecciones de cambio climático en diferentes regiones del planeta.

#### Escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero

Los escenarios de emisiones de GEI representan alternativas de lo que podría acontecer en el futuro en términos de emisiones antrópicas. Estos constituyen un instrumento que permite analizar la manera en que influirán las fuerzas determinantes de las emisiones futuras de GEI en el clima futuro. A finales de 2000, el IPCC publicó los escenarios de estas emisiones (IPCC, 2000), utilizados como base para la publicación del Tercer Informe de Evaluación sobre Cambio Climático. Son el resultado de un proceso que se inició en 1992, que fue revisado en 1995, recomendando la incorporación y el análisis de las “fuerzas” (tales como el crecimiento demográfico, el desarrollo socioeconómico o el cambio tecnológico) que rigen las emisiones, así como las metodologías que dieron pie a los escenarios propuestos para el primer informe.

Cada escenario representa una interpretación cuantitativa específica de cuatro líneas evolutivas (entendidas como una combinación específica de fuerzas) que, a su vez, dan paso a la organización de escenarios en “familias” (o grupos de escenarios con características similares). Las familias de escenarios son las siguientes:

- La familia de escenarios A1 está compuesta por los escenarios A1F1, A1T y A1B. Los tres grupos A1 se diferencian en su orientación tecnológica: utilización intensiva de combustibles de origen fósil (A1F1); utilización de fuentes de energía de origen no fósil (A1T); y utilización equilibrada de todo tipo de fuentes (A1B). La línea evolutiva y familia de escenarios A1 describe un mundo futuro con un rápido crecimiento económico, una población mundial que alcanza su máximo hacia mediados del siglo y disminuye posteriormente y, una rápida introducción de nuevas tecnologías más eficientes.
- La línea evolutiva y familia de escenarios A2 describe un mundo muy heterogéneo. Sus características más distintivas son la autosuficiencia y la conservación de las identidades locales. Las pautas de fertilidad en el conjunto de las regiones convergen muy lentamente, con lo que se obtiene una población mundial en continuo crecimiento.
- La línea evolutiva y familia de escenarios B1 describe un mundo convergente con una misma población mundial que alcanza un máximo hacia mediados del siglo y desciende posteriormente, como en la línea evolutiva A1, pero con rápidos cambios de las estructuras económicas orientados a una economía de servicios y de información, acompañados de una utilización menos intensiva de los materiales y de la introducción de tecnologías limpias con un aprovechamiento eficaz de los recursos. En ella se da preponderancia a las soluciones de orden mundial encaminadas a la sostenibilidad económica, social y medioambiental, así como a una mayor igualdad, pero en ausencia de iniciativas adicionales en relación con el clima.
- La línea evolutiva y familia de escenarios B2 describe un mundo en el que predominan las soluciones locales a la sostenibilidad económica, social y medioambiental. Es un mundo cuya población aumenta progresivamente a un ritmo menor que en A2, con niveles de desarrollo económico intermedios y con un cambio tecnológico menos rápido y más diverso que en las líneas evolutivas B1 y A1. Aunque este escenario está también orientado a la protección del medio ambiente y a la igualdad social, se centra principalmente en los niveles local y regional.

Fuente: Reporte Especial del III Grupo de Trabajo del IPCC

La mayor desventaja de los modelos globales proviene de una baja resolución espacial (centenas de kilómetros), ya que al ser utilizados para análisis de impactos, pueden resultar insuficientes. Esto representa una limitación importante, particularmente en el caso de regiones costeras o con importantes variaciones de relieve como Chile, donde a la presencia de las cordilleras de La Costa y de los Andes, se une el escaso desarrollo longitudinal del territorio nacional, que resulta ser semejante a la resolución actual de los modelos globales.

Para obtener información con un mayor detalle espacial para el territorio chileno, el Departamento de Geofísica de la Universidad de Chile, encomendado por la Conama desarrolló el "Estudio de la variabilidad climática en Chile para el siglo XXI" (U. de Chile, Depto. Geofísica, 2006) que utilizó el modelo de evaluación de cambios climáticos de escala regional PRECIS, considerando los escenarios de emisión de gases de efecto invernadero A2 y B2 del IPCC. El dominio representado corresponde al área del territorio nacional con una resolución espacial de 25x25 km<sup>2</sup>. En este trabajo se llevó a cabo una modelación regional para el período 2071-2100 y una para el periodo 1961-1990, de modo que los cambios climáticos en superficie que se asocian a los escenarios de emisiones A2 y B2 fueron contrastados frente a los datos de este último período.

Durante 2009, como parte del trabajo para preparar el documento "La economía del cambio climático en Chile" ya citado, se complementaron las proyecciones climáticas

realizadas por el Departamento de Geofísica de la Universidad de Chile el 2006, con datos de proyecciones para tres períodos distintos: uno temprano, que abarcó los años 2010 a 2040; uno intermedio, de 2040 a 2070 y, uno tardío, de 2070 a 2100, utilizando nuevamente las proyecciones del modelo de clima global HadCM3. A modo ilustrativo, en las Figuras 4 y 5, se presentan las proyecciones de temperatura y precipitación asociadas al escenario A2 y B2 para los periodos indicados.

### 3.2.1 Temperatura

Los cambios proyectados en temperatura hacia fines de siglo tienden a ser positivos (calentamiento) en todas las regiones, siendo mayores para el escenario A2. El cambio de temperatura media en el escenario A2 respecto al clima actual de Chile continental varía entre 2°C y 4°C, siendo más acentuado hacia las regiones andinas y disminuyendo de norte a sur. Sólo en la zona austral, bajo el escenario B2, hay sectores pequeños con calentamiento menor a 1°C (Figura 4). Estacionalmente, el calentamiento es mayor en verano excediendo los 5°C en algunos sectores altos de la cordillera de Los Andes. Las proyecciones para el periodo temprano (2010-2040) en ambos escenarios (A2 y B2), muestran aumentos en todo el país, pero de manera más clara en la zona del altiplano. En este periodo los aumentos son mayores en el escenario B2. En el periodo intermedio (2040-2070), en cambio, el escenario A2 muestra aumentos mayores en la zona altiplánica y la zona centro-sur (Figura 4).

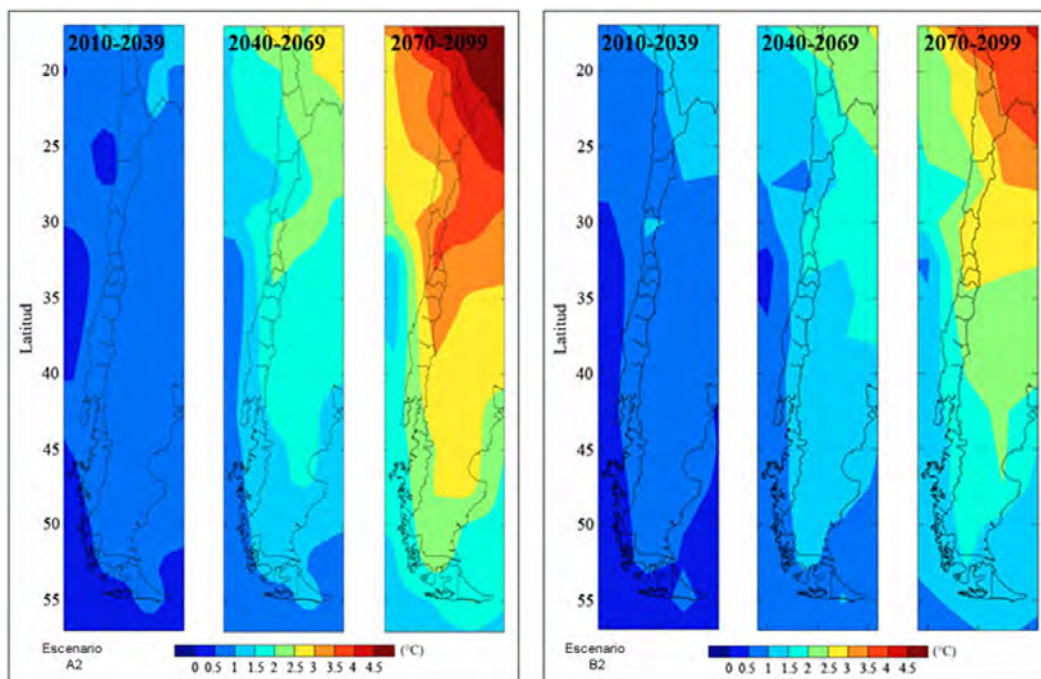
## Generación de escenarios de cambio climático por medio del modelo PRECIS

PRECIS (Providing Regional Climates for Impact Studies) es un modelo que permite realizar proyecciones del clima a nivel regional para determinar posibles impactos. El modelo fue desarrollado por el Hadley Center (Reino Unido) y su surgimiento se vincula con la necesidad de contar con un modelo de proyecciones climáticas a escala regional.

Cuenta con una resolución máxima de 25 x 25 km. Si bien ésta es útil para muchos fines, en algunos casos no logra ser suficiente (por ejemplo, pequeñas islas o regiones). El modelo permite trabajar con los cuatro escenarios de cambio climático propuestos por el IPCC: A1FI, A2, B2 y B1 y simular periodos específicos de tiempo. En función de la extensión de estos periodos y las características del procesador, puede tardar desde horas, hasta meses, en arrojar sus resultados.

Para obtener las proyecciones, el modelo considera variables meteorológicas tales como los ciclos atmosféricos, nubosidades, precipitaciones y radiación solar, además de otras que intervienen en las características del clima, como la profundidad y temperatura de los océanos, o las características del relieve terrestre.

Fuente: Jones et al., 2004.



**Figura 4.** Proyecciones de variaciones de temperatura para escenarios A2 y B2  
Fuente: Cepal, 2009

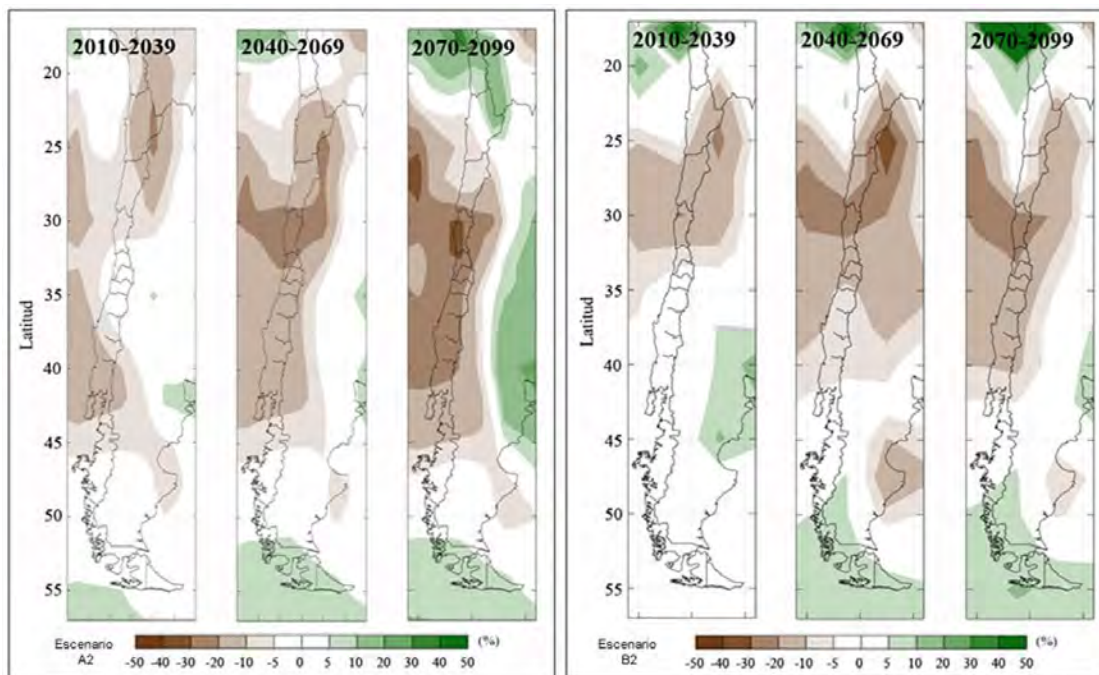
### 3.2.2 Precipitaciones

Hacia finales de siglo, se estima a través del modelo que las precipitaciones en las cumbres andinas mostrarán un contraste entre ambas laderas: en la oriental (territorio argentino) se proyecta un aumento, y una disminución en la occidental (Chile continental y océano Pacífico adyacente). Esto es particularmente evidente en latitudes medias y en las estaciones de verano y otoño. Este contraste es más acentuado en el escenario A2 durante el verano, momento en que la precipitación sobre ciertas zonas de Chile centro-sur se reduce a la mitad e incluso un cuarto del valor actual (Figura 5).

Un análisis latitudinal de los resultados obtenidos permite establecer que:

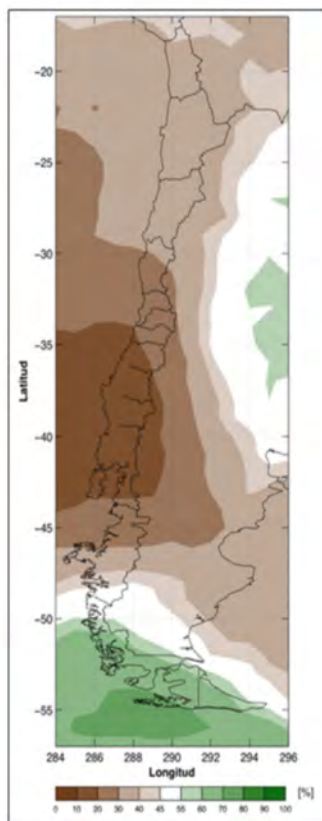
- En el altiplano el modelo utilizado proyecta un aumento de precipitaciones en primavera y verano, siendo más significativo el de primavera en la Región de Arica y Parinacota en el escenario A2 y más extendido hacia la Región de Antofagasta en el escenario B2, según predice el modelo.
- En el norte chico, regiones de Atacama y Coquimbo, el incremento extendería su dominio en el escenario B2, abarcando todo el territorio chileno entre los 20°S y 33°S en otoño, pero en invierno afectaría sólo a la zona andina.
- En la zona central habría una pérdida generalizada de precipitación en el escenario A2, condición que se mantiene en el escenario B2 con la excepción del otoño para latitudes inferiores a 33°S. La pérdida es del orden de 40% en las tierras bajas, ganando en magnitud hacia la ladera andina durante el verano en ambos escenarios, pero se reduciría durante el otoño y el invierno en el escenario B2.
- La zona sur presentaría un comportamiento similar al actual en términos de precipitaciones, durante otoño e invierno. En verano las pérdidas de pluviosidad son del orden de 40% reduciéndose en primavera a un 25%.
- La zona austral disminuiría un 25% de la precipitación, pero se normalizaría hacia el invierno, y es posible que exista un leve aumento en el extremo sur, que prevalecería todo el año.

Con respecto a las proyecciones de precipitación para los períodos intermedios (Figura 5) para el período temprano (2010-2040), se proyecta en el escenario B2 un mayor descenso (entre un 10% y un 20%) en el norte chico (regiones de Atacama y Coquimbo), en comparación con el escenario A2. En el período intermedio, ambos escenarios proyectan aumentos de precipitación en la Región de Magallanes y disminución entre las regiones de Antofagasta y Los Lagos; sin embargo, los cambios son más acentuados en el escenario A2 (2040-2070).



**Figura 5.** Proyecciones de precipitación para el escenario A2 (cambios porcentuales sobre base histórica)

Fuente: Cepal, 2009



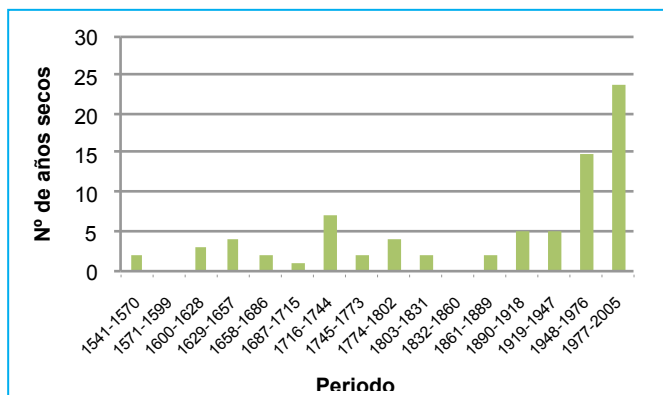
**Figura 6.** Porcentaje de modelos que proyectan aumento de precipitación en Chile para el periodo 2010-2040

Fuente: Cepal, 2009

Un análisis de incertidumbre realizado sobre las proyecciones de precipitaciones (Cepal, 2009), muestra que en Chile existe una alta probabilidad de que éstas disminuyan entre las regiones de Coquimbo y de Los Lagos, esperándose que la señal de cambio climático sea mayor a la variabilidad natural, incluso en un futuro cercano. En la Región de Magallanes (50°S a 55°S), existe gran concordancia entre los modelos en cuanto a un cambio positivo de precipitación (entre un 5% y un 10% de la actual) que no sobrepasaría el nivel de variabilidad natural. En el altiplano y norte grande (al norte del paralelo 27°S) la dispersión de proyecciones es alta. La Figura 6 muestra el porcentaje de modelos que proyecta un incremento de precipitaciones en el periodo 2010-2040, donde se observa el nivel de consenso en cuanto a la disminución de precipitaciones en casi todo el territorio.

### 3.3 EVENTOS CLIMÁTICOS EXTREMOS Y PROYECCIONES

Si bien Chile no cuenta con suficientes estudios referentes a impactos de eventos climáticos extremos, la investigación sobre desastres asociados al clima y medio rural de Chile entre 1541 y 2005 (Aldunce y González, 2009) muestra una tendencia global al incremento en el número de años extremadamente secos (Figura 7).



**Figura 7.** Número de años secos por periodos entre el siglo XV - XXI en Chile

Fuente: Aldunce y González, 2009

Los cambios climáticos proyectados, están asociados a cambios en las condiciones medias de la atmósfera, determinados sobre una base de 30 años. Sin embargo, los mayores impactos socioeconómicos asociados al clima se verifican cuando ocurren eventos extremos, como sequías o inundaciones, asociados a la variabilidad climática (BID-Cepal, 2007).

Sobre la base de los modelos considerados en el análisis de incertidumbre (Cepal, 2009), se analizó la variabilidad

climática proyectada para tener una mejor idea sobre los potenciales impactos relacionados con eventos extremos, revelándose un marcado aumento en la probabilidad de eventos de sequía, especialmente en los períodos intermedio y tardío. Se considera como sequía dos años consecutivos con precipitaciones anuales menores al percentil 20 de la línea base. En este análisis un 70% de los modelos proyectó que, para fines del siglo XXI, este tipo de eventos ocurriría más de 10 veces en 30 años.

Por otra parte, pese a que el número de eventos de precipitación extrema tiende a decrecer en gran parte del país, la ocurrencia de eventos de alta precipitación, en días con temperaturas elevadas, aumenta con respecto a la situación base.

Esto tiene importantes implicancias, ya que el incremento de la línea de la isoterma cero, en las llamadas tormentas cálidas, tiene el efecto de aumentar considerablemente el caudal de los ríos. Ello genera grandes catástrofes debido a inundaciones y a otros impactos en la provisión de agua potable. Una parte importante de los eventos extremos que marcan actualmente el régimen climático del país

### Fenómeno de El Niño y Oscilación del Sur (ENOS)

Al igual que otras regiones del planeta, Chile presenta una señal importante en su régimen climático asociada a los fenómenos de El Niño y la Oscilación del Sur. "El Niño" corresponde a una anomalía térmica de la temperatura superficial del mar en la región central y oriental del Pacífico ecuatorial. Tres fases pueden ser definidas: una cálida (fase Niño), una fría (fase Niña) y una normal (fase de ausencia de anomalías). La Oscilación del Sur, por su parte, se refiere a una anomalía en las diferencias de presión del aire a nivel del mar entre las estaciones de Tahiti y Darwin. Incluso cuando se trata de procesos oceánicos y atmosféricos, la correlación entre ambos fenómenos es tan estrecha que el fenómeno en su conjunto ha sido denominado como El Niño y la Oscilación del Sur (ENOS).

En Chile central, los cambios en el régimen de precipitaciones han sido asociados con el índice de la Oscilación del Sur, observándose condiciones anormalmente secas durante la fase positiva de la Oscilación del Sur (La Niña) (Rubin, 1955; Pittock, 1980). Por otra parte, las precipitaciones tienden a ser más abundantes durante los años de "El Niño" (Quinn y Neal, 1983; Kane, 1999). De esta forma, es posible pensar que cambios en la frecuencia relativa del fenómeno ENOS, derivados del cambio climático, tendrían incidencia sobre las precipitaciones y la frecuencia relativa de eventos extremos del futuro. Aún cuando todavía no existe consenso científico, es posible encontrar publicaciones que avalan la tesis de un aumento en la frecuencia de ENOS, particularmente en lo que respecta a eventos de El Niño.

Timmerman et al. (1999), señalan que el aumento de GEI y el calentamiento de la superficie terrestre llevaría al sistema del océano Pacífico a presentar una mayor incidencia de eventos tipo El Niño, tesis que es avalada parcialmente por estudios observacionales estadísticos de Trenberth y Hoar (1997), en el análisis de la serie de tiempo entre 1892 y 1995. Sin embargo, la reciente secuencia de eventos (2000 en adelante), en que no ha dominado el fenómeno de El Niño, sino su fase opuesta, podrían llevar a cambiar estos resultados, al menos en términos de la magnitud de la tendencia. Por otra parte, estudios paleoclimáticos como el de Moy et al. (2002) revelan que la tendencia es a la reducción de la actividad de ENOS, si se consideran escalas de tiempo milenarias. En este contexto, el tercer reporte del IPCC de 2001 señala que los cambios de frecuencia de eventos ENOS podrían ocurrir, pero que su magnitud y consecuencia en el estado del clima dependen fuertemente del modelo de circulación global seleccionado, por lo que aún se debe considerar esto como una materia en la que persiste un considerable grado de incertidumbre.

están asociados al comportamiento del fenómeno de El Niño y la Oscilación del Sur.

### 3.4 RECURSOS HÍDRICOS

La disponibilidad de los recursos hídricos del país está ligada de manera íntima a sus condiciones climáticas, por lo que se espera que los afecten los cambios proyectados en temperatura y precipitación por los modelos utilizados para pronosticar el clima futuro de Chile continental durante el siglo XXI los afecten, sobre todo en el escenario más severo (A2).

Los aumentos de temperatura asociados a los cambios climáticos esperados para Chile reducirían el área andina capaz de almacenar nieve entre años sucesivos y, considerando que la isoterma de 0°C experimentaría un alza de altura (Carrasco et al, 2005), las crecidas invernales de los ríos con cabecera andina se incrementarían por el aumento de caudales de las cuencas aportantes. Como consecuencia, disminuiría la reserva nival de agua. Por ejemplo, en la zona cordillerana, entre las latitudes 30 y 40°S, que corresponde al área con mayor productividad silvoagropecuaria y donde se ubica la mayoría de la generación hidroeléctrica actual del país, se podría llegar a una pérdida de manto nival muy significativa los cuatro primeros meses del año.

El modelo utilizado pronostica que la pluviometría también se reduciría, con excepción del altiplano en verano (alto nivel de incertidumbre en el resultado del modelo para este caso) y el extremo austral en invierno. En la estación invernal el territorio entre 30 y 40°S, disminuiría sus precipitaciones. La pérdida también se extendería al período estival en el territorio comprendido entre 38 y 50°S y aún más al norte por el sector andino. Ello reduciría de manera importante el caudal en los ríos necesario para satisfacer la demanda de recursos hídricos.

#### 3.4.1 Glaciares

Los glaciares son reservas estratégicas del recurso hídrico, pues no sólo aportan agua a las cuencas hídricas en verano, sino que son la única fuente de recarga de ríos, lagos y napa subterráneas en regiones áridas y en periodos de sequía. Chile es el país que posee la más alta concentración de glaciares continentales del hemisferio sur. Al 2007, existía un inventario de 1.835 glaciares, con una superficie de 15.500 km<sup>2</sup> de hielo, a la cual se sumaría una superficie no inventariada de 4.700 km<sup>2</sup> de hielo. La totalidad para el país sería superior a los 20.000 km<sup>2</sup>, de los cuales más del 75% se encuentra en los campos de Hielo Norte y Sur

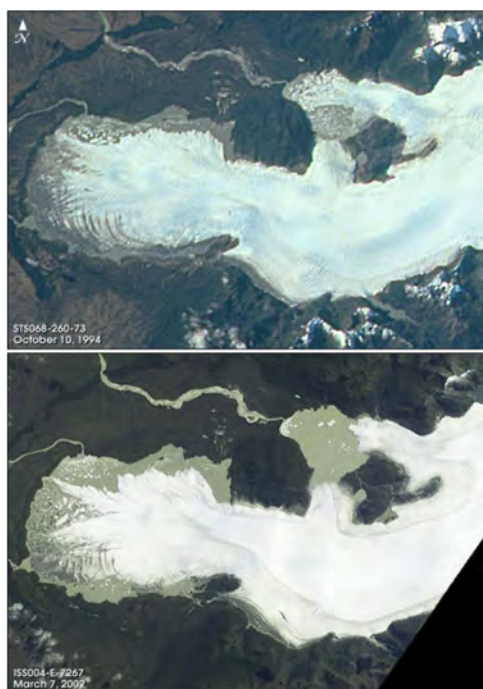
en las regiones de Aisén y Magallanes (DGA, 2009). Este último es la mayor concentración de hielos en el planeta después de Groenlandia y la Antártica.

Los estudios en glaciares del país señalan que gran parte se encuentra en retroceso (ver Figura 8). De 100 glaciares evaluados (Rivera et al., 2000), un 87% mostró retrocesos, asociados a cambios en los patrones tradicionales de las variables climáticas. Se estima que las tendencias de aumento en las temperaturas, radiación en la cordillera como la disminución de precipitaciones seguirán mermando la superficie de glaciares de la cordillera de los Andes (Ohmura, 2006). Esto continuará afectando la disponibilidad de agua en aquellas cuencas donde su aporte es significativo, en general, las ubicadas entre los ríos Aconcagua y Cachapoal, y algunas del norte. Este efecto se hace más notorio en los periodos de estiaje (verano-otoño), donde el aporte debido a precipitaciones e incluso a derretimiento de nieves disminuye.

A pesar de la abundancia de masas de hielo en el país, existe muy poca información respecto del estado de los glaciares chilenos, salvo excepciones como el glaciar Echaurren Norte, cuyos deshielos alimentan a la laguna Negra y embalse del Yeso, fuentes de agua potable para la Región Metropolitana. Este glaciar es monitoreado constantemente, pues su retroceso puede tener efectos determinantes sobre la disponibilidad de agua potable de Santiago. Otro glaciar que se ha estudiado es el Cipreses, cuyos deshielos alimentan la cuenca del río Cachapoal, en la Región de O'Higgins. En los últimos 50 años, ha presentado tasas de retroceso de 27 metros anuales, tres veces superior a las tasas observadas desde 1860 (Rivera et. al, 2007).



Foto: Ministerio del Medio Ambiente. Gobierno de Chile



**Figura 8.** Cambios en cobertura en el glaciar San Quintín (ubicado en Campo de Hielo Sur, 47°S), de acuerdo a fotografías tomadas desde el espacio. La primera, en octubre de 1994 desde STS-068 y la segunda, por la tripulación del Increment 4 Crew de la Estación Espacial Internacional en febrero de 2002.

### 3.4.2 Análisis de cuencas seleccionadas

Desde 2008 que se desarrolla una serie de acciones tendientes a generar o actualizar la información referente a la vulnerabilidad de nuestro país frente a cambios en los recursos hídricos producto de las variaciones climáticas. Es así que estudios (Agrimed, 2008; Cepal, 2009; y U. de Chile, Depto. Ingeniería Civil, 2010) permiten realizar primeras cuantificaciones del impacto sobre los recursos hídricos que se esperarían en ocho cuencas entre las regiones de Coquimbo y de la Araucanía, ver Figura 9, frente a los posibles cambios de temperatura, evapotranspiración y precipitación correspondientes con el escenario A2. La selección de cuencas se realizó atendiendo al grado de intervención antrópica y a su importancia en las regiones analizadas. Es posible apreciar el área de la subcuenca donde se realizó la calibración de los modelos hidrológicos, el área de la cuenca a la cual corresponde cada modelo calibrado, y también en líneas punteadas se circunscribe el área de aquellas cuencas que presentan un comportamiento hidrológico similar al de las cuencas analizadas.

### Tendencias en la altitud de la línea de equilibrio (ELA) de la Cordillera de los Andes

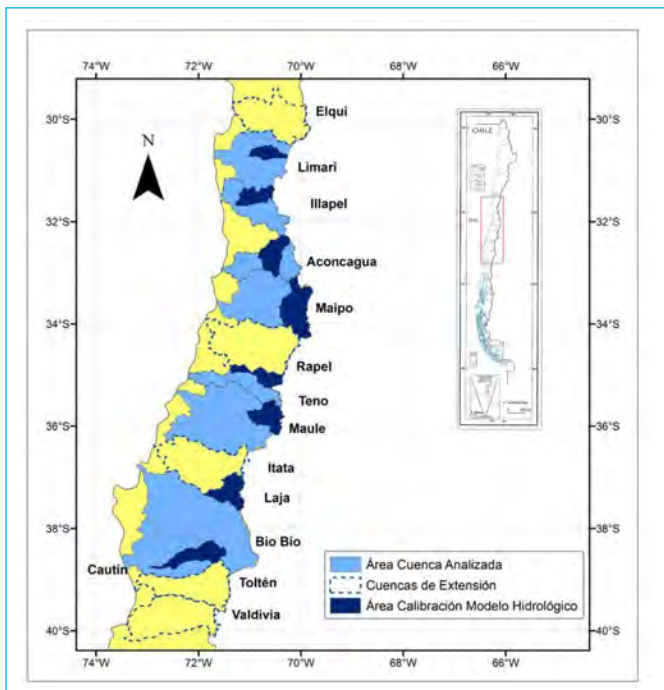
El avance y retroceso de los glaciares se relaciona con variaciones climáticas que generan cambios en las tasas de acumulación y ablación del hielo glacial. La acumulación incluye todos los procesos que aumentan la masa de los glaciares, principalmente las nevadas. La ablación involucra los procesos que producen déficit de masa, principalmente sublimación y derretimiento. La altitud de la línea de equilibrio (ELA, por su sigla en inglés) delimita estas dos zonas, determinando la línea donde el balance de masa de un glaciar se hace nulo y es aproximadamente equivalente a la línea de nieve que corresponde al límite inferior en el que permanece la nieve.

El ELA puede ser deducido a partir de variables climáticas como la temperatura y la precipitación. En un principio, se incrementa con la temperatura y/o una disminución de las precipitaciones y disminuye junto a la temperatura y/o aumento de las precipitaciones. Un estudio de las tendencias en el ELA de la cordillera de Los Andes en Chile (Carrasco et al, 2008), indica que:

- En la zona norte, se observa un decrecimiento del ELA antes de 1976 y un aumento a partir de ese año. Con una tendencia positiva promedio de  $68 \pm 12$  m por década en el periodo de 1962-2003.
- En la zona central, muestra una tendencia negativa y luego de la década de los 70, ésta sería positiva. Con una elevación de  $11 \pm 3$  m por década en el periodo de 1958-2004.
- En la zona sur, la tendencia es positiva después de 1970. El aumento en elevación del ELA se encuentra entre los  $34 \pm 2$  m por década en el periodo de 1959-2004.
- En la zona austral, se presenta una disminución en la elevación del ELA de  $8 \pm 2$  m por década en el periodo de 1975-2006. Sin embargo, esta tendencia no corresponde con los estudios de glaciares en la zona que muestran un evidente retroceso frontal y en masa.

\* Más detalles acerca de instituciones de Gobierno que hacen gestión de los glaciares chilenos como la Unidad de Glaciología y Nieves de la Dirección General de Aguas del Ministerio de Obras Públicas, se presentan en los capítulos 1 y 5 de esta Segunda Comunicación Nacional.





**Figura 9.** Mapa de cuencas hidrográficas estudiadas, área de calibración de modelos hidrológicos y otras cuencas relacionadas

Fuente: U. de Chile, Depto. Ingeniería Civil, 2010

Para cada cuenca se calibró un modelo de simulación de caudales basado en la plataforma WEAP, a partir de las series registradas mensualmente. Las proyecciones de caudales fueron ajustadas a escalas espaciales de menor tamaño, en un proceso conocido como “downscaling”, específicas para cada una de las estaciones meteorológicas claves de estas cuencas, basándose en el escenario

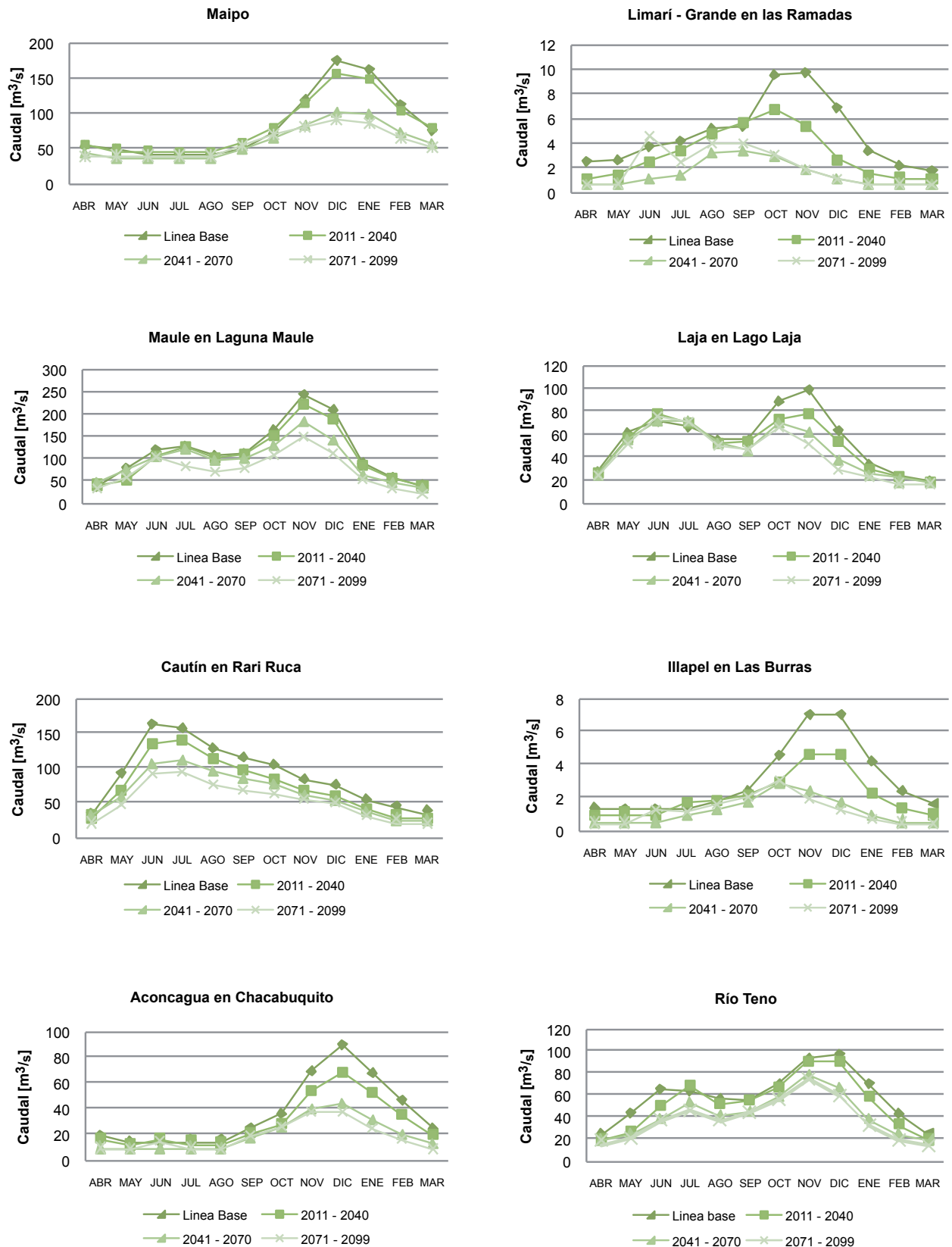
HadCM3 A2. Para algunas se han realizado posteriormente análisis de impactos en sectores productivos específicos, los que serán descritos en secciones posteriores.

Los resultados que proveen los modelos de simulación de caudales (cambios en flujos en distintos niveles de tiempo) son dependientes tanto de las ecuaciones que definen los sistemas hidrológicos, como de los datos estadísticos (series de tiempo) que alimentan a los modelos para generar los parámetros que se utilizan en sus ecuaciones. En este sentido, conviene tener presente que los datos utilizados en el presente ejercicio de simulación provienen de series de limitada extensión y, por lo tanto, los resultados están sujetos a un nivel de incerteza.

En la Figura 10 se presentan los cambios proyectados en los promedios mensuales de caudal para las cinco cuencas. La Tabla 1 muestra los cambios proyectados según el escenario de cambio climático utilizado, de acuerdo a diferentes métricas. Éstas corresponden a caudales anuales, ubicación del centroide (o centro de masa del hidrograma, como métrica de la forma del hidrograma) y porcentaje de meses en déficit (se considera un mes en déficit como aquel que no sobrepasa el percentil de un 90% de acuerdo a la estadística histórica para ese mes). Para cada una de las métricas se presentan sus valores absolutos y también la comparación de los escenarios futuros con la condición de línea base histórica. Una síntesis se presenta en la Tabla 1.



Foto: Ministerio del Medio Ambiente. Gobierno de Chile



**Figura 10.** Condiciones hidrológicas promedio mensuales en cuencas analizadas. Situación base histórica con tres periodos futuros escenario HadCM3-A2

Fuente: CEPAL, 2009; U. de Chile, Depto Ingeniería Civil, 2010

**TABLA 1.** Análisis de impactos del cambio climático en diferentes métricas relevantes para los recursos hídricos en cuencas del país de acuerdo a escenario HadCM3-A2

Cuenca	Periodo	Caudal promedio anual		Centroide		Porcentaje de número de meses en déficit	
		(m <sup>3</sup> /s)	Cambio con respecto a LB (%)	Fecha	Cambio con respecto a LB (días)	(%)	Cambio con respecto a LB (número de veces)
Limarí (Grande Las Ramadas)	Línea Base	4,8		31-Oct		10%	
	2011 - 2040	3,2	66%	23-Oct	-8	21%	2,1
	2041 - 2070	1,5	32%	20-Oct	-11	73%	7,3
	2071 - 2099	2,1	44%	2-Oct	-29	67%	6,7
Maipo (Maipo San Alfonso)	Línea Base	83,1		5-Dec		9%	
	2011 - 2040	82,7	99%	29-Nov	-6	7%	0,8
	2041 - 2070	60,0	72%	24-Nov	-11	23%	2,6
	2071 - 2099	58,3	70%	18-Nov	-17	34%	3,9
Maule (Maule en Laguna Maule)	Línea Base	115,3		1-Nov		12%	
	2011 - 2040	106,4	92%	3-Nov	2	14%	1,1
	2041 - 2070	94,5	82%	23-Oct	-9	18%	1,5
	2071 - 2099	75,0	65%	22-Oct	-10	43%	3,5
Laja (Laja en Lago Laja)	Línea Base	55,2		15-Oct		10%	
	2011 - 2040	51,4	93%	10-Oct	-5	24%	2,4
	2041 - 2070	46,2	84%	4-Oct	-11	42%	4,3
	2071 - 2099	43,5	79%	30-Sep	-15	56%	5,7
Cautín (Cautín en Rari Ruca)	Línea Base	90,4		3-Oct		13%	
	2011 - 2040	75,4	83%	1-Oct	-2	38%	3,1
	2041 - 2070	63,9	71%	3-Oct	0	60%	4,8
	2071 - 2099	53,2	59%	5-Oct	2	76%	6,0
Illapel (Illapel en Las Burras)	Línea Base	3,0		15-Nov		15%	
	2011 - 2040	2,6	84%	11-Nov	-4	18%	11,1
	2041 - 2070	1,3	42%	16-Oct	-30	44%	107,3
	2071 - 2099	1,3	41%	07-Oct	-39	53%	127,2
Aconcagua (Aconcagua en Chacabuquito)	Línea Base	32,0		30-Nov		15%	
	2011 - 2040	29,0	93%	20-Nov	-10	13%	13,2
	2041 - 2070	20,0	63%	26-Nov	-4	40%	110,0
	2071 - 2099	18,0	58%	15-Nov	-15	47%	122,0
Río Teno (Teno en junta con Río Claro)	Línea Base	55,1		29-Oct		15%	
	2011 - 2040	55,6	101%	29-Oct	0	17%	24,5
	2041 - 2070	41,7	76%	15-Oct	-14	14%	51,1
	2071 - 2099	38,4	70%	16-Oct	-13	13%	74,1

Fuente: CEPAL, 2009; U. de Chile, Depto Ingeniería Civil, 2010

En términos generales, los resultados de estas modelaciones para el escenario HadCM3 A2 pronostican impactos importantes en los recursos hídricos, ya que en todas las cuencas se reducirían los caudales de agua disponibles (Figura 10 y Tabla 1, variable caudal promedio anual). Estas reducciones serían mayores en los extremos de la región de análisis (cuencas del Limarí y Cautín).

Los hidrogramas (período en el año cuando se producen los caudales) de algunas de las cuencas cambian sustancialmente de forma, adelantándose los caudales desde los meses de primavera y verano al invierno. Esto sería consecuencia del aumento de temperaturas, que se relaciona con la acumulación y derretimiento de nieve.

Debido a los cambios en disponibilidad de agua y temporalidad de los caudales, en prácticamente todas las cuencas existen aumentos importantes en el número de meses en déficit cuando se comparan los caudales futuros con el nivel de estrés para cada mes en el período histórico. Esto tendría importantes consecuencias en la utilización de los recursos hídricos para diferentes sectores productivos del país, ya que aumentaría la frecuencia de caudales bajos de manera notable. Por ejemplo, en el caso del Limarí, un caudal de 2 m<sup>3</sup>/s que se excede en el caso histórico en un 80% de los años, lo haría en un período temprano y tardío en un 60% y en un 40%, respectivamente. Con respecto a inundaciones, es de esperar que el aumento en temperaturas implique un aumento en los caudales generados en invierno, producto del aumento de la línea de nieves y aumento, por ende, del caudal aportante en la cordillera.

Aún no se ha llevado a cabo un análisis del impacto que tendrían los cambios climáticos e hidrológicos proyectados en el suministro de servicios ecosistémicos que cobran relevancia en varias de las cuencas del país. Tampoco, un análisis de los impactos esperados en términos de calidad de las aguas. En esta oportunidad, el análisis se basa en cambios proyectados en disponibilidad de recursos y su impacto en diferentes sectores productivos del país.

### 3.4.3 Resultados por cuenca

#### *Río Limarí*

La cuenca sufriría una pérdida notoria en el caudal disponible, incluso en el primer período. A finales de siglo se esperaría una pérdida de caudal anual promedio en torno a un 55%. El análisis de la subcuenca del río Grande en Las Ramadas, evidencia un cambio importante en la temporalidad de los caudales, perdiéndose una parte importan-

te del régimen nival de la cuenca, pasando a tener uno mixto, donde se adelantaría el centroide del hidrograma en prácticamente un mes. Este resultado es fuertemente dependiente de la altura de la cuenca. Es de esperar que subcuencas más elevadas, por ejemplo la del río Hurtado, mantengan en mejor medida el régimen nival de los caudales; sin embargo, las cuencas a menor altura, como la del río Cogotí, perderían incluso más este régimen, pasando a finales de siglo a ser cuencas prácticamente pluviales.

Se afectará de manera importante a los agricultores que son los principales usuarios de esta cuenca, con pérdidas en la cobertura de agua para riego y, por ende, en productividad de cultivos, consecuencia que sería más evidente para quienes no posean obras de infraestructura para mitigar.

Estas conclusiones se pueden aplicar también a cuencas cercanas como Elqui, Illapel y Aconcagua. Las diferencias estarían dadas en algunos casos por la altura de las cuencas y los tipos de usuarios. En Illapel, por ejemplo, la actividad minera cobra una importancia relativa mayor.

#### *Maipo*

Esta cuenca sufriría una pérdida notoria en el caudal disponible a partir del segundo período. En el primero, las pérdidas en caudal anual son bajas, pero a finales de siglo se esperaría una pérdida en torno a un 30%. La subcuenca del río Maipo evidencia un cambio en la temporalidad de los caudales, pero en menor medida que en el caso de Limarí. El centroide del hidrograma se adelantaría en más de 15 días pero mantendría su régimen nival. Esto se debe en parte a la altura de esta cuenca, que se encuentra en parte de las regiones más altas de la Cordillera de Los Andes. Es de esperar que subcuencas más bajas como la del río Mapocho, pierdan su régimen nival pasando a finales de siglo a ser cuencas prácticamente pluviales con aumento relativo en los caudales de invierno.

Estos impactos afectarían de manera importante a los principales usuarios: agricultores, generación hidroeléctrica y abastecimiento de agua potable para la población de Santiago y de otras localidades de la Región Metropolitana. En comparación con la situación en el Limarí, la cuenca del Maipo cuenta en términos relativos con una menor capacidad de regulación de caudales, siendo más vulnerables a los cambios hidrológicos esperados.

Estas conclusiones se pueden aplicar también para cuencas cercanas como Aconcagua o Cachapoal/Rapel. En és-

tas destaca también el aumento relativo de la demanda de recursos hídricos por parte del sector minero.

### **Maule y Laja**

Las cuencas del Maule y Laja sufrirían una pérdida notoria en el caudal disponible a partir del segundo período de análisis. Sin embargo, en el primero, las pérdidas no son despreciables (en torno a un 10%). A finales de siglo se esperaría una pérdida de caudal anual promedio en torno a un 30-35%. Las subcuencas del río Maule, en Laguna Maule y el Laja en Lago Laja, evidencian una pérdida relativa en los caudales de los meses de primavera y verano y no tanto así en los meses de invierno. El centroide del hidrograma se adelantaría en unos 10 días, pero estas cuencas mantendrían su régimen mixto. Esto se debe en parte a la altura que tienen (la cordillera baja en altura en relación con la situación en la cuenca del Maipo por ejemplo) y al aporte mayor de caudales en invierno.

Los agricultores y la generación hidroeléctrica se pueden ver afectados de manera importante, aunque en esta cuenca empieza a ser más relevante la agricultura de secano o sin riego. Como también en estas cuencas se concentra parte importante de la capacidad instalada en generación hidroeléctrica del país, es de esperar que en el futuro exista una mayor complejidad en las relaciones entre los usuarios que hoy gozan de abundancia de recursos hídricos. Esto podría acentuarse al perderse en mayor magnitud la disponibilidad en meses críticos del verano.

Estas conclusiones se pueden aplicar a cuencas cercanas como Mataquito, Itata y Biobío. Los usos del agua en estas cuencas son similares, a diferencia de la cuenca del Biobío, que además de tener demandas en el sector hidroeléctrico y agrícola, las tiene en el sector sanitario e industrial asociado a Concepción.

### **Cautín**

La cuenca sufriría una pérdida notoria en el caudal disponible incluso en el primer período. A finales de siglo se esperaría una pérdida de caudal anual promedio en torno a un 40%. El análisis evidencia que no existirían cambios importantes en la temporalidad de los caudales manteniéndose un régimen pluvial característico en el sur con considerablemente menor altura que sus contrapartes del centro del país.

Se afectaría de manera importante a los principales usuarios en estas cuencas, específicamente a los agricultores y

la generación hidroeléctrica que va adquiriendo en esta región y hacia al sur del país una importancia relativa creciente.

Las conclusiones pueden aplicarse también para cuencas cercanas como Toltén e incluso Valdivia. Los usos del agua en estas cuencas se hacen cada vez más notorios en el sector de la hidroeléctrica, que se espera sea afectada por las pérdidas en el caudal disponible.

### **Illapel**

Esta cuenca sufriría de una pérdida de caudal disponible, incluso en el primer período. A finales de siglo se esperaría una pérdida de caudal anual promedio en torno a un 59%, un resultado muy relevante en cuanto a la caracterización de la variabilidad interanual. El análisis demuestra un adelantamiento de los derretimientos, en conjunto a una disminución de los caudales máximos.

La superficie de uso agrícola se extiende fuera de la cuenca en estudio y es muy inferior a la superficie de las aéreas desprovistas de vegetación que concentran la mayoría del uso en la cuenca.

### **Aconcagua**

Esta cuenca sufriría de una pérdida de caudal disponible a partir del primer período temporal. A finales de siglo se esperaría una pérdida de caudal anual promedio alrededor de un 42%. En el período 2010-2040 se presenta un fenómeno muy interesante en la etapa del escalamiento, observándose un aumento del caudal de deshielo, pero también una recesión más severa, lo que hace que en términos de volumen no haya grandes cambios. Los caudales del período pluvial disminuyen en general, pero en el futuro se observa que los caudales de deshielo disminuyen severamente, encontrándose incluso que para la ventana de 2070-2099 existe un adelantamiento del caudal máximo al mes de noviembre.

Esta reducción es muy significativa para una cuenca que representa la disponibilidad u oferta hídrica de un valle dedicado a la agricultura en base a riego.

### **Río Teno**

La cuenca sufriría una pérdida en el caudal a partir del segundo período. A finales de siglo se esperaría una pérdida anual promedio en torno a un 30%. El análisis evidencia una disminución y desplazamiento del caudal peak, que se adelanta un mes (a noviembre).

Los suelos de la cuenca han sido explotados en las laderas del río Claro por medio de la rotación cultivo-pradera. La mayor parte de la cuenca está formada por zonas desprovistas de vegetación, praderas y glaciares.

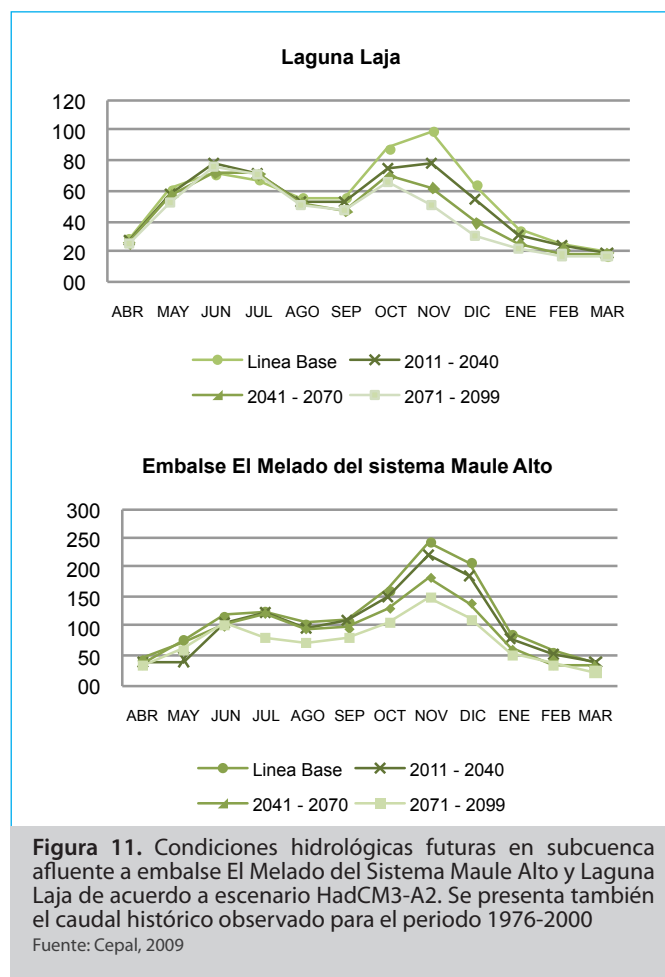
### 3.4.4 Sector hidroeléctrico

Para evaluar el impacto del cambio climático en el sector hidroeléctrico, se estimaron los efectos en la variación de los caudales de dos de las cuencas que representan gran parte de la generación hidroeléctrica del país: Maule Alto y Laja. Cabe destacar que estas cuencas no representan la respuesta de todo el sistema hidroeléctrico nacional; sin embargo, aportan datos de gran relevancia. En todo caso, estos pronósticos deben evaluarse considerando que provienen de modelaciones con niveles de incerteza tanto por las simplificaciones asociadas a los modelos hidrológicos, como en las series de tiempo utilizadas para calibrar estos modelos.

En los resultados se aprecia una progresiva disminución de caudales en torno al 40% hacia finales del siglo XXI. En ambas cuencas se observaría un cambio importante en la estacionalidad (aumento del aporte relativo de los caudales de invierno por sobre los caudales de verano), lo que es explicado por el incremento de las temperaturas.

El modelo se realizó en dos etapas, la primera corresponde a la modelación hidrológica con el software WEAP (Water Evaluation and Planning System) y la segunda, al establecimiento de relaciones hidrológicas y de generación eléctrica. Para esto último se tomó como supuesto que la generación hidroeléctrica está estrechamente ligada a la disponibilidad de caudales en las cabeceras de cuenca. Así, se calcularon los promedios anuales de caudal y de aportes al Sistema Eléctrico Interconectado Central (SIC) (de aporte hidrológico) para cada cuenca.

La Figura 11 presenta la comparación de los caudales promedio mensual entre el período de referencia (1970-2000) y tres ventanas futuras definidas por los periodos 2010-2040, 2040-2070 y 2070-2100, en el escenario A2.



Además, se estudió la generación histórica en todas las centrales hidroeléctricas del sistema, la que se relacionó con las proyecciones de energía ya desarrolladas para las cuencas de Maule y Laja. Adicionalmente, se desarrolló una relación específica entre caudal y energía para la cuenca del río Maipo.

A partir del valor de energía anual generada y los datos de caudal observado, se construyeron relaciones estadísticas entre las variables de interés. La combinación de estas variables con las variaciones de caudal en las cuencas de Maipo, Maule y Laja, permiten obtener las proyecciones de generación (Tabla 2).

**TABLA 2.** Proyecciones de generación hidroeléctrica para los escenarios HadCM3 A2 y B2 (valores en GWh)

	Cuencas							Total
	Aconcagua	Maipú	Cachapoal	Biobío	Maule	Laja	Otras Sur	
Periodo referencia	1996-2008	1996-2008	1996-2008	2004-2008	1976-2008	1973-2000	1996-2008	NA
Energía Anual Base (GWh)	756	1.584	1.555	4.798	7.282	4.508	455	20.938
<b>Escenario HadCM3-A2 (variación porcentual de la energía anual base)</b>								
	Aconcagua	Maipú	Cachapoal	Biobío	Maule	Laja	Otras Sur	Total
2011-2040	-4%	-1%	-10%	-33%	-3%	-7%	-3%	-11%
2041-2070	-17%	-8%	-26%	-38%	-6%	-14%	-5%	-17%
2071-2099	-18%	-9%	-27%	-47%	-11%	-17%	-8%	-22%
<b>Escenario HadCM3-B2 (variación porcentual de la energía anual base)</b>								
	Aconcagua	Maipú	Cachapoal	Biobío	Maule	Laja	Otras Sur	Total
2011-2040	-12%	-3%	-2%	-32%	-3%	-4%	-3%	-10%
2041-2070	-16%	-8%	-16%	-32%	-6%	-11%	-4%	-14%
2071-2099	-10%	-9%	-9%	-40%	-8%	-12%	-6%	-16%

Fuente: Cepal, 2009

Los impactos esperados en el sector hidroeléctrico serían significativos, incluso en el primer periodo de análisis, tanto en materia de emisión de GEI, alcanzando valores cercanos a los 3 mil Gg CO<sub>2</sub>eq/año, como de costos económicos, estos últimos con valores en torno a los 100 millones de dólares al año.

Las variaciones en el potencial de generación hidroeléctrica para todo el SIC, en su configuración actual, van desde 11% en el periodo temprano hasta un 22% en el periodo tardío. Esta variación está en línea con los cambios porcen-

tuales estimados para la variable caudal. Entre las cuencas individuales, la del río Biobío aparece como la más sensible. Sin embargo, este trabajo fue una extrapolación de los resultados obtenidos en el Maule y el Laja.

Los impactos económicos relacionados con esta reducción de generación hidroeléctrica, se estimaron asumiendo que, asociada a la reducción en la generación, existiría un aumento en la generación termoeléctrica a carbón, para compensar las pérdidas energéticas<sup>1</sup> como medida de adaptación intrínseca.

**TABLA 3.** Impactos asociados al cambio climático en la generación hidroeléctrica

Periodo	Generación hidroeléctrica		Impactos asociados a aumento por generación termoeléctrica		
	GWh	Delta (%)	Reemplazo de generación (GWh)	Emisión de GEI (tCO <sub>2</sub> eq/año)	Costo económico (MMUS\$/año)
1976-2000	20.938				
<b>Escenario A2</b>					
2011-2040	18.129	-13%	2.809	2.626.488	101
2041-2070	17.653	-16%	3.285	3.071.434	118
2071-2099	16.686	-20%	4.252	3.975.979	153
<b>Escenario B2</b>					
2011-2040	18.779	-10%	2.159	2.018.665	78
2041-2070	17.934	-14%	3.004	2.808.740	108
2071-2099	17.539	-16%	3.399	3.178.065	122

Fuente: Cepal, 2009

<sup>1</sup> El estudio de Cepal (2009) reconoce que este es un supuesto simple ya que el despacho de electricidad en el país es el resultado de un proceso de optimización económica donde se consideran precios de combustibles y costos de tecnologías de generación.

### 3.4.5 Sectores sanitario e industrial

A nivel nacional, los sectores sanitario e industrial dependen de manera directa de la disponibilidad de recursos hídricos y, para ambos, el cambio en la disponibilidad de recursos hídricos es el foco de mayor amenaza para la productividad. El sector sanitario tiene como función abastecer de agua potable a la población y una parte de las necesidades del sector industrial. El industrial manufacturero, en tanto, demanda agua cruda como insumo de operación, la cual es extraída de la red de agua potable u otras fuentes externas, como pozos subterráneos.

Cambios en la hidrología de las fuentes de abastecimiento del sector sanitario, en volúmenes en el tiempo y en la época del año, y/o en la calidad de las aguas, podrían afectar las operaciones en el corto y en el largo plazo.

Estudios centrados en la cuenca del río Maipo (Cepal, 2009), la cual abastece a un 40% de la población del país concentrada en la Región Metropolitana, estiman que el caudal durante el período estival comparado con la situación actual tendería, hacia fines de siglo, a una reducción estimada en torno a un 50%.

Para estimar monetariamente cuáles serían los eventuales impactos del cambio climático en el sector sanitario para la actividad localizada en la cuenca del río Maipo, se evaluó cuál sería la necesidad de compra de derechos de agua por la empresa que suministra prácticamente la totalidad del agua potable en la región. En este ejercicio, se estimó

que esta compra sería necesaria en aquellos casos en que la oferta estimada no fuere suficiente para abastecer la demanda proyectada, por otra parte, los precios se evaluaron para las condiciones de disponibilidad hídrica, consideradas como factibles en el futuro en un escenario de cambio climático que proyectaron las modificaciones. Dado que la disponibilidad de agua en la cuenca del Maipo se reduciría en un 3% respecto de la situación base, se estimó que habría un incremento en el precio de la acción por derecho de agua de un 3% al periodo 2011-2040, aproximadamente. Para el escenario 2041-2070, la restricción sería mayor, cercana al 19% de la situación base, aumentando el precio en un 23%. Finalmente, para el escenario 2071-2100, la caída en la disponibilidad de agua sería de un 23% y el precio se incrementaría en un 30% (Cepal, 2009).

Una segunda etapa del ejercicio contempló una estimación del número de derechos que deben ser adquiridos. En la Tabla 4, se resume un análisis económico agregado de los potenciales impactos del cambio climático para el sector sanitario metropolitano. Se puede apreciar que los costos bordearían los dos millones de dólares al año, lo que se traduciría en un aumento de aproximadamente dos dólares al año en la cuenta del agua de una familia promedio. Sin embargo, este valor representa tan sólo uno de los costos en los que la empresa tendría que incurrir para asegurar el correcto suministro de agua, ya que probablemente también existirían costos asociados a cambios en la infraestructura.

**TABLA 4.** Impactos asociados al cambio climático, para los escenarios A2 y B2, en el sector sanitario de la Región Metropolitana

Periodo	Déficit	Compra	Precio	Costo	Costo
	(l/s)	Acciones	(US\$/Acción)	(MUS\$)	(MUS\$/año)
Escenario A2					
2011-2040	100	634	52.233	33	1.1
2041-2070	1.700	951	62.313	59	2.0
2071-2099	1.800	441	67.353	30	1.0
Escenario B2					
2011-2040	1.300	1.121	52.233	59	2.0
2041-2070	1.200	904	62.313	56	1.9
2071-2099	1.200	6	67.353	0	0.0

Fuente: Cepal, 2009



En el caso del sector industrial, las operaciones dependientes de agua potable se verían igualmente afectadas que en el sector sanitario. En tanto, las operaciones dependientes de agua bombeada de fuentes subsuperficiales, también debiesen verse afectadas por los cambios en los patrones de recarga del acuífero de la cuenca. Sin embargo, dichos procesos hidrológicos han sido escasamente estudiados.

### 3.4.6 Sector minero

Es esperable que el cambio climático tenga un impacto directo en el sector minero, considerando que es particularmente sensible a una variabilidad cada vez mayor de las condiciones climáticas. Algunos de los efectos adversos que se han analizado incluyen retrasos operacionales, pérdida de ingresos e incremento en los costos de producción. Por otra parte, la tendencia a explotar minerales de menor ley requiere de más energía y agua para extraerlos y procesarlos, ambos recursos deficitarios en las zonas de extracción minera en Chile.

A nivel nacional, el sector minero representa un porcentaje bajo del consumo total de agua, en torno al 4%. Sin embargo, si se consideran sólo las regiones del norte, llega al 24%, configurándolo como uno de los sectores con mayor exposición a impactos asociados al cambio climático.

Las actividades mineras están presentes a lo largo de Chile, concentrándose en su mayoría sobre la latitud 35°S donde se encuentra la mina subterránea El Teniente. La Figura 12 muestra un mapa de las faenas mineras seleccionadas

para un estudio de evaluación de impactos del cambio climático en el sector minero de Sudamérica (EcoSecurities y CCG-UC, 2010).



**Figura 12.** Localización de minas evaluadas en Chile

Fuente: EcoSecurities y CCG-UC, 2010

Casi todas las cuencas que sustentan la minería en Chile están bajo condiciones de aridez, con excepción de las minas Andina y El Teniente, ubicadas en la cuenca del Aconcagua y Rapel, respectivamente (Tabla 5). Todas las otras minas están ubicadas en cuencas con una disponibilidad hídrica menor a 100 mm/año. En la mayoría de las cuencas, la disponibilidad de agua desde el punto de vista hidrológico es de cero, es decir, la evaporación es igual o mayor a las precipitaciones promedio en toda la cuenca.



Foto: Ministerio del Medio Ambiente. Gobierno de Chile

**TABLA 5.** Resumen de condiciones hidrológicas de las cuencas asociadas a las minas seleccionadas

Mineral	Mina	Cuenca	Precipitaciones (mm/año)	T media (°C)	Caudal (mm/año) 1960 - 1990
Cobre	Escondida	Endorreicas Salar Atacama	92	10,2	0,0
Cobre	Pelambres	Río Choapa	326	14,4	54,2
Cobre	El Teniente	Río Rapel ( Río Cachapoal)	1.595	14,0	1.115
Cobre	Andina	Río Aconcagua (Río Colorado)	720	14,2	373
Cobre	Chuquicamata	Río Loa (San Pedro de Chonchi)	141	8,5	8,5
Cobre	Collahuasi	Altiplánicas (Salar de Coposa)	169	4,0	0,0
Cobre	Candelaria	Río Copiapó (Quebrada Paipote)	43	16,2	0,3
Hierro	El Algarrobo	Río Huasco	175	14,5	5,5
Oro	Maricunga	Río Copiapó (Salar de Maricunga)	153	2,5	0,0
Oro	El Peñón	Endorreicas Salar Atacama	92	10,2	0,0

Fuente: Cepal, 2009.

Para estimar la disponibilidad de agua futura en el estudio indicado, se calcularon los cambios en caudal a partir de un balance hídrico simple, perturbado por las anomalías de precipitación y temperatura para el periodo 2010-2040 y proyectadas por el modelo global HadCM3 en el escenario de emisiones A2. En la Tabla 6 es posible observar que todas las cuencas verían disminuida la disponibilidad de agua, observándose que las minas al norte de El Teniente, experimentarían condiciones deficitarias aún más estrictas en un futuro cercano, lo que probablemente podría comprometer la productividad del sector.



Foto: Xstrata Copper

**TABLA 6.** Resultados de la modelación de cambios en disponibilidad hidrológica

Mina	Cuenca	Caudal (mm/año) 2011-2040	Cambio Precip. (%)	Cambio Temp. (°C)	Cambio Caudal (%)
Escondida	Endorreicas Salar Atacama - Vertiente Pacífico	0,0	-13,0	0,7	-
Pelambres	Río Choapa	43,6	-7,0	0,4	-19,5
El Teniente	Río Rapel ( Río Cachapoal)	1.068,5	-5,5	0,4	-4,2
Andina	Río Aconcagua (Río Colorado)	356,0	-4,9	1,0	-4,6
Chuquicamata	Río Loa (San Pedro de Chonchi)	4,8	-12,9	0,9	-44,0
Collahuasi	Altiplánicas (Salar de Coposa)	0,0	-11,2	0,9	-
Candelaria	Río Copiapó (Quebrada Paipote)	0,0	-12,1	0,5	-100,0
El Algarrobo	Río Huasco	0,7	-15,5	0,9	-88,2
Maricunga	Río Copiapó (Salar de Maricunga)	0,0	-7,8	0,5	-
El Peñón	Endorreicas Salar Atacama - Vertiente Pacífico	0,0	-13,0	0,7	-

Fuente: Cepal, 2009

Finalmente, el estudio propone que la industria minera nacional debiese desarrollar estrategias de adaptación temprana, enfocadas en obtener los recursos hídricos adicionales necesarios para 2040, considerando un mejoramiento en la eficiencia de reciclaje de agua, evaluando la utilización de aguas marinas y la desalinización.

### 3.5 SECTOR SILVOAGROPECUARIO

El sector silvoagropecuario es uno de los sistemas socioeconómicos que presenta mayor relación con los fenómenos climáticos, por lo que el desarrollo de estudios en materia de impactos y vulnerabilidad ha sido una de las principales preocupaciones del país en los últimos años. Las evaluaciones se han concentrado, en una primera parte, en determinar diferencias en el potencial productivo

del sector mediante el modelo de simulación Simproc.

Este modelo fue calibrado en base a información de productividad actual, la que fue perturbada por las anomalías climáticas proyectadas por el modelo HadCM3, en los escenarios de emisión A2 y B2 en los períodos 2046-2065 y 2070-2100, incluyendo en la modelación el impacto que tendría la disponibilidad de agua para riego (Cepal, 2009). Allí se presentan los resultados de los rendimientos obtenidos en el escenario A2 para el periodo 2070 -2100, en riego y secano, para los cultivos de trigo, maíz, papa, frejol y remolacha para la fecha óptima de siembra (Tabla 7). También se resumen los impactos en la productividad de praderas (Tabla 8), plantaciones frutales (Tabla 9) y plantaciones forestales (Tabla 10).

**TABLA 7.** Rendimientos proyectados para los cultivos de trigo, maíz, papa, frejol y remolacha en el escenario A2, para el periodo 2070-2100

Cultivos	Riego	Secano
Trigo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se espera una reducción de rendimientos, principalmente en las zonas precordilleranas y costeras, las que perderían sus potenciales actuales, asemejándose a las del valle central.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se espera una disminución de los rendimientos en el norte y centro del país debido a la mayor incidencia de sequías. En la costa y valle central de la zona central, habría disminuciones de entre un 10% y un 20%.</li> <li>A partir de la precordillera de la Región del Biobío hacia el sur, en todas las zonas, se observa un aumento gradual en los rendimientos del orden del 30%, llegando a un 100% en algunos sectores de la precordillera de las regiones de Los Ríos y Los Lagos.</li> </ul>
Maíz	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desde la Región de Coquimbo hasta la del Biobío, se espera una disminución en los rendimientos en todo el valle central en un rango que varía entre 10% y 20%.</li> <li>En la costa y precordillera se proyecta un aumento en los rendimientos de hasta un 50%.</li> <li>En la zona sur, a partir de la Región de la Araucanía, los rendimientos aumentarían hasta situarse en una franja de 60% a 200% de incremento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Los rendimientos continuarían siendo marginales, alcanzando potenciales de producción inferiores a cuatro toneladas por hectárea.</li> </ul>



Foto: Ministerio del Medio Ambiente. Gobierno de Chile

Cultivos	Riego	Secano
Papa	<ul style="list-style-type: none"> <li>En general, la zona norte presentaría una reducción de los rendimientos de un 10% a un 20%.</li> <li>En la zona centro-norte y hasta la Región de O'Higgins, existirían disminuciones en los rendimientos de hasta un 30%.</li> <li>Entre Talca y Temuco, se prolonga esta situación pero sólo en el valle central, mientras que en la costa y precordillera se esperan aumentos de hasta un 50%.</li> <li>Desde la Región de la Araucanía al sur, los rendimientos aumentarían hasta llegar a 150% y 200% en la Región de los Lagos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>En general, especialmente en la zona central, se mantendrían las bajas productividades. Los aumentos se producirían en la costa de la Región del Biobío y desde la Región de Los Ríos hasta la Región de Aysén.</li> </ul>
Frejol	<ul style="list-style-type: none"> <li>Los rendimientos se mantienen para toda la zona norte, centro y centro-sur. Desde la Región de la Araucanía hacia el sur la productividad aumentaría entre un 10% y 20%, llegando hasta 100% en la Región de Los Lagos.</li> <li>En general, los rendimientos tienden a mantenerse muy homogéneos en toda la zona central y sur, en torno a las 4,5 toneladas por hectárea al año.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>En general se mantienen los bajos rendimientos en secano. No obstante, se esperan aumentos en la costa de la zona centro-sur y desde la Región de Los Ríos hasta la de Aysén. Estos aumentos serían en torno a un 100%.</li> <li>En la zona central se mantendrían las fechas de siembra. En algunas localidades de la costa y precordillera del la zona sur cambiarían de octubre a septiembre.</li> </ul>
Remolacha	<ul style="list-style-type: none"> <li>En el valle central, entre las regiones de Valparaíso y del Maule, se producirían aumentos en los rendimientos de hasta un 50% en algunas comunas.</li> <li>En la costa y precordillera se reducirían los rendimientos, asemejándose a la productividad del valle central.</li> <li>Desde la Región de la Araucanía al sur, el aumento de las temperaturas invernales incrementaría el potencial productivo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>En el escenario climático actual, la remolacha encuentra mejores condiciones de producción en las zonas costeras, alcanzando rendimientos de hasta 40 toneladas por hectárea.</li> <li>En la costa entre las regiones del Maule y de la Araucanía, se esperan disminuciones en los rendimientos de hasta un 50%.</li> <li>En el valle central y precordillera, se producirían aumentos en casi todas las comunas desde la Región de Valparaíso hacia el sur.</li> <li>En las regiones de la Araucanía y de Los Ríos se producirían cambios en las fechas de siembra en otoño, lo que permitiría aumentar los rendimientos en la mayor parte de las comunas.</li> </ul>

Fuente: Cepal, 2009

TABLA 8. Productividad en praderas para el escenario A2 en el periodo 2070-2100

Praderas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se espera una caída en la productividad anual entre las regiones de Coquimbo y de Los Lagos, asociada a una intensificación de los períodos secos.</li> <li>Hacia el sur se observaría un aumento en los rendimientos de hasta un 20%. En la parte oriental de la cordillera de Los Andes, en el extremo sur, se esperan disminuciones como consecuencia de una reducción de la radiación solar de hasta un 15%.</li> <li>En la zona altiplánica, la productividad aumentaría como consecuencia del eventual aumento en precipitaciones respecto de la situación actual.</li> <li>En el extremo austral, aumentarían su productividad en el sector occidental de la cordillera de Los Andes, por una mayor pluviometría, incrementos en las temperaturas y aumentos en los niveles de radiación solar.</li> </ul>
----------	--

Fuente: Cepal, 2009

**TABLA 9.** Productividad en frutales para el escenario A2 en el periodo 2070-2100

Praderas	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se podría extender el área de cultivo hacia las regiones de La Araucanía, Los Ríos y Los Lagos.</li> <li>• Las especies cuya producción es altamente dependiente del clima (por ejemplo, la vid), podrían verse afectadas en sus propiedades organolépticas (olor, sabor, color) y, en consecuencia, en la calidad de su producción.</li> <li>• En general, se espera que el aumento de temperatura prolongue el ciclo de vida de algunas de las principales plagas, lo que tendría graves consecuencias sobre la sanidad de los frutales.</li> <li>• En el caso de las enfermedades provocadas por hongos y bacterias, las condiciones climáticas proyectadas podrían favorecer su mayor proliferación.</li> <li>• Las especies subtropicales podrían mejorar su potencial en casi todas las regiones (por ejemplo, los naranjos).</li> <li>• Es altamente probable que las condiciones climáticas mejoren la calidad de los frutos, pues el alza en las temperaturas mínimas podría reducir la acidez.</li> <li>• En la zona norte, el potencial productivo mejoraría considerablemente, especialmente en los valles de la Región de Tarapacá.</li> <li>• En la precordillera central, las condiciones climáticas permitirían la incorporación de nuevas tierras de cultivo, rentables económicamente.</li> </ul>

Fuente: Cepal, 2009



Foto: Ministerio del Medio Ambiente. Gobierno de Chile

## Modelo Simproc

El modelo de cultivos Simproc (Agrimed, 2008) integra en el tiempo las respuestas ecofisiológicas de los cultivos frente a los estímulos climáticos. El crecimiento es simulado entre la emergencia y la cosecha. A partir de la intercepción de la radiación solar y del área foliar simula, en cada instante, la producción fotosintética bruta. Una vez considerados los costos respiratorios, se establece el potencial de producción de materia seca, proceso en el que influyen las temperaturas y la disponibilidad de agua en el suelo.

Mediante un balance hídrico del suelo se establece el grado de satisfacción de las demandas hídricas del cultivo, lo que a su vez, regula la velocidad del crecimiento. El modelo simula la fenología del cultivo a partir de la acumulación de días-grado, variable de base para establecer en todo instante la edad fisiológica del cultivo. A partir de ésta, se modula el coeficiente de reparto del crecimiento entre los distintos órganos de la planta, así como su sensibilidad frente a eventos catastróficos como las heladas, el estrés térmico y la sequía. El área foliar del cultivo crece hasta que la fenología gatilla la senescencia, momento a partir del cual comienza a disminuir el área de hojas expuesta a la radiación solar y, con ello, la fotosíntesis hacia el final del ciclo.

El modelo requiere de datos climáticos y parámetros ecofisiológicos del cultivo para estimar el crecimiento, en conjunto con información calculada a partir de la simulación realizada por el modelo. En específico, se debe contar con:

- Variables climáticas  
Temperaturas máximas y mínimas, precipitación semanal, radiación solar, evapotranspiración potencial, humedad relativa.
- Variables ecofisiológicas  
Temperaturas mínimas, óptimas y máximas de crecimiento, días-grado para el desarrollo y maduración, sensibilidad a heladas y al déficit hídrico por fases fenológicas, profundidad de raíces, eficiencia fotosintética, relación área-peso de las hojas, tasa de respiración de mantención y de crecimiento.

Los resultados de la modelación se resumen como:

- Producción de materia seca
- Rendimiento de grano, frutos o parte cosechada
- Índice de área foliar
- Fecha de siembra y cosecha óptimas
- Consumo de agua, eficiencia productiva del riego
- Riesgos de heladas, de sequía y de estrés térmico en distintos momentos del año

Fuente: Agrimed, 2008.

**TABLA 10.** Productividad en plantaciones forestales para el escenario A2 en 2070-2100

	Pino radiata	Eucaliptus globulus
Plantaciones Forestales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se espera un deterioro considerable del potencial productivo en la zona centro-norte (regiones entre Coquimbo y Metropolitana). Éste es menos severo hacia el sur, pudiendo presentarse un nivel moderado o discreto en la zona central (regiones Metropolitana, Valparaíso y O'Higgins), para luego disminuir hasta desaparecer en la región de La Araucanía, a partir de la cual el potencial productivo mejoraría significativamente, mostrando importantes incrementos entre la Región de Los Ríos y la Isla Grande de Chiloé.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se espera un deterioro del potencial productivo en la Región de Coquimbo, como consecuencia de la disminución de precipitaciones.</li> <li>• En la costa de la zona central, se esperan aumentos del potencial productivo debido al mejoramiento de las temperaturas invernales. Se espera una situación similar para la precordillera.</li> <li>• A partir de la Región de la Araucanía, se proyecta un aumento del potencial productivo, presentando un ostensible incremento las regiones de Los Ríos y de Los Lagos.</li> </ul>

Fuente: : Cepal, 2009

### 3.5.1 Impacto en los recursos edáficos

La erosión afecta de manera importante los recursos edáficos y, por ende, la productividad agrícola. Los procesos de erosión están determinados principalmente por variables como la intensidad de la precipitación, la pendiente y la cobertura vegetal. Tanto el primero como el último pueden ser afectados de manera directa e indirecta por el cambio climático, existiendo la posibilidad de acelerar los procesos de erosión que afectan a gran parte de las áreas agrícolas en Chile. En este contexto es que se evaluaron (Agrimed, 2008) las zonas más vulnerables de sufrir procesos erosivos al año 2040, frente al escenario de cambio climático A2. La simulación consideró la utilización de un modelo basado en la productividad de praderas y, para identificar las pérdidas de suelo, se utilizó el modelo RUSLE<sup>2</sup>.

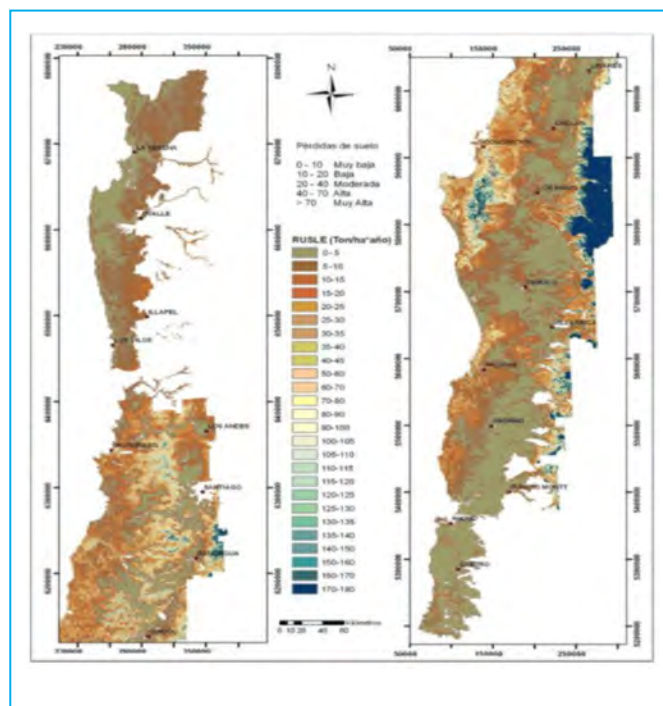
En consideración de que la zona central del país es la que aparece como más afectada por los efectos del cambio climático, el estudio se concentró en analizar el territorio comprendido entre las regiones de Valparaíso y Los Lagos.

En el país la mayor parte de los suelos expuestos a la erosión presenta una cobertura vegetal marcada por el estrato herbáceo y vegetaciones del tipo matorral. A través del cruce entre las zonas con riesgo de erosión alto y las áreas que presentarían disminución en la cobertura vegetal natural, se estimaron las eventuales zonas más vulnerables de sufrir severos procesos de pérdida de suelo. Las zonas del valle central de Chile, de importante valor agrícola y forestal (Figura 13), podrían verse más afectadas a consecuencia del cambio climático proyectado en este análisis. En las zonas de riego, las pérdidas de suelo por erosión pluvial son en general menores, ya que se encuentran en terrenos planos o con poca pendiente. En la Región de Coquimbo sólo fue posible analizar el riesgo en los valles regados, por cuanto no existe información suficiente de suelos para estimar el riesgo erosivo en zonas montañosas. En tanto, en el área cultivada con riego de la zona centro-sur, las pérdidas estimadas de suelo por erosión serían inferiores a 5 toneladas por hectárea al año. En la costa de la Región de Valparaíso y en la precordillera de la Región Metropolitana, las pérdidas potenciales de suelo

podrían ser en torno a las 100 toneladas por hectárea al año, dependiendo de la inclinación de los terrenos y del uso de suelo.

Las zonas con mayores riesgos de erosión pluvial, tanto en la situación actual como en escenarios de cambio climático, corresponden a aquellas ubicadas en la cordillera de la Costa y la precordillera de los Andes. Las zonas más críticas se encuentran en la Región del Biobío, donde existe una notoria degradación del recurso edáfico debido a fuertes presiones por uso agrícola y forestal. En esta zona las pérdidas podrían alcanzar magnitudes de 130 a 180 toneladas por hectárea al año.

Al sur de la Región del Biobío, las pérdidas potenciales de suelo, tienden a declinar hasta ser muy bajas en la costa de la Región de Los Lagos. En la precordillera, menos protegida por el bosque, las pérdidas se mantendrían elevadas hasta la Región de Los Lagos, lo que sugiere la fragilidad de este componente geomorfológico.



**Figura 13.** Pérdida de suelo potencial debido a erosión pluvial estimada para el año 2040 en base a condiciones climáticas estimadas por el modelo PRECIS-HadCM3 en el escenario A2  
Fuente: Agrimed, 2008

<sup>2</sup> El modelo RUSLE (Ecuación Universal de Pérdida de Suelo Revisada) está calibrado para terrenos con pendientes inferiores a 22%, ya que está diseñado para evaluar prácticas de manejo conservacionista de suelo en terrenos agrícolas y forestales. Para pendientes superiores a este valor, existe una sobreestimación de los resultados y requiere calibraciones para cada caso particular. Por esta razón, para este caso de estudio se hablará de pérdidas potenciales de suelo.

### 3.5.2 Vulnerabilidad productiva y socioeconómica del sector silvoagropecuario

Los análisis de vulnerabilidad del sector silvoagropecuario (Agrimed, 2008) conciben la adaptación desde tres enfoques: sistema productivo, social y económico; componentes que serían claves para responder a los impactos del cambio climático. A partir de ellos, se desarrolló una serie de índices para evaluar la vulnerabilidad del sector, como base para el establecimiento de medidas de adaptación.

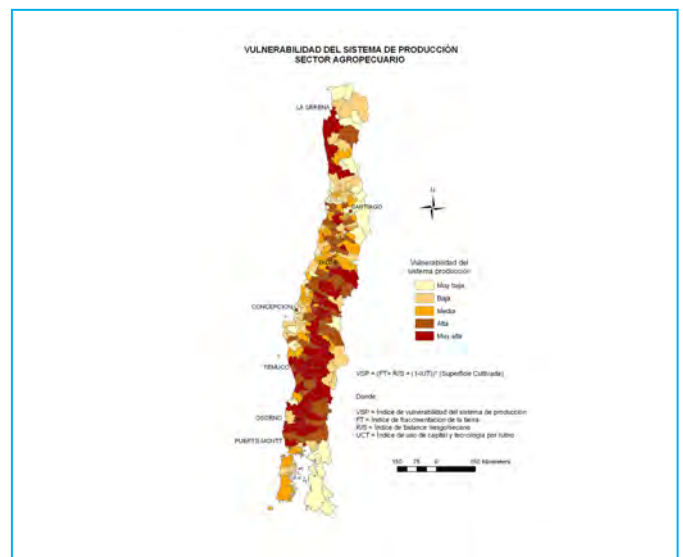
#### Vulnerabilidad agrícola asociada al componente productivo

Refleja la vulnerabilidad propia del sistema de producción. El índice se estima a partir de información del VII Censo Nacional Agropecuario y Forestal (2007), utilizando información de tipo de tenencia de la tierra, tamaño de la explotación silvoagropecuaria y la relación entre superficie de riego y secano presente en cada comuna.

El estudio indica que la vulnerabilidad de los agricultores disminuye en la medida que el tamaño de su propiedad decrece. Si bien esto les confiere flexibilidad, también se da la situación de que pequeños agricultores tienen, por lo general, menor acceso a capital para incorporar inversiones tecnológicas que les permitan adaptarse y/o la liquidez para hacer frente a los cambios de productividad.

Este indicador considera la superficie de cereales, chacras, hortalizas, forrajeras y frutales, excluyendo a las actividades forestales y ganaderas, debido a que los sistemas de producción de estos rubros no son comparables a los agrícolas, ya sea por el tamaño de la propiedad como por el tipo de tecnología empleada.

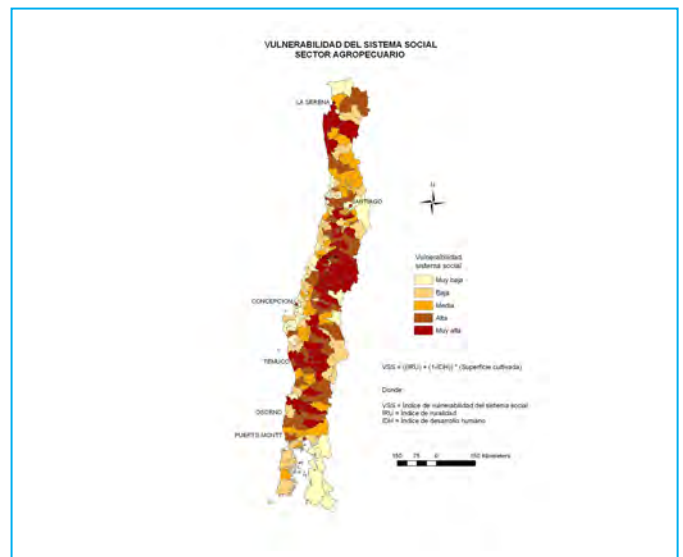
En la Figura 14 es posible apreciar que la vulnerabilidad es mayor en las zonas con alta presencia de cultivos anuales (valles de la Región de Coquimbo y el valle central de la Región del Maule al sur). En tanto que en las regiones de Los Ríos y de Los Lagos, la mayor vulnerabilidad se explica por la falta de infraestructura de riego. Las regiones centrales con predominio frutícola presentan menores índices de vulnerabilidad.



**Figura 14.** Vulnerabilidad agrícola asociada al componente de producción  
Fuente: Agrimed, 2008

#### Vulnerabilidad agrícola asociada al componente social

Este índice refleja la población en riesgo asociada a posibles impactos negativos del clima en la agricultura local. Combina la dimensión de la población rural y su nivel de desarrollo humano con la dimensión de la agricultura local. Las zonas más vulnerables son aquellas donde hay mayor concentración de agricultura y de población con bajo índice de desarrollo humano. Las zonas más vulnerables se encuentran en las regiones de Coquimbo, del Maule y de la Araucanía (Figura 15).



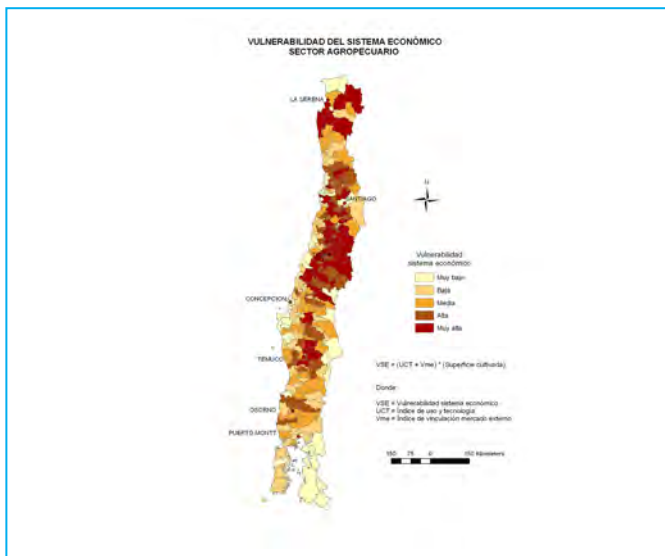
**Figura 15.** Vulnerabilidad agrícola asociada al componente social  
Fuente: Agrimed, 2008



### Vulnerabilidad agrícola asociada al componente económico

Este índice refleja el nivel de riesgo económico asociado a los impactos negativos de los cambios climáticos. Para su cálculo se considera el capital invertido, como insumos y tecnologías para cada rubro, y la vinculación con el mercado externo. Así, la agricultura más tecnificada y rentable es la que presenta mayores niveles de vulnerabilidad asociada al componente económico, por lo que las pérdidas potenciales pueden ser de mayor dimensión. En este caso se encuentra la agricultura de exportación de la zona central, intensiva en uso de tecnología, pudiendo originar pérdidas económicas más significativas para el país. En estas pérdidas, se incorpora indirectamente la menor generación de divisas asociada a un impacto negativo sobre el sector silvoagropecuario.

En la Figura 16 se observa que el mayor nivel de este índice se encuentra asociado a comunas con una proporción importante de las plantaciones nacionales de fruta de exportación, tales como: uva de mesa, manzana, cerezos y nectarines.



**Figura 16.** Vulnerabilidad agrícola asociada al componente económico

Fuente: Agrimed, 2008

### 3.5.3 Reasignación del uso de suelo silvoagropecuario: impactos económicos y en la mano de obra

Los cambios proyectados en la productividad de cultivos y plantaciones asociados a los cambios en las condiciones climáticas, se traducen en diferentes rentabilidades económicas que inciden en un cambio en la composición del uso de la tierra. Éstos conllevan impactos económicos (negativos y positivos) y cambios en la demanda por mano de obra.

Debido a que existe una estrecha relación entre las prácticas agrícolas, el valor de la tierra y las condiciones climáticas, las proyecciones climáticas del modelo HadCM3 se pueden usar para integrarlas en un modelo que permita modelar las respuestas estimadas de los agricultores y del valor de la tierra. Un estudio con este fin fue financiado por el Ministerio de Agricultura en este periodo (P. Universidad Católica de Chile, 2010).



Foto: Ministerio de Agricultura. Gobierno de Chile

### Metodología impacto socioeconómico (Agrimed, 2008)

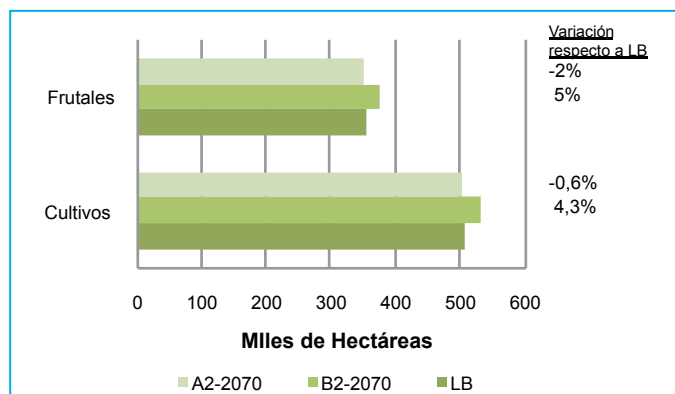
Para la estimación del impacto socioeconómico del cambio climático en la agricultura se utilizó el modelo de rendimientos propuesto por Agrimed, para 12 tipos de cultivos (maíz, trigo, papa, frejol, remolacha, duraznero, manzano, naranjo vid, praderas, eucaliptus y pino radiata). El análisis consideró la adaptación intrínseca de los agricultores conforme se modifican los distintos patrones climáticos. La escala espacial de trabajo fue la comuna. Para determinar los cambios en el uso de suelo y valorización, en cada etapa de asignación de tierra, se utilizó un modelo econométrico donde las participaciones, es decir, la proporción de la tierra dedicada a un cultivo específico, tienen una forma logística. Para estimar el cambio en el uso del suelo, se utilizaron datos del VI y VII Censo Agropecuario (años 1997 y 2007). Para ambos años, se calculó la superficie total dedicada a la agricultura, la superficie de cada especie cultivada y su proporción del total dedicada a la agricultura por comuna. Asimismo, se utilizaron las fichas técnicas para calcular los rendimientos de las especies, sus costos fijos y variables, lo que finalmente permitió estimar los ingresos netos por hectárea obtenidos para cada especie en cada comuna del país.

Finalmente, para cada escenario de cambio climático, se estimó la asignación de superficie correspondiente a cada uso, los ingresos totales del sector silvoagropecuario y los requerimientos de mano de obra total, diferenciados según género.

Los resultados del análisis, considerando los escenarios A2 y B2 para el período 2070 -2100 se resumen en las siguientes variables: cambio en el uso de suelo, cambios en los ingresos netos y cambios en la mano de obra.

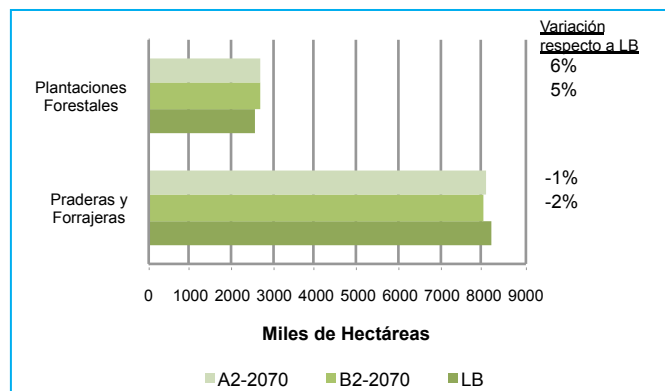
### Cambio de uso del suelo

La superficie dedicada a cultivos, se reduce para el escenario A2-70 en una proporción cercana al 1% de la superficie de la línea base (Figura 17). Del mismo modo, la de plantaciones frutales caería en un 2% en el escenario de cambio climático más severo. En tanto que la superficie de praderas y forrajeras (Figura 18) disminuiría en torno a un 1,5% de su superficie actual. Caso contrario ocurre con las plantaciones forestales, donde la superficie se incrementaría en aproximadamente un 5% respecto de la línea base.



**Figura 17.** Superficies dedicadas a cultivos y plantaciones frutales (línea de base) y estimaciones hacia fines de siglo para los escenarios A2 y B2

Fuente: Cepal, 2009); P. Universidad Católica de Chile, 2010

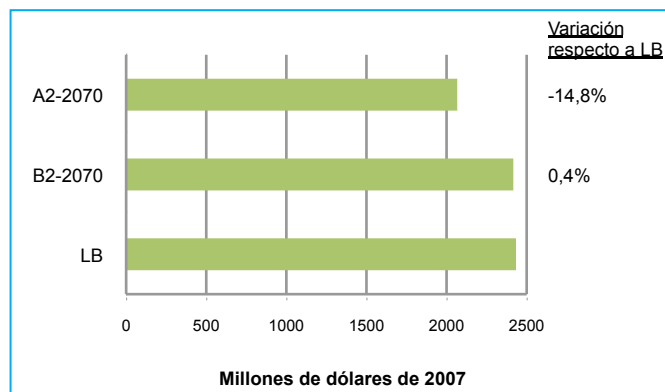


**Figura 18.** Superficies dedicadas a praderas, forrajeras y plantaciones forestales (línea de base) y estimaciones hacia fines de siglo para los escenarios A2 y B2

Fuente: CEPAL, 2009; P. Universidad Católica de Chile, 2010

### Cambio en ingresos netos agrícolas

A nivel nacional, los ingresos netos se reducirían en torno al 15% en el escenario de cambio climático más severo (A2).



**Figura 19.** Ingresos netos agrícolas a nivel nacional, en escenario base y proyección en escenarios de cambio climático

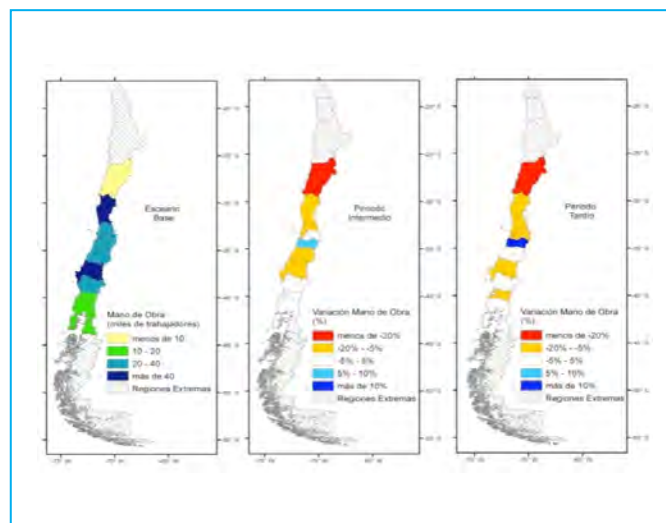
Fuente: CEPAL, 2009; P. Universidad Católica de Chile, 2010

Asimismo, se observa que en cualquier escenario al sur del país existirían incrementos en los ingresos netos, asociados a una mayor productividad del sector. La zona centro-norte presenta una tendencia negativa en los ingresos, asociada principalmente a una menor productividad por restricciones en la disponibilidad de agua para los cultivos. En el caso de las regiones extremas, los resultados de la modelación tienden a ser poco plausibles, por lo que fueron descartados.

**Cambio en la demanda de mano de obra y potenciales impactos en los procesos migratorios**

Los cambios proyectados en la productividad agrícola y la reasignación del uso del suelo, especialmente en la zona centro-sur y sur del país, traerían como resultado variaciones en la demanda de mano de obra en el mundo rural. En términos generales, en la zona centro tendería a presentarse una migración hacia las ciudades, a diferencia del sur de Chile, donde se espera un fenómeno de inmigración atribuido a un aumento en la demanda de mano de obra. Para determinar la magnitud de los movimientos de población, se consideró la disminución en la demanda de mano de obra asociada a los fenómenos del cambio

climático. Así, para la línea base, el número de personas dedicadas a la agricultura asciende a valores cercanos a un 5% de la población activa nacional. En los escenarios de cambio climático, el requerimiento disminuiría un 18% con respecto a la demanda estimada como línea base (Tabla 11 y Figura 20).



**Figura 20.** Cambios en la demanda de mano de obra del sector silvoagropecuario hacia fines de siglo para el escenario A2  
Fuente: Cepal, 2009

**TABLA 11.** Requerimientos de mano de obra (miles de trabajadores totales equivalente-año)

Región	Línea Base	2010-2040	Escenario A2		Escenario B2	
			2040-2070	2070-2100	2040-2070	2070-2100
Atacama	7,00	6,21	3,72	2,43	4,43	3,53
Coquimbo	54,65	51,65	43,98	39,44	44,81	44,22
Valparaíso	27,36	24,81	19,08	17,50	20,60	20,62
Metropolitana	26,93	25,87	23,47	18,35	26,48	25,24
O'Higgins	39,20	39,37	42,28	40,87	41,78	44,23
Maule	30,94	30,16	28,06	28,72	28,28	29,20
Biobío	49,26	48,69	44,68	43,58	45,17	44,51
Araucanía	30,11	29,07	27,33	25,49	27,92	27,34
Los Ríos	12,43	11,79	10,29	9,07	10,62	9,71
Los Lagos	17,72	17,45	18,07	16,92	17,64	17,22
<b>Total</b>	<b>295,60</b>	<b>285,07</b>	<b>260,96</b>	<b>242,38</b>	<b>267,73</b>	<b>265,83</b>

Fuente: CEPAL, 2009; P. Universidad Católica de Chile, 2010

### 3.6 BIODIVERSIDAD

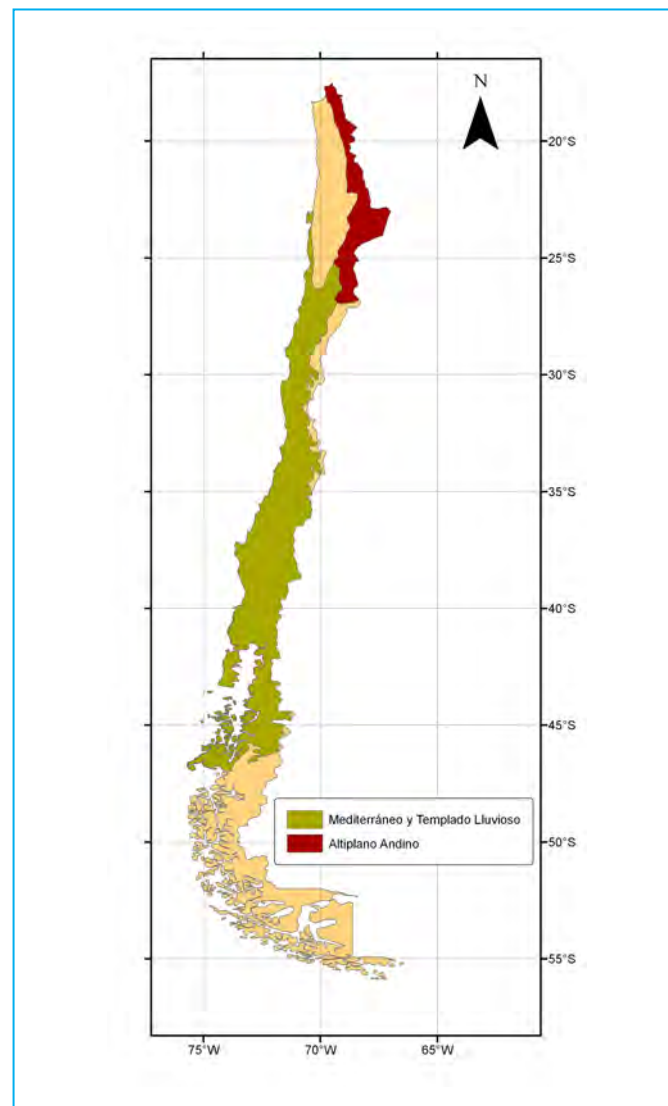
Los estudios internacionales de respuestas a impactos del cambio climático sobre la biodiversidad, desarrollados en los últimos años, muestran que el aumento de temperatura reciente del planeta ha inducido una serie de respuestas biológicas y ecológicas en plantas y animales, con un evidente grado de certidumbre sobre las alteraciones en los límites de los rangos de distribución de las especies y su fenología (Parmesan, 2006).

El concepto de biodiversidad o diversidad biológica se refiere a la variabilidad de los organismos vivos, que forman parte de todos los ecosistemas terrestres y acuáticos, incluyendo la diversidad dentro de una misma especie, entre especies y entre ecosistemas. Por tanto, es clave en el funcionamiento de múltiples procesos que inciden sobre el equilibrio del clima, los ciclos del agua y la evolución de los suelos, entre otros servicios ecosistémicos.

El amplio gradiente latitudinal y altitudinal que caracteriza el territorio de Chile, genera un comportamiento heterogéneo de las condiciones ambientales que permiten sustentar la diversidad biológica. El patrón climático generado por ambos gradientes posibilita que Chile posea, a su vez, alguno de los sitios con menor precipitación del planeta y áreas con el mayor número de días lluviosos al año.

Los hotspot de biodiversidad con prioridad de conservación son zonas donde se concentra un mínimo de 1.500 especies de plantas vasculares endémicas, una alta proporción de vertebrados endémicos y el hábitat original ha sido degradado de manera importante por la actividad antrópica. En Chile, existen dos áreas de hotspot: la primera corresponde a zonas de clima mediterráneo y templado, mientras que la segunda, corresponde a la zona altiplánica de Chile (Figura 21). El efecto de las actividades humanas en el área central de Chile es de larga data. Su valle central se ha visto seriamente afectado por la expansión de los asentamientos humanos y avance de las fronteras

ganadera y agrícola, a partir del siglo XVIII. La situación actual a lo largo del valle central de Chile mediterráneo muestra una predominancia de praderas ganaderas, campos de cultivo y plantaciones de especies exóticas (Neira et al., 2002). Por tanto, los remanentes de hábitats mejor conservados, incluyendo los parques y reservas públicas y privadas, se encuentran en las cimas costeras y en los faldeos andinos.



**Figura 21.** Mapa de áreas Hotspot

Fuente: WWF, 2004

Considerando la vulnerabilidad de los ecosistemas en Chile, se evaluó la vulnerabilidad de la biodiversidad en el país frente al fenómeno de cambio climático, a nivel de especies y ecosistemas, para identificar las posibles medidas de adaptación. Preparado por el IEB/Caseb y financiado por la Conama, el “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” (IEB, 2010), comparó la distribución actual de las especies y ecosistemas y la distribución esperada en un escenario de cambio climático, en base a los datos del modelo regional PRECIS. Se modelaron los potenciales cambios en la distribución de 15 especies de anfibios, 16 especies de reptiles, 36 especies de mamíferos, 1.447 especies de plantas vasculares terrestres y 36 ecosistemas. La vulnerabilidad se evaluó en el contexto de tres escenarios de protección, que se basan en los límites de la red actual de áreas protegidas (escenario 1), incluyendo áreas protegidas privadas (escenario 2), sin incluir las áreas silvestres protegidas privadas sin figura de protección oficial (escenario 3). El análisis a niveles de especies y ecosistemas fue complementado con una evaluación de un ecosistema clave, representado por los humedales de la zona altoandina y la zona de ecosistemas mediterráneos.

La metodología contempló evaluar la distribución actual de las especies y ecosistemas, en base a las características climáticas de los lugares donde existe presencia confirmada. La proyección de las distribuciones futuras se realizó usando un modelo estadístico basado en el Principio de Máxima Entropía (MaxEnt), con el cual se obtuvieron las distribuciones proyectadas para el periodo 2070-2100.

Para el caso de los humedales altoandinos, se seleccionaron 8 sitios correspondientes a las cuencas con mayor cantidad de hábitat de humedal. Para cada una de éstas, se realizó un balance hídrico y se evaluó las modificaciones en el ciclo hidrológico producto de los cambios que se anticipan en el clima.

### 3.6.1 Impactos en especies

Como resultado de la modelación del nicho ecológico potencial de las especies estudiadas, se observó que la respuesta es altamente dependiente de la estrategia de dispersión a utilizar como supuesto. Al considerar que las especies son capaces de dispersarse rápidamente en el periodo de tiempo modelado (finales de siglo), más de la mitad de las estudiadas, podría presentar expansiones en su rango de distribución, mientras que al considerar que las especies no pueden dispersarse, la gran mayoría presenta disminuciones en el área de distribución proyectada. Los impactos proyectados, muestran que la vulnerabilidad es mayor en un escenario de emisiones A2 versus un escenario B2.

El análisis de la respuesta al cambio climático por parte de las especies analizadas muestra que, en general, y aún cuando predominan reducciones en el área de distribución de especies para el caso de dispersión limitada, el número de especies que se extingue es bastante reducido. De hecho, sólo dos son afectadas en los escenarios considerados. Éstas son *Festuca orthophylla* para el caso de dispersión limitada bajo el escenario a2 y *Nassauvia digitata* para el escenario con dispersión ilimitada y A2 y para dispersión limitada A2 y B2.



*Festuca orthophylla*



*Nassauvia digitata*

En relación al grado de cobertura de las especies en los tres escenarios de protección considerados en el contexto de su distribución actual y las proyectadas bajo los escenarios A2 y B2, se observa que los vertebrados estudiados no presentan especies no cubiertas por los escenarios de protección. Sin embargo, el caso de las especies de plantas es diferente encontrándose, al menos, 10 especies que no están contenidas en la Red de Áreas Silvestres Protegidas del Estado consideradas en algunos de los escenarios.

### 3.6.2 Impactos en ecosistemas

Los impactos del cambio climático sobre los 36 ecosistemas evaluados en el estudio previamente indicado, muestran un patrón de variación latitudinal en casi todas las unidades presentes en la zona costera e interior del norte y centro de Chile. Así también, las unidades con vegetación esclerófila y espinosa son las que muestran mayor variación en sus rangos de distribución actuales.

La mayor cantidad de cambio de unidades de vegetación estimado hacia fines de siglo, ocurriría en la zona central de Chile, área donde los ecosistemas experimentarían mayor dinamismo. Por ejemplo, los resultados de la proyección de ecosistemas característicos de la zona central de Chile, indican que las unidades del bosque espinoso mediterráneo interior en el escenario A2 y el matorral bajo desértico andino en el escenario B2, presentarían considerables reducciones en su área de distribución. En este contexto, la vegetación del hotspot mediterráneo sería altamente vulnerable a los fenómenos de cambio climático.



**Figura 22.** Mapa del área de mayor variación de los ecosistemas de Chile como consecuencia del cambio climático, bajo el escenario A2 para el periodo 2070-2100  
Fuente: IEB, 2010

En relación al hotspot del altiplano andino, caracterizado por ecosistemas de humedal de importante valor para la biodiversidad, también sería vulnerable, puesto que un análisis del balance hídrico de las cuencas del norte de Chile, vinculadas a los ecosistemas de humedal de la zona, estimó que hacia fines del siglo XXI los modelos de clima global en su mayoría proyectan una modificación de las precipitaciones y un aumento de las temperaturas, lo que se traduciría en un cambio de caudales y de la escorrentía superficial, que son los principales sostenedores de la estabilidad y funcionalidad de los humedales del altiplano de Chile.

### 3.7 ZONAS COSTERAS Y ALZAS EN EL NIVEL DEL MAR

El nivel medio del mar cambia por variaciones del volumen total de los océanos, causadas principalmente por alteraciones en la temperatura a escala global y por el derretimiento de grandes masas de hielo. El nivel de los océanos mundiales ha aumentado en las décadas recientes, en parte por efecto de la dilatación térmica y del deshielo de los glaciares, de los casquetes de hielo y de los mantos de hielo polares, según indica el volumen de base científica del 4° Reporte Cambio Global del IPCC (IPCC, 2007).

Para el caso de Chile, en base al modelo HadCM3, se proyecta que el aumento del nivel del mar llegue a valores cercanos a los 20 cm en la costa norte del país y del orden de 10 cm en la costa sur (U. de Chile, Depto. Geofísica, 2006).

En el estudio “Evaluación de la vulnerabilidad y adaptación en zonas costeras y recursos pesqueros” del Centro EULA de la Universidad de Concepción (Centro EULA, 2001), financiado por el proyecto de la Primera Comunicación Nacional de Chile, se evaluaron los efectos de incrementos en el nivel del mar en áreas costeras del Golfo de Arauco sobre la anchoveta, la merluza común y la sardina común. De acuerdo a los resultados, un alza de 1 metro en el nivel del mar en el golfo de Arauco implicaría pérdidas entre 23 mil y 54 mil millones de pesos chilenos de diciembre 1994, poniendo en riesgo la subsistencia de las actividades de entre 1.200 y 1.800 personas.

Este estudio no ha sido replicado en otras zonas del país ni para otros escenarios. Sin embargo, se han analizado preliminarmente antecedentes relativos a cambios del nivel del mar, sismicidad, tsunamis y variaciones del régimen de oleaje presente a lo largo de la costa, cuyo propósito

es identificar tendencias y factores que deben tomarse en cuenta para analizar los efectos del cambio climático en las costas de Chile en el futuro (Cepal, 2009).

La estimación de los efectos asociados a cambios en el clima marítimo requiere del estudio detallado de agentes oceanográficos, como el nivel del mar, parámetros de oleaje reinante y dominante, la marea astronómica y meteorológica, y los fenómenos ENSO, entre otros.

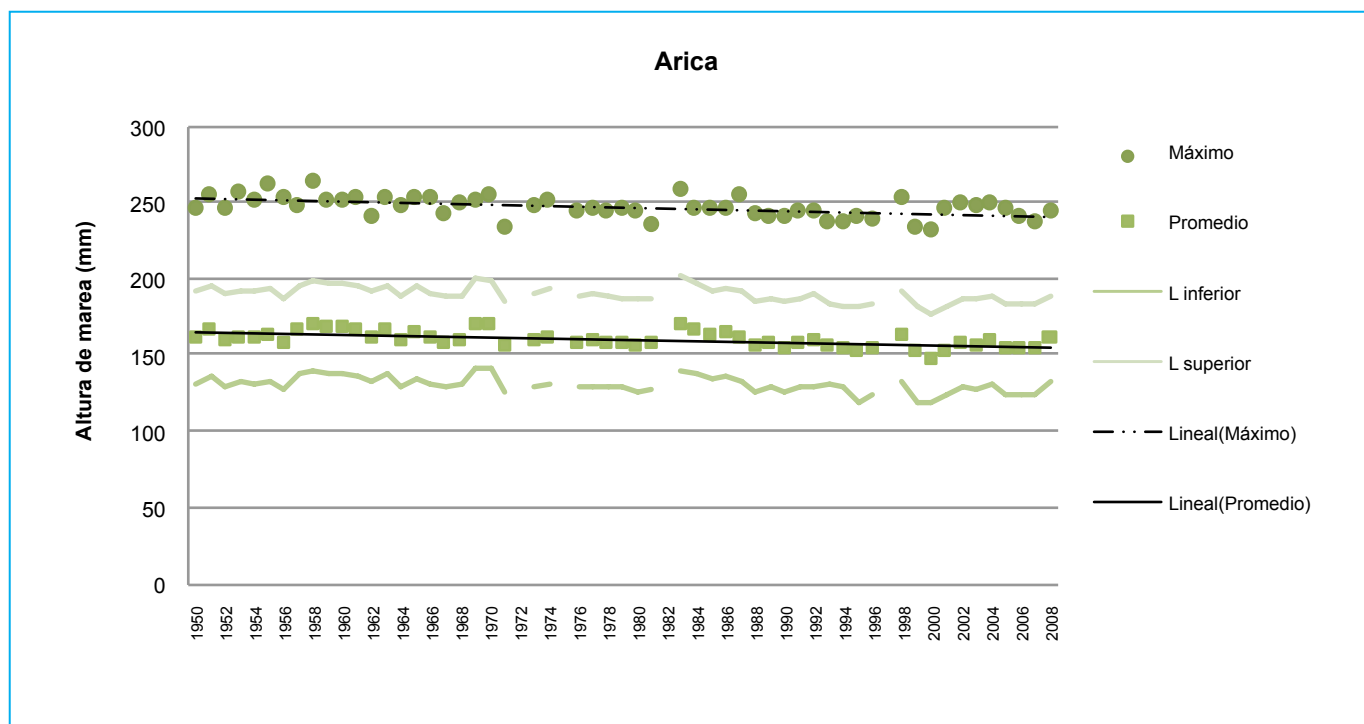
El cambio climático constituye un factor más en la vulnerabilidad de las costas, que puede interactuar en forma sinérgica con otras acciones de carácter antrópico, como el emplazamiento de infraestructura en zonas bajas de alto riesgo, la extracción indiscriminada de sedimentos de los lechos fluviales, la fijación de suelo erosionable, la ocupación de dunas debida a la urbanización masiva, entre otros (ICOUV, 2010).

### 3.7.1 Nivel del mar

La variación del nivel del mar en las estaciones mareográficas de más de 40 años en Chile no es homogénea, abarcando tasas de aumento desde +0,318 [cm/año] a

descensos de -0,141 [cm/año]. En localidades como Arica y Antofagasta aparentemente ha existido una reducción, mientras que en Caldera y Talcahuano, se aprecia un aumento. En Puerto Williams se observa una continua reducción en el nivel medio del mar durante el siglo XX, tendencia que se revierte a partir del año 2000. La estación insular de Isla de Pascua también evidencia un aumento comparativamente mayor del nivel medio del mar que las estaciones continentales.

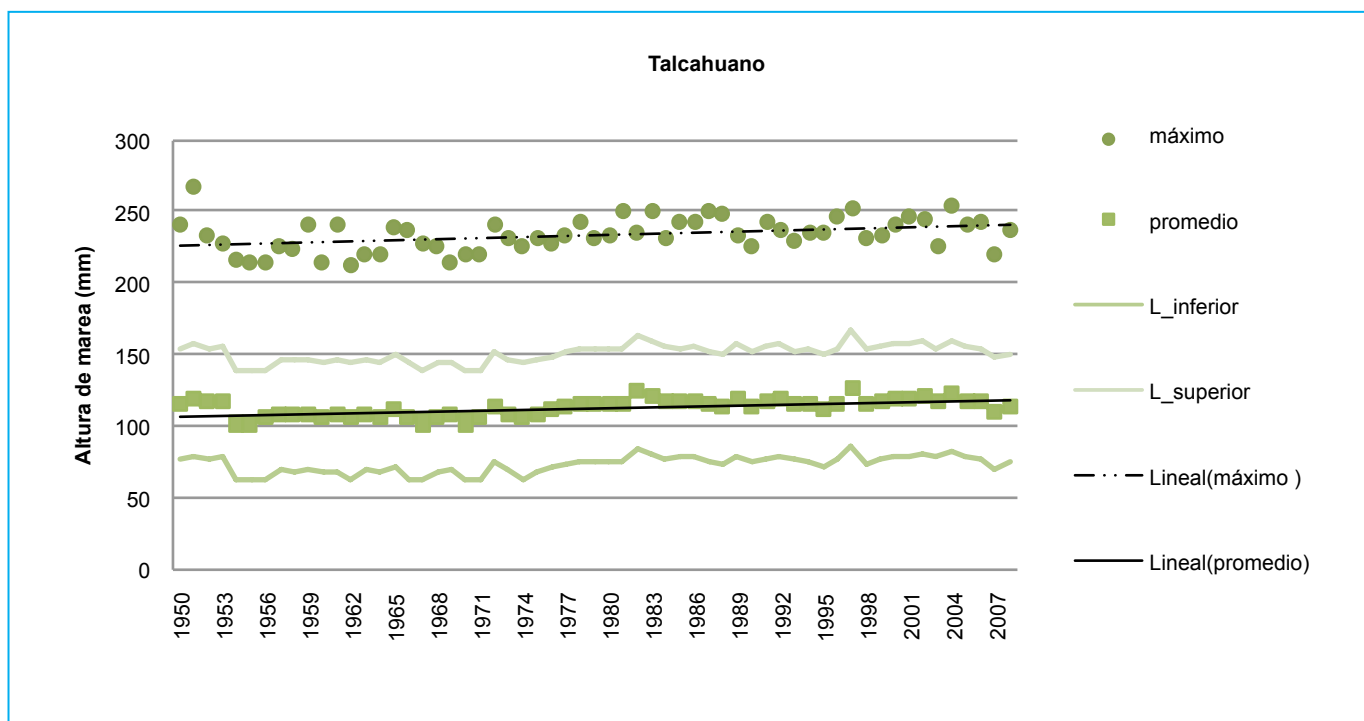
Las tasas de variación son relativamente menores a las observadas en algunas estaciones de larga data a nivel mundial, que llegan a experimentar aumentos y descensos del orden de centímetros por año, lo que representa un orden de magnitud superior a los observados en Chile. No obstante, las variaciones son comparables a los valores medios obtenidos de estaciones del nivel de mar en diferentes cuadrantes a nivel mundial, que abarcan desde aumentos de +0,59 [cm/año] a descensos de -0,57 [cm/año]. A modo de ejemplo se presenta la serie de tiempo de nivel del mar para Arica (Figura 23) donde se aprecia un aumento de +0,14 [cm/año] y Talcahuano (Figura 24) donde se anota un descenso de 0,14 [cm/año].



**Figura 23 .** Variación temporal del promedio anual del nivel del mar en Arica

Nota: No se consideran efectos de mareas.

Fuente: ICOUV, 2010



**Figura 24 .** Variación temporal del promedio anual del nivel del mar en Talcahuano

Nota: No se consideran efectos de mareas.

Fuente: ICOUV, 2010

Resulta interesante destacar que, pese a que el comportamiento principal del nivel medio del mar en las costas de Chile pareciera no tener grandes fluctuaciones en el tiempo, hay evidencia de cambios cíclicos asociados a fenómenos ENOS. En años con el fenómeno de El Niño en el nivel del mar se pueden provocar aumentos de hasta 0,3 metros sobre la tendencia y, en años de La Niña, se observan disminuciones del mismo orden.

Debido a la gran actividad sísmica de Chile, los cambios graduales asociados al alza del nivel del mar pueden no tener mayor relevancia en términos de análisis de impactos y planificación de medidas de adaptación. El mejor ejemplo está asociado a los impactos del terremoto y maremoto ocurrido en la zona sur de Chile el 27 de febrero de 2010. En dicho evento el impacto asociado a la subida del mar es, al menos, un orden de magnitud mayor que los impactos que se pueden prever debido al alza del nivel del mar asociado a cambio climático.

Sin perjuicio de esto resultaría interesante evaluar potenciales cambios en las condiciones climático-oceanográficas asociadas al cambio climático, ya que pueden afectar de manera importante la operación de infraestructura portuaria hoy y en el futuro. Por esto se presenta a continuación un breve análisis de las condiciones históricas en cuanto a oleajes en las costas de Chile.

### 3.7.2 Oleaje

Los análisis de estadística de oleaje reinante, o de mayor frecuencia, sin considerar la estadística de temporales, muestran un cambio de comportamiento de la distribución anual de probabilidad de excedencia entre los años iniciales (1985-1994) y los recientes (1995-2006). Las variaciones sugieren un incremento de la altura de ola en los últimos años, acompañado de periodos más altos y con direcciones cada vez más hacia el sur. El incremento en los periodos y alturas implican un aumento aún más importante en los valores de potencia de oleaje. En la potencia de oleaje se observa un incremento en la probabilidad de excedencia anual de eventos de magnitud superior al promedio que llega a cerca de un 25%. Se observó un aumento promedio de 0,4 [Kw/año] y variaciones interanuales y estacionales significativas. La potencia del oleaje aumenta progresivamente con la latitud.



## 4. ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

### 4.1 RECURSOS HÍDRICOS

#### 4.1.1 Política de Protección y Conservación de Glaciares

En febrero de 2009, el Consejo Directivo de Ministros de la Conama aprobó una Política Nacional de Protección y Conservación de Glaciares. Ésta se elaboró debido a que los glaciares son ecosistemas frágiles y que ofrecen servicios ambientales valiosos (por ejemplo: regulación climática y abastecimiento de agua), contribuyendo al sustento de los procesos naturales esenciales y a actividades como el turismo, la investigación científica y los deportes, entre otros. Esto implica la necesidad de su preservación y conservación, dadas sus particulares características de regeneración y su fragilidad frente a los nuevos escenarios de cambio climático experimentados por el planeta, en función del aumento de las temperaturas, variaciones geográficas en el comportamiento de las precipitaciones, el aumento en el nivel de las aguas marinas y su correspondiente variación de temperatura, lo que a su vez provoca alteraciones en los ecosistemas acuáticos y terrestres circundantes.

La política plantea que es necesario conocer y valorar los glaciares chilenos en un contexto y realidad nacional e internacional, mediante la creación de un registro nacional de glaciares y otras prioridades de investigación por definir. Este registro debe ser generado por la Dirección General de Aguas del Ministerio de Obras Públicas. Asimismo, esta política pretende establecer medidas para su preservación y conservación, que aseguren la continuidad de los procesos naturales y productivos que éstos sustentan y la generación de servicios ambientales, así como también establecer sus tipologías, condiciones de usos permitidos y diseñar instrumentos y mecanismos institucionales para su implementación.

El año 2010 se identificaron los órganos de la administración del Estado con competencias en la temática de glaciares, de tal forma de identificar las acciones del futuro plan de acción que operativice la política. El Centro de Estudios Científicos de Valdivia, en tanto, elaboró para la DGA una Estrategia nacional de glaciares, la que se presenta con detalle en el capítulo 5.

#### *Proyecto de adaptaciones institucionales a los cambios climáticos: estudios de casos en adaptación en Chile y Canadá*

Entre 2004 y 2008 un proyecto financiado por el programa de iniciativas de investigaciones colaborativas principales del consejo de investigaciones en ciencias sociales y humanidades de Canadá, investigó la capacidad de adaptarse a los impactos del cambio climático en zonas que cuentan con tierras de secano. Para ello se seleccionaron dos cuencas, la del río Elqui, en la región de Coquimbo en Chile y, la del río South Saskatchewan en el oeste de Canadá. Este proyecto contó con el apoyo en Chile de la Conama, el Centro del Agua para Zonas Áridas y Semiáridas para América Latina y el Caribe (Cazalac) y el Instituto de Ecología Política (IEP).

El proyecto desarrolló una comprensión sistemática y global de las capacidades de las instituciones regionales para formular e implementar estrategias de adaptación a los riesgos del cambio climático y a los impactos previstos de dicho cambio en la provisión y la gestión de los recursos hídricos en medio ambientes de tierras de secano.

Durante el proyecto se desarrollaron las siguientes actividades:

- Una evaluación de la vulnerabilidad actual de un grupo de comunidades en las cuencas de los ríos Elqui y South Saskatchewan.
- Un análisis del papel de las instituciones en la resolución de un grupo de recientes conflictos relacionados con la escasez de agua.
- Un estudio histórico de adaptación institucional en periodos caracterizados por la escasez de agua.
- Un análisis de las vulnerabilidades ambientales identificados por las partes interesadas.
- Una evaluación de las capacidades de las instituciones de gobierno para reducir la vulnerabilidad de las comunidades rurales.
- Una evaluación del futuro escenarios climáticos para las dos cuencas - sobre la base de diferentes modelos climáticos - y sus posibles efectos.

## 4.2 SECTOR HIDROELÉCTRICO

Respecto al sector energía, la Comisión Nacional de Energía, actual Ministerio, licitó en 2010 un estudio que definirá escenarios hidrológicos, modelará la expansión del parque generador y diseñará indicadores de riesgos sobre la seguridad de abastecimiento eléctrico. Los resultados de este estudio, que finalizó durante el primer semestre de 2011, aportarán a la discusión de las políticas públicas más adecuadas para reducir los eventuales riesgos de escenarios hidrológicos adversos en cuencas relevantes para actividades de hidroelectricidad.

## 4.3 SECTOR MINERO

En la minería del cobre, el agua se utiliza fundamentalmente en los procesos tradicionales de concentración por flotación, en la fusión y electro refinación o, en el proceso hidrometalúrgico, que consta de lixiviación, extracción por solventes y electro obtención (LX-SX-EW). Sin embargo, cada proceso u operación unitaria de la minería utiliza mayores o menores volúmenes de agua para contribuir a la eficiencia del proceso.

La mesa público privada nacional de aguas en lo relativo a la participación del sector minero como consumidor de agua, delegó en Cochilco la coordinación de las acciones para que la DGA iniciara con el sector minero, una línea de trabajo sectorial. Esta línea de trabajo consideraba validar los datos de consumo de agua de las mineras y tener una definición de las condiciones de uso del sector, lo cual requería de mayores esfuerzos de recopilación, sistematización, desagregación y validación de la información.

La DGA trabajó durante 2007 con el Consejo Minero y la Sociedad Nacional de la Minería (Sonami) para recopilar y sistematizar la información sobre derechos de aprovechamiento de agua de que dispone el sector, establecer el caudal de extracciones que emplean las faenas mineras como agua fresca y, la tasa de consumo unitario de agua fresca en los procesos de la minería del cobre. Los resultados de estos esfuerzos público-privados por transparentar información existente están reflejados en el estudio "Derechos, extracciones y tasas unitarias de consumo de agua del sector minero. Regiones centro-norte de Chile", de 2008, realizado por Proust Consultores para la División de Estudios y Planificación de la DGA. Este trabajo fue el paso inicial para dar a conocer los consumos de agua de la minería en el país y, además, informar sobre los avances del sector en la eficiencia en el consumo unitario de agua

fresca en los procesos de concentración e hidrometalurgia en el periodo 2000-2006.

Es así como sobre la base de los logros alcanzados, Cochilco decidió avanzar en la recopilación, sistematización y análisis de información del consumo de agua en las faenas mineras con el objeto de proporcionar información de calidad sobre la situación actual de la minería del cobre frente al recurso hídrico y dar comienzo a la creación de una base de datos que se pueda seguir actualizando con el paso del tiempo, mostrando la evolución del consumo y la demanda de agua del sector. Los resultados están en el estudio "Consumo de agua en la minería del cobre 2009" (Cochilco, 2010). Según lo expuesto en este trabajo las extracciones de agua informadas por las empresas mineras del cobre para 2009 alcanzan un promedio anual de 11,97 m<sup>3</sup>/s. Cabe señalar al respecto que esta cifra no incluye agua de mar ni agua alumbrada en las operaciones mineras. En términos porcentuales, la Región de Antofagasta representa el 48% de las extracciones totales de agua fresca en el país. Luego se ubica la Región de O'Higgins con el 14% respecto a extracciones totales, seguida por la Región de Copiapó que figura con el 12%, la Región de Tarapacá con el 10% y, finalmente, las regiones de Valparaíso con un 7%, Metropolitana con el 5% y de Coquimbo que tiene el 4% de las extracciones totales de agua fresca en Chile en 2009. En relación al consumo unitario de agua fresca para la producción de concentrados, éste es de 0,72 m<sup>3</sup>/ton y para la producción de cátodos es de 0,13 m<sup>3</sup>/ton de mineral procesado. En términos generales los consumos unitarios de agua fresca, tanto para el proceso de concentración como para el de hidrometalurgia, son similares en el periodo analizado 2006-2009, lo cual indica que, en promedio, se han mantenido los avances logrados en la última década por las empresas mineras del cobre en usar eficientemente el agua en sus operaciones.

La industria minera actualmente asigna importancia fundamental al uso racional y eficiente del agua en sus operaciones, adoptando acciones para optimizar sus consumos a través de mejores prácticas de gestión y/o la introducción de mejores tecnologías que reduzcan la demanda y, por esta vía, liberen recursos ante la misma oferta de agua. Entre éstas se pueden mencionar la recirculación de agua en operaciones; desalinización y uso directo de agua de mar en procesos (depende de características del mineral entre otros); mejoramiento de la gestión en la operación de relaves a través del desarrollo de técnicas de espesamiento, que incrementan las concentraciones de sólidos

(y menor porcentaje de agua), para producciones industriales a gran escala; selección de sitios con fácil control de filtraciones, entre otras.

#### 4.4 SECTOR SILVOAGROPECUARIO

Chile presenta condiciones de vulnerabilidad climática elevadas, pero, al mismo tiempo, existen oportunidades para aplicar medidas de adaptación. En primer lugar, el país aún está a tiempo de diseñar e implementar una política de adaptación a costos económicos y sociales abordables, además de que mientras antes se ejecuten acciones de adaptación, existirán mayores oportunidades asociadas al cambio climático, vinculadas a los sectores productivos preponderantes del país, como la agricultura, el sector forestal y el desarrollo tecnológico (Aldunce, 2010).

El sector de la economía chilena que ha desarrollado más acciones en torno a la adaptación ha sido el silvoagropecuario, con una serie de estudios financiados sectorialmente por Odepa y FIA y el apoyo de Conama (actual Ministerio del medio Ambiente) en algunos casos, en base a sus propias partidas presupuestarias. Estos estudios han generado información respecto a su vulnerabilidad, para comenzar a diseñar medidas concretas en el mediano y largo plazo. Es así como en 2008, por encargo de Conama, la Universidad de Chile desarrolló el estudio “Análisis de vulnerabilidad del sector silvoagropecuario y de los recursos hídricos y edáficos de Chile frente a escenarios de cambio climático”, que entregó antecedentes para el diseño de futuras medidas de adaptación. Al mismo tiempo, el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (Inia) del Ministerio de Agricultura, en conjunto con la Universidad de Concepción, en 2009, efectuaron el “Estudio sobre impacto, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en el sector silvoagropecuario de Chile”. Por otra parte, la Pontificia Universidad Católica de Chile, en 2010, por encargo de la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias del Ministerio de Agricultura desarrolló el estudio “Estimación del impacto socioeconómico del cambio climático en el sector silvoagropecuario de Chile”, que aporta antecedentes importantes para evaluar las futuras medidas de adaptación que deberá diseñar el país.

También se cuenta con los resultados del estudio encargado por el Ministerio del Medio Ambiente a la empresa consultora Asagrín, “Portafolio de propuestas para el programa de adaptación del sector silvoagropecuario al cambio climático en Chile”. Éste entregó un conjunto de medidas de adaptación diseñadas para las diferentes zo-

nas agroecológicas y actores agrícolas del país, que serán una primera propuesta de plan sectorial de adaptación. En tanto, el Inia desarrolla el proyecto multianual “Adaptación de sistemas productivos de papa y trigo al cambio climático”, en conjunto con investigadores de Chile, Uruguay y Perú, que consiste en el mejoramiento genético de estas especies para su adaptación, tanto por estrés de temperatura e hídrico como por ataque de nuevas enfermedades, insectos y malezas. El proyecto es financiado por el Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria (Fontagro) y el Banco Interamericano de Desarrollo.

##### 4.4.1 Eficiencia en el uso del agua en el sector silvoagropecuario

Como parte de las medidas de adaptación identificadas en los estudios, destaca la de eficiencia en el uso del agua. En este sentido, cabe destacar el trabajo que hace años desarrolla el Ministerio de Agricultura a través de la Ley N° 18.450, más conocida como Ley de Riego. Sin duda que su ampliación aparece como una de las acciones importantes en el sector silvoagropecuario.

Desde su gestación, en 1985, esta normativa ha tenido por finalidad incrementar la superficie regada del país, mejorar el abastecimiento de agua en las áreas regadas en forma deficitaria, incentivar un uso más eficiente de la aplicación del agua e incorporar nuevos suelos a la explotación agropecuaria, esto último, por la vía de eliminar el mal drenaje o facilitar la puesta en riego predial. Esta ley faculta al Estado de Chile para manejar un programa de obras menores de riego y drenaje que opera mediante un sistema de concursos públicos para que los agricultores puedan optar al fomento estatal. La ley otorga subsidios a proyectos de riego cuyo costo no supere las UF 12 mil, aproximadamente US\$500 mil, en el caso de proyectos individuales, ni sobrepase las UF.30 mil, aproximadamente US\$1,25 millones, en el caso de ser proyectos presentados por organizaciones de regantes. El monto máximo de bonificación es del 90% de su costo total.

Por último, es importante recalcar que esta ley permite potenciar la actividad de las organizaciones de regantes y focalizar recursos hacia la recuperación de la calidad de riego de aguas contaminadas y el apoyo a la agricultura sustentable, entre otras áreas.

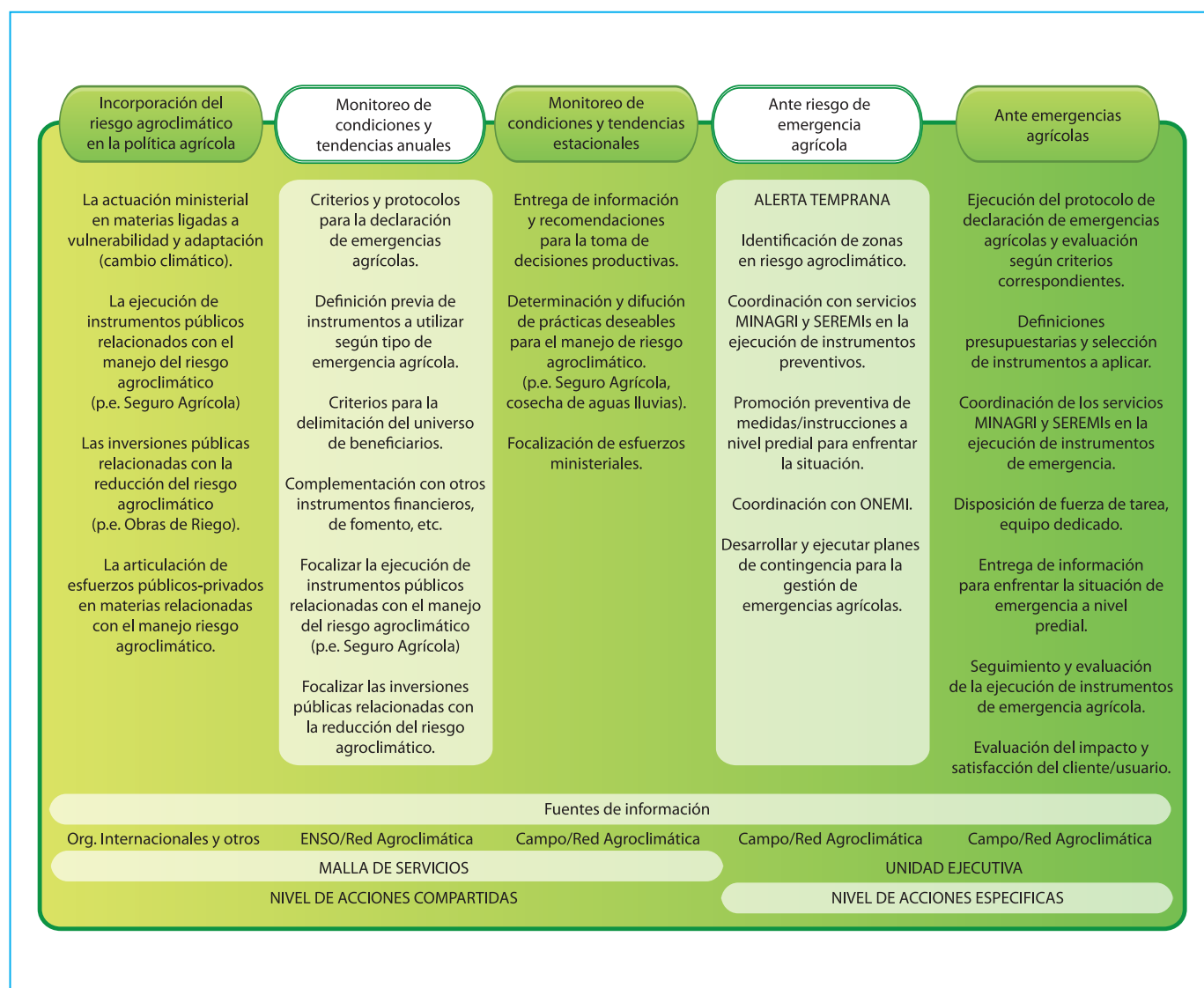
##### 4.4.2 Gestión de emergencias agrícolas

El Ministerio de Agricultura constituyó la Comisión Nacional de Emergencia Agrícola, que incluye herramientas

como el sistema nacional de emergencias sectoriales y el seguro agrícola. Este último, es un instrumento dirigido por el Comité de Seguro Agrícola (Comsa) y operado por compañías de seguro privadas o aseguradoras, que permite a los agricultores traspasar a las compañías el riesgo de pérdidas económicas por los daños en un cultivo asegurado debido a fenómenos climáticos. Así, el productor recupera los costos directos de producción, obteniendo estabilidad en su trabajo y protección para su familia. El beneficiario del seguro es el agricultor, quien cuenta con apoyo estatal para el cofinanciamiento del pago de las primas y, con ello, facilita el acceso al programa. Actual-

mente, abarca las comunas agrícolas entre las regiones de Coquimbo y Los Lagos y pretende ser ampliado a otras regiones del país.

Los riesgos climáticos cubiertos corresponden a sequía en secano, lluvia excesiva o extemporánea, helada, granizo, nieve y viento perjudicial. Por otra parte, este seguro cubre la mayoría de los cultivos comprendidos en cereales, hortalizas, leguminosas y cultivos industriales. A futuro se considerarán los cultivos en invernaderos, semilleros, frutales, flores, entre otros, hasta cubrir la más amplia gama de la producción agrícola chilena.



**Figura 25 .** Sistema Nacional de Gestión de Emergencias Agrícolas y Riesgo Agroclimático

Fuente: Inia, 2010

#### 4.4.3 Mejoramiento genético

El Ministerio de Agricultura estableció la plataforma de mejoramiento genético para el cambio climático en el Inia, que será la base a partir de la cual se preparan las variedades de cultivos, forrajeras y frutales que se adapten mejor a las condiciones generadas por los cambios en el clima. Esta línea de trabajo debiera ser potenciada fuertemente en los próximos años.

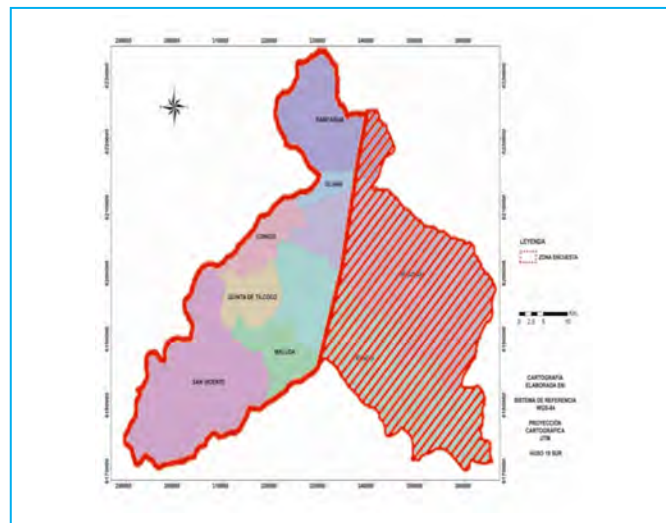
Los proyectos de investigación, a la fecha, han apuntado a generar mayor resistencia a las principales plagas y a probar la introducción de nuevas variedades de uva, carozos, cerezos, frambuesas y manzanos, para diversificar la oferta. Adicionalmente, el Consorcio Tecnológico de la Fruta S.A se encuentra desarrollando una serie de proyectos, destinados al mejoramiento genético y productivo de la uva de mesa, carozos, cerezos, frambuesas y manzanos. Esta entidad -integrada por empresas exportadoras, la Asociación de Exportadores de Chile (Asoex) y la Universidad Católica- es cofinanciada por el Ministerio de Agricultura, a través de la Fundación para la Innovación Agraria.

#### *Estudio sobre impacto, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en el sector silvoagropecuario en dos zonas agroclimáticas de Chile*

A fines de 2009 finalizó un estudio financiado por el Ministerio de Agricultura con el objetivo de contribuir a generar iniciativas que mejoren la competitividad y productividad del sector silvoagropecuario, mediante el análisis riguroso de los requerimientos de adaptación, validación y/o la incorporación de tecnologías relacionadas con la previsión de impactos del cambio climático. El "Estudio sobre impacto, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en el sector silvoagropecuario en dos zonas agroclimáticas de Chile" (FIA-Inia, 2009) fue ejecutado por el Centro Regional de Investigación Quilamapu del Inia y co-ejecutado por la Facultad de Agronomía de la Universidad de Concepción. El Centro de Agricultura y Medio Ambiente (Agrimed) de la Universidad de Chile también tuvo una importante participación en la generación de información productiva y climática relevante.

El estudio está basado en la proyección económica de impactos productivos en rubros de interés en dos zonas agroclimáticas de vocación exportadora y ganado/cultivo, respectivamente, en un escenario A2 para los años 2020 y 2040 y focalizado en la pequeña y mediana explotación agrícola.

Las zonas estudiadas son la zona agroclimática valle regado centro y la zona agroclimática precordillera centro sur. Comprenden territorio de vocación agrícola e importante población de agricultura familiar campesina en las regiones de O'Higgins y Biobío. La zona valle regado centro se seleccionó, entre otros aspectos, por su agricultura de vocación frutícola y exportadora, en cambio, Precordillera Centro Sur, posee una vocación agrícola de cultivos y ganado. Estas zonas poseen clima mediterráneo temperado-agroclima Rengo y mediterráneo temperado-agroclima precordillera baja, respectivamente.



**Figura 26.** Región del Libertador Bernardo O'Higgins. Zona agroclimática valle regado centro

Nota: en contorno línea roja gruesa, comunas incluidas en esta zona y, achurada, superficie comunal que no forma parte de la zona estudiada



**Figura 27.** Región del Biobío. Zona agroclimática precordillera centro sur

Nota: en contorno línea roja gruesa, comunas incluidas en esta zona y, achurada, superficie comunal que no forman parte de la región estudiada

### *Impactos sobre productividad*

Respecto a la productividad, se determinó que en la zona agroclimática valle regado centro, los cultivos anuales bajo condición de riego artificial presentarán caídas futuras moderadas de rendimiento, pero, en general, se mantendrán con productividades del mismo orden actual. Sin embargo, maíz y trigo, debieran adelantar la época óptima de siembra para mantener este nivel, transformándose trigo en un cultivo invernal. Por su parte, dado que la papa experimentará caída de rendimiento e incremento de su requerimiento hídrico, con seguridad tendrá dificultades de permanencia como alternativa para la zona. La tendencia general esperada en las especies frutales, de acuerdo a otros estudios, es a disminuir su rendimiento fundamentalmente en el escenario A2 a 2040. En arándano y manzano, preocupantemente, caería el rendimiento a 40% a 50% del actual, en el escenario A2 a 2040. En cambio, cerezo y frambuesa bajan moderadamente su producción futura. Vides para mesa y vinificación presentan un comportamiento relativamente similar y estable en el tiempo. Las plantaciones forestales experimentarían un deterioro de su rendimiento futuro lo que corroboraría el desplazamiento de los lugares óptimos hacia el centro sur y sur del país. Por su parte, las praderas mantendrán estable su productividad.

Respecto a la productividad de la zona agroclimática precordillera centro sur, cabe señalar que maíz y papa, cultivos regados, aumentarán sus rendimientos, pero deberían adelantar la época de siembra. El trigo en riego mantendrá estable su productividad y, en seco, aumentará en torno a un 20% su potencial de rendimiento, pero deberá cambiar hacia variedades de hábito invernal. En los frutales de esta zona no hay tendencia general en cambio de productividad futura, aunque sí se observa un fenómeno de elevación de rendimientos hacia el escenario A2 a 2020, que se atenúa en el escenario A2 a 2040, pero siempre superando el actual. Arándano disminuirá moderadamente su rendimiento hacia el escenario A2 a 2040, algo similar ocurriría en cerezo, frambuesa y manzano, aunque las magnitudes de los cambios divergen. Ciruelo aumentará su productividad, al igual que vid mesa, lo que generará un desafío importante para el rubro dada su poca relevancia actual en esta zona. Los requerimientos hídricos de todas las especies frutales de interés se incrementarán fuertemente, independientes de que el rendimiento de fruta aumente o disminuya. Por su parte, las plantaciones forestales verán aumentada levemente su productividad o ésta

se mantendrá estable, corroborándose la buena aptitud forestal de esta zona. Por su parte, las praderas presentarán un comportamiento futuro estable, con leve aumento en alfalfa, pero su requerimiento hídrico se incrementará notablemente, lo que plantea desafíos al rubro.

### *Impactos económicos*

En términos de impacto económico, éste resultó ser más relevante y negativo en la zona agroclimática valle regado centro, fundamentalmente en el escenario más lejano, A2 en 2040. Así, los rubros que evidencian mayor deterioro económico en los escenarios A2 en 2020 y A2 en 2040 son las especies frutales. Sin embargo, cabe destacar que en cerezo, arándano y frambuesa en la precordillera centro sur, el impacto económico es positivo. Por su parte, las praderas no muestran impacto significativo, conservando un comportamiento económico estable hacia los escenarios A2 en 2020 y A2 en 2040, especialmente en precordillera centro sur. Trébol blanco pudiera ser interesante como alternativa de riego en el valle regado centro. En rubros forestales, el pino radiata se mantendría como buena alternativa para ambas zonas con la debida atención de no ocupar suelos agrícolas. Eucalipto económicamente decrece en interés hacia los escenarios A2 en 2020 y A2 en 2040 en valle regado centro, en precordillera centro sur, podría consolidarse. El impacto para el escenario A2 en 2020 en valle regado centro es de una pérdida superior a los \$ 4.700 millones, de esta cifra los frutales representan \$ 4.200 millones y los cultivos anuales \$ 560 millones de pérdida. En A2 en 2040 el impacto negativo es mayor aún (\$ 26.000 millones). Por su parte el impacto en precordillera centro sur para A2 en 2020 es positivo en \$ 11.000 millones, con aporte fuerte de cultivos anuales como trigo. Para el escenario A2 en 2040 el impacto aumenta a \$ 13.000 millones. Existen rubros como frambuesa, arándano, cerezo y manzano que necesariamente deberán ser materia de mayor preocupación y análisis sectorial, pues los resultados de productividad simulada y de margen económico indican caídas significativas del negocio, ya en el escenario A2 en 2020. Medidas de adaptación sólo de estricto orden agronómico y de riego pueden no compensar el deterioro del rubro.

### *Medidas de adaptación*

Las medidas de adaptación propuestas con recomendación alta en el estudio tienen relación con el uso y cambio de variedades; mejoramiento y adecuación del riego actual; cambios de sistema de riego; manejo sustentable

del recurso agua en el suelo; plantación de árboles; incremento de la disponibilidad de agua; fertilización más eficiente y eficaz; elaboración y aplicación de compostaje; uso e incorporación de residuos agrícolas; uso (no quema) de fuego, manejo rebaño-riego-praderas e infraestructura ganadera.

En términos más concretos, en valle regado centro en cultivos, las adaptaciones prediales de corto plazo valorizables en forma “inmediata” dicen relación mayoritariamente con recursos hídricos, temperatura y fertilidad de los suelos; en frutales mayores y menores con recursos hí-

dricos; en vides con recursos hídricos, temperatura y con fertilidad; en praderas con recursos hídricos, misma cosa que en plantaciones forestales. En la precordillera centro sur se mantienen en términos generales las tendencias de tipo de adaptaciones prediales de corto plazo valorizables en forma “inmediata”. Pero en el caso de los cultivos y praderas, existe mayor dispersión de medidas según la especie vegetal.

Las tablas 12 a la 18 resumen la principal información del estudio respecto a medidas de adaptación específicas.

**TABLA 12.** Medidas de adaptación predial relacionadas con la categoría “Recursos hídricos y temperatura” en los rubros cultivos y forestal

<p><b>Variedades</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ajuste y/o cambio época de siembra.</li> <li>• Incorporación de variedad certificada y/o cultivar adecuado.</li> <li>• Cambio a variedad certificada y/o cultivar adecuado.</li> </ul>
<p><b>Riego actual</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluación técnico/económica de la eficiencia actual del sistema de riego y diseño de mejorías.</li> <li>• Implementación de mejoría en el sistema de riego actual.</li> <li>• Mantenimiento del sistema de riego mejorado.</li> </ul>
<p><b>Cambio sistema riego</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elección y diseño de un método de riego más eficiente.</li> <li>• Implementación del método de riego.</li> </ul>
<p><b>Manejo sustentable del recurso agua en el suelo</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Agregar labores de labranza primaria.</li> <li>• Disminuir labores de labranza primaria.</li> <li>• Labores y/o aplicaciones que generen más adecuado y oportuno control de malezas.</li> <li>• Implementación de monitoreo de la humedad del suelo.</li> <li>• Incorporación al perfil de residuos prediales.</li> <li>• Implementación de precultivos, cultivos entre hileras y abonos verdes.</li> </ul>
<p><b>Plantación de árboles</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementación de nuevas técnicas de plantación para mayor conservación de humedad del suelo.</li> <li>• Adecuación fecha de plantación.</li> <li>• Uso de plántulas resistentes a sequía (adquisición).</li> </ul>
<p><b>Disponibilidad de agua</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Limpieza de canales matrices prediales.</li> <li>• Obra civil de aumento de la capacidad de acumulación.</li> <li>• Estudio y diseño de nuevo acumulador.</li> <li>• Construcción de nuevo acumulador.</li> <li>• Mantenimiento de acumuladores.</li> <li>• Revestimiento de canales prediales.</li> <li>• Incorporación de otras obras civiles y equipos de acumulación.</li> </ul>

Fuente: FIA-Inia, 2009

**TABLA 13.** Medidas de adaptación relacionadas con la categoría “Fertilidad de suelos” en los rubros cultivos y forestal

<p><b>Fertilización</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Contratación de servicio de análisis de suelos.</li> <li>• Contratación de servicio de análisis foliar.</li> <li>• Adquisición de mayor cantidad de fertilizante(s) priorizado.</li> <li>• Menor cantidad de fertilizante(s) adquirido.</li> <li>• Aplicación de campo de fertilizante(s) adicional.</li> </ul>
<p><b>Compostaje</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prácticas de elaboración de compost.</li> <li>• Servicio de evaluación nutricional de compost.</li> <li>• Aplicación e incorporación del compost en terreno.</li> </ul>

Fuente: FIA-Inia, 2009

**TABLA 14.** Medidas de adaptación predial relacionadas con la categoría “Recuperación y conservación de suelo” en los rubros cultivos y forestal

<p><b>Residuos agrícolas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prácticas de incorporación de residuos.</li> <li>• Prácticas de colecta de residuos intra y extra predial.</li> <li>• Aplicación de fertilizaciones estratégicas para equilibrar relaciones de elementos (C/N).</li> </ul>
<p><b>Fuego</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaboración y/o mantención de corta fuegos (rastraje).</li> <li>• Control de pastizales (rastra, rana, etc.).</li> <li>• Eliminación del material generado en los raleos y podas.</li> </ul>

Fuente: FIA-Inia, 2009

**TABLA 15.** Medidas de adaptación predial relacionadas con la categoría “Recursos hídricos y temperatura” en los rubros frutales

<p><b>Variedades</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ajuste y/o cambio época de de siembra.</li> <li>• Incorporación de variedad certificada y/o cultivar adecuado.</li> <li>• Cambio a variedad certificada y/o cultivar adecuado.</li> </ul>
<p><b>Riego actual</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluación técnico/económica de la eficiencia actual del sistema de riego y diseño de mejoras.</li> <li>• Implementación de mejoría en el sistema de riego actual.</li> <li>• Mantención del sistema de riego mejorado.</li> </ul>
<p><b>Cambio sistema riego</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elección y diseño de un método de riego más eficiente.</li> <li>• Implementación del método de riego seleccionado.</li> </ul>



**Manejo sustentable del recurso agua en el suelo**

- Agregar labores de labranza primaria.
- Disminuir labores de labranza primaria.
- Labores y/o aplicaciones que generen más adecuado y control de malezas oportuno.
- Implementación de monitoreo de la humedad del suelo.
- Incorporación al perfil de residuos prediales.
- Implementación de precultivos, cultivos entre hileras, abonos verdes.

**Plantación árboles**

- Implementación de nuevas técnicas de plantación para mayor conservación de humedad del suelo.
- Adecuación fecha de plantación.
- Uso de plántulas resistentes a sequía (adquisición).

**Disponibilidad de agua**

- Limpieza de canales matrices prediales.
- Obra civil de aumento de la capacidad de acumulación.
- Estudio y diseño de nuevo acumulador.
- Construcción de nuevo acumulador.
- Mantenimiento de acumuladores.
- Revestimiento de canales prediales.
- Incorporación de otras obras civiles y equipos de acumulación.

Fuente: FIA-Inia, 2009

**TABLA 16.** Medidas de adaptación predial relacionadas con la categoría “Fertilidad de suelos” en los rubros frutales**Fertilización**

- Contratación de servicio de análisis de suelos.
- Contratación de servicio de análisis foliar.
- Adquisición de mayor cantidad de fertilizante(s) priorizado.
- Menor cantidad de fertilizante(s) adquirido.
- Aplicación de campo de fertilizante(s) adicional.

**Compostaje**

- Prácticas de elaboración de compost.
- Servicio de evaluación nutricional de compost.
- Aplicación e incorporación del compost en terreno.

Fuente: FIA-Inia, 2009

**TABLA 17.** Medidas de adaptación predial relacionadas con la categoría “Recuperación y conservación de suelos” en los rubros frutales**Residuos agrícolas**

- Prácticas de incorporación de residuos.
- Prácticas de colecta de residuos intra y extra predial.
- Aplicación de fertilizaciones estratégicas para equilibrar relaciones de elementos (C/N).

**Fuego**

- Elaboración y/o mantenimiento de corta fuegos (rastraje).
- Control de pastizales (rastra, rana, etc.).
- Eliminación del material generado en los raleos y podas.

Fuente: FIA-Inia, 2009

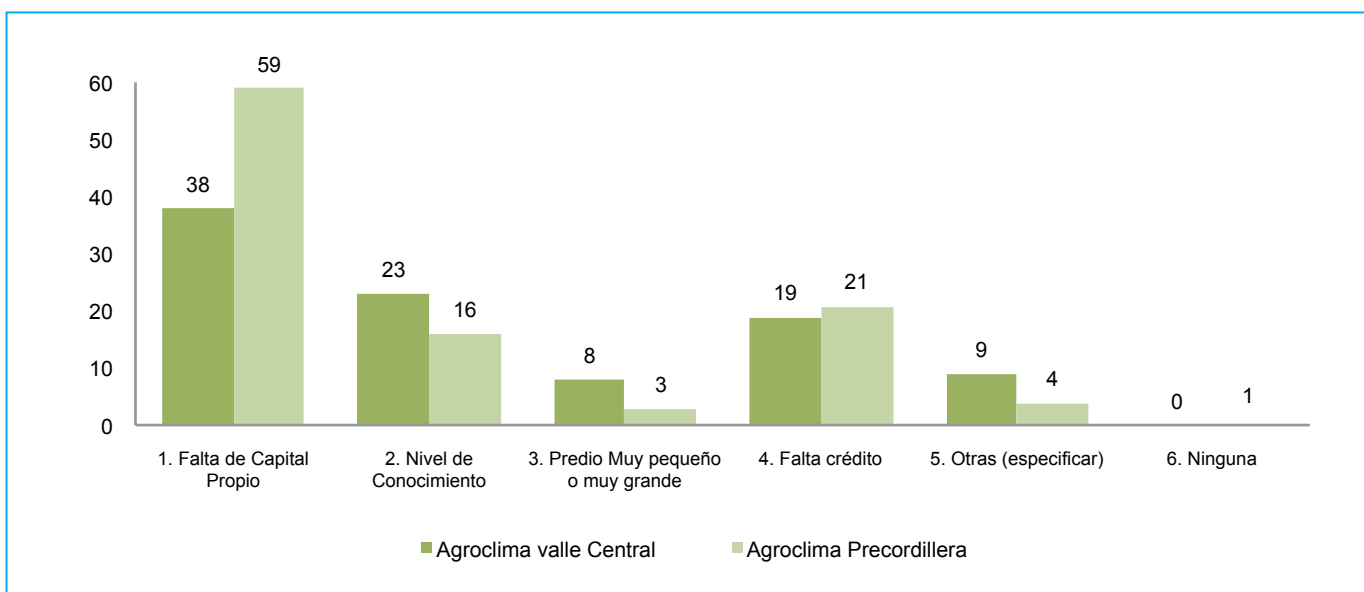
**TABLA 18.** Medidas de adaptación relacionadas con la categoría “Ganadería bovina” en los rubros leche y carne

<p><b>Manejo rebaño, riego y praderas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Contratación de servicio de análisis de suelos.</li> <li>• Adquisición de mayor cantidad de fertilizante(s) priorizado.</li> <li>• Menor cantidad de fertilizante(s) adquirido.</li> <li>• Estudio, diseño e implementación de mejoras en la eficiencia del sistema de riego actual.</li> <li>• Estudio, diseño, selección e implementación de nuevo sistema de riego.</li> <li>• Ajustes en la utilización con animales o colecta de forraje de las praderas.</li> <li>• Adquisición, diseño y colocación de cerco eléctrico.</li> <li>• Mejoramiento de praderas permanentes.</li> <li>• Cambio de variedades forrajeras permanentes.</li> <li>• Incorporación de forrajeras suplementarias.</li> <li>• Cambio de especies forrajeras permanentes.</li> <li>• Cambio en el manejo de alimentación y suplementación animal (+ o – costo).</li> <li>• Cambio en el manejo reproductivo y sanitario (+ o – costo).</li> <li>• Cambio de raza animal (importación e hibridación).</li> </ul>
<p><b>Infraestructura</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Adecuación y/o ampliación de infraestructura (conservación forrajes, bodega, agua de bebida, reparos, sombras, maternidad, otras).</li> <li>• Servicios en conservación de forrajes.</li> <li>• Implementación progresiva de infraestructura, equipamientos y prácticas de manejo de purines y residuos.</li> </ul>

Fuente: FIA-Inia, 2009

En este estudio se determinó que las adaptaciones que generan mayor sensación de riesgo o temor en los agricultores son los créditos bancarios, el cambio de especies o rubros, cambio de rotaciones, aumento de la mecanización, cambio de raza animal o ajustes en la superficie anual de cultivos. Contrariamente, la capacitación; la adopción de nuevas formas de comercialización; el cambio de variedades en el manejo, en el sistema de riego,

en la infraestructura de captación y colecta de agua, son adaptaciones consideradas menos riesgosas. También se observó relación entre adaptación, riesgo de adopción y vulnerabilidad. Así, productores que se perciben más vulnerables económicamente asumirían menos riesgos de adopción. Luego, no es tan claro que quienes más vulnerables sean frente al cambio climático, más dispuestos estarían a adaptarse.



**Figura 28.** Encuesta sobre los principales problemas que tendría un propietario predial para adaptarse a las variaciones del clima  
Fuente: FIA-Inia, 2009

### *Costos de adaptación*

Como se indicó, el estudio también aproximó cifras de impacto de las adaptaciones y generó propuestas respecto a su implementación. Las principales son:

- En el escenario A2 en 2020, tanto en valle regado centro como en precordillera centro sur, el impacto de las principales adaptaciones es negativo. En cambio, en el escenario A2 en 2040, el impacto es positivo en \$ 9.500 millones en valle regado centro dado que, principalmente, los frutales generan mejor margen con adaptación y, en \$ 1.300 millones en precordillera centro sur, también debido a los frutales.
- Como estrategia general, las decisiones de adaptación debiesen ser tomadas prontamente, pero con visión de futuro respecto a las inversiones. Sin embargo, no todas las medidas justificarían económicamente su implementación, incluso, algunos subsectores parecieran no reunir condiciones para ello. En valle regado centro en el escenario A2 2020, los cultivos serían menos rentables con la implementación de adaptaciones, pero el cultivo de manzano, cerezo, ciruelo, arándano y frambuesa incrementaría su margen de utilidad si se adoptaran medidas de adaptación. Praderas; sin embargo, no soportaría económicamente adaptaciones. La misma situación ocurre en las plantaciones forestales. También en valle regado centro, en el escenario A2 en 2040 los frutales mejoran con la implementación de adaptaciones, debido a que los rendimientos y márgenes sin adaptación caen dramáticamente y responden mejor a las adaptaciones para recuperar rendimiento. En precordillera centro sur, en el escenario A2 en 2020, los márgenes de cultivos anuales con adaptación son menores que los sin adaptación. La misma situación acontece en frutales, aunque en ciruelo, frambuesa y vid mesa una buena respuesta productiva de las adaptaciones podría justificar su implementación. Praderas y plantaciones forestales no soportan el costo de implementar adaptaciones. En el escenario A2 en 2040 en cultivos anuales podrían implementarse adaptaciones siempre que las respuestas productivas sean elevadas. Manzano, cerezo, arándano y frambuesa tienen una respuesta neta favorable a la adaptación. Ciruelo y vid mesa están en una situación neutra.
- El estudio propone para valle regado centro, implementar medidas de adaptación en manzano, cerezo, ciruelo, arándano, frambuesa y vid mesa, pues el margen generado con las adaptaciones supera al obtenido sin adaptaciones. En vides para vino la adaptación es condicional

a la obtención o recuperación de altos rendimientos y a variables de precio. Lo anterior, podría permitir la permanencia de estos rubros en forma económicamente atractiva, dando espacio al análisis de eventuales decisiones futuras de desplazamiento de huertos a sectores ubicados al sur del país. Para alfalfa, trébol blanco/ballica y pradera natural no se debieran incorporar adaptaciones explícitas, lo mismo se propone para plantaciones forestales. Por su parte, se plantea para precordillera centro sur que la implementación de adaptaciones en maíz, papa y trigo de riego es condicional a alta respuesta de rendimiento y precio. En el trigo seco se justifica sólo el ajuste de variedades. En frutales se propone implementación de adaptaciones en manzano, cerezo, arándano y frambuesa. Para praderas y plantaciones forestales tampoco se debieran implementar medidas de adaptación a propósito del cambio climático, pues no generan mayor margen que sin adaptaciones.

- A modo orientativo para políticas e instrumentos, el costo anual promedio que representaría a nivel predial las medidas de adaptación que económicamente justifican su implementación corresponde a \$ 6.625 millones (US\$ 12.5 millones) en la zona valle regado centro y \$ 3.500 millones (US\$ 6.6 millones) en la zona precordillera centro sur.

### *Propuesta de políticas de apoyo a la adaptación*

Finalmente, el estudio profundizó respecto a propuestas generales de mejoramiento de políticas e instrumentos de fomento. El tema se analizó desde las perspectivas: institucionalidad y políticas, investigación, capacitación y educación, e instrumentos de apoyo y fomento.

Aspectos relevantes de la institucionalidad y políticas dicen relación con que no debiera focalizarse esfuerzos en redefiniciones conceptuales e instancias consultivas o técnicas existentes, sino en potenciar la eficacia de la coordinación de organismos y acciones; dotar de coherencia nacional a las decisiones e iniciativas de los grandes sectores de la economía nacional relacionados con el cambio climático; delimitar las jerarquías y responsabilidades institucionales; evaluar y mensurar permanentemente los aspectos de financiamiento y establecer, mediante un decreto ley, el financiamiento suficiente para la operatividad de instancias claves. Debe tenerse en cuenta que las estrategias de aplicación de políticas y normativas actuales y por generar, dado que en definitiva su objetivo es que tengan impacto a nivel local o predial, deben ser imple-

mentadas considerando expresamente la zona agroclimática objetivo, el sistema productivo dominante, el tipo y características de cada productor y la asociatividad de los productores.

Respecto a los instrumentos de apoyo y fomento, se estableció que la totalidad tuvieron su génesis por motivos distintos al cambio climático, ello no implica que no sean pertinentes para apoyar medidas de adaptación o disminución de la vulnerabilidad. Paralelamente y, tal como en la aplicación de estrategias y políticas, los instrumentos de fomento deben, también, ser implementados considerando expresamente la zona agroclimática objetivo, el sistema productivo dominante, el tipo y características de cada productor y la asociatividad de los productores.

Respecto a los instrumentos de fomento en ejecución por parte de diversas organizaciones públicas estudiadas, se proponen algunos que se consideran de alta pertinencia con la adaptación al cambio climático y que pudieran ajustarse, flexibilizarse o adecuarse.

#### 4.5 BIODIVERSIDAD

El Instituto de Ecología y Biodiversidad (IEB) desarrolló en 2010 el estudio "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", financiado por CONAMA, que analizó la vulnerabilidad de la biodiversidad de Chile en el contexto del cambio climático a través de la comparación entre la distribución actual de las especies y ecosistemas en relación con la distribución esperada en un escenario de cambio climático (ver sección 3.6 del presente capítulo).

El estudio también entrega valiosa información para comenzar a esbozar eventuales medidas de adaptación al cambio climático desde la perspectiva de la biodiversidad. Estas recomendaciones incluyen:

##### *Fortalecer la red de áreas protegidas*

El Estado de Chile ha hecho inversiones sustanciales en el interés de asegurar la integridad del patrimonio nacional en biodiversidad. Esta política se ve reflejada en su extenso Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (Snaspe) que - en conjunto con iniciativas privadas y áreas de conservación consagradas en convenios internacionales y restricciones de uso del suelo - ha cubierto alrededor de un 20% de la superficie continental del país. Sin embargo, aún cuando este porcentaje es significativo en

el contexto internacional, su distribución está fuertemente sesgada a los extremos norte y sur, que serán altamente impactados por el cambio climático proyectándose un gran dinamismo en sus especies y ecosistemas.

##### *Instaurar un programa de monitoreo de especies, hábitats y funciones de ecosistemas críticas*

Adicionalmente a instaurar una red nacional de monitoreo del cambio global, se hace necesario monitorear especies y hábitats que se proyecta tendrán profundos cambios en sus distribuciones.

##### *Darle continuidad a la evaluación del efecto del cambio climático sobre la biodiversidad*

La evaluación de la respuesta de especies, ecosistemas y hábitats críticos para la biodiversidad es altamente dependiente de la disponibilidad de datos y de las aproximaciones metodológicas usadas. En este sentido, es importante reactualizar la presente evaluación a la luz de nuevos datos, los que deberían incluir las proyecciones de consenso que existen para Chile.

##### *Generar o fortalecer los mecanismos institucionales que permitan hacer frente a los desafíos que implica el cambio climático para la biodiversidad, en el contexto del cambio global inducido por los seres humanos*

Los desafíos que impone el cambio climático son por naturaleza interdisciplinarios y requieren de la participación de una amplia gama de disciplinas científicas, además de las instituciones públicas involucradas, a través de un ente coordinado y descentralizado, capaz de tomar decisiones rápidas e informadas.

#### 4.6 OTROS SECTORES

Durante 2011, se desarrolló un seminario organizado en conjunto por el Ministerio del Medio Ambiente y la Subsecretaría de Pesca, con el objetivo de impulsar el desarrollo de las acciones establecidas en el PANCC para el sector, difundir y revisar el estado del arte del cambio climático y sus impactos en el sector pesca, acuicultura y biodiversidad de ecosistemas marinos, tanto a nivel nacional como internacional; detectar necesidades de estudios e investigación para generar la información necesaria para establecer los mecanismos de adaptación que requiere el país y establecer coordinaciones entre los actores relevantes.

En el sector salud, en tanto, durante 2010 se inició la recopilación de información respecto a los efectos del cambio climático y de las acciones que se han tomado en otros países, con el objetivo de esbozar una propuesta inicial de plan sectorial de adaptación. Asimismo, se ha trabajado con organizaciones de la sociedad civil, como la Cruz Roja Chilena, para apoyar la elaboración de este plan.

# B I B L I O G R A F I A

Aceituno, P. (1992). *Anomalías de precipitación en Chile central relacionadas con la Oscilación del Sur: Mecanismos Asociados*. Paleo ENSO Records, p. 1 - 5.

AGRIMED. (2008). *“Impactos productivos en el sector silvoagropecuario de Chile frente a escenarios de cambio climático”, Análisis de vulnerabilidad del sector silvoagropecuario, recursos hídricos y edáficos de Chile frente a escenarios de cambio climático*. Santiago de Chile.

Alduce, P. y González, P. (2009). *Desastres Asociados al Clima en la Agricultura y Medio Rural en Chile*, Santiago, Chile.

BID-UN. (2007). *“Información para la Gestión de Riesgo de Desastres Estudio de Caso de Cinco Países: Chile”*.

Carrasco, J., Casassa, G. y Quintana, J. (2005). *Changes of the 0°C isotherm in central Chile during the last Quarter of the XXth century*. *Hydrological Science Journal*, 50 (6) 933-948.

Carrasco, J., Osorio, R. y Casassa, G. (2008). *Secular Trend of the Equilibrium Line Altitude in the Western Side of the Southern Andes Derived from Radiosonde and Surface Observations*, pp. 1-21, 54, 538-550.

Centro EULA de la U. de Concepción. (2001). *Evaluación de la Vulnerabilidad y Adaptación en Zonas Costeras y Recursos Pesqueros*.

CEPAL. (2009). *La Economía del Cambio Climático en Chile. Síntesis*. CEPAL, Colección Documentos de Proyectos. Santiago, Chile.

COCHILCO. (2010). *“Consumo de Agua en la Minería del Cobre 2009”*.

CONAMA. (2008). *Plan de Acción Nacional de Cambio Climático, 2008-2012*.

Conde, C. (2003). *Cambio y Variabilidad Climática. Dos estudios de Caso en México*. Tesis Doctoral. Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM, México, pp. 1 – 23.

DGA Unidad de Glaciología y Nieves. (2009), *Presentación Gonzalo Barcaza en seminario “Vulnerabilidad, Adaptación y Mitigación para el Cambio Climático en Chile”*.

Ecosecutities y CCG-UC. (2010). *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*.

Falvey, M., y Garreaud, R. (2009). *“Regional cooling in a warming world: Recent temperature trends in the southeast Pacific and along the west coast of subtropical South America (1979–2006)”*, *J. Geophysical Research*, 114.

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

ICOUV. (2010). *"Efectos del Cambio Climático en las costas de Chile"*.

IEB, CASEB, CCG-UC – CONAMA. (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*. Santiago, Chile.

INE. (1996). *VI Censo Nacional Agropecuario y Forestal*.

INE. (2007). *VII Censo Nacional Agropecuario y Forestal*.

INIA. (2010). Información extraída del portal virtual: <http://www.inia.cl/medios/quilamapu/pdf/bioleche/bioleche22n4a2.pdf>.

IPCC. (2000). *Special Report on Emissions Scenarios*. Cambridge University Press, Cambridge.

IPCC. (2001). *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report*, Cambridge University Press, Cambridge, p. 1032.

IPCC. (2007). *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor y H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge. United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 996.

Jones, R.G., Noguer, M., Hassell, D.C., Hudson, D., Wilson, S.S., Jenkis, G.K. y Mitchell, J.F.B. (2004). *Generating high resolution climate change scenarios using PRECIS*. Met Office Hadley Center, Exeter, UK. p. 40.

Kane, R.P. (1999). *Timings and rainfall extremes in India*. *International Journal of Climatology*, pp. 672, 653 - 672.

Moy, C.M., Seltzer, G.O., Rodbell, D.T. y Anderson, D.M. (2002). *Variability of El Niño/Southern Oscillation activity at millennial timescales during the Holocene epoch*, *Nature* 420: 162-165.

Neira, E., Verscheure, H. y Revenga, C. (2002). *Chiles Frontier Forest: Conserving a Global Treasure*. *World Resources Institute, Comité Nacional Pro Defensa de la Fauna y Flora*, Universidad Austral de Chile.

Ohmura, A. (2006). *Changes in mountain glaciers and ice caps during the 20th century*. *Annals of Glaciology*, 43(1), pp. 361-368.

Parmesan, C. (2006). *Ecological and Evolutionary Responses to Recent Climate Change*. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 37(1), pp. 637-669.

- Pittock, A. B. (1980). *Patterns of climatic variation in Argentina and Chile*. Part I: Precipitation, 1931–1960. *Mon. Wea. Rev.*, 108: 1347–1361.
- P. Universidad Católica de Chile, Departamento de Economía Agraria. (2010). *Estimación del impacto socioeconómico del cambio climático*. Estudio encargado por ODEPA, Ministerio de Agricultura, Santiago, Chile.
- Quinn, W. y Neal, V. (1983). *Long-term variations in the Southern Oscillation, El Niño and the Chilean subtropical rainfall*. *Fish. Bull.*, 81: 363–374.
- Quintana, J. y Aceituno, P. (2006). “Trends and interdecadal variability of rainfall in Chile”, *Proceedings of 8 ICSHMO*, Foz do Iguacu, Brasil, 24-28 de abril, INPE.
- Rivera, A., Casassa, G., Acuña, G. y Lange, H. (2000). *Variaciones recientes de glaciares e Chile*, *Invest. Geogr.*, Chile, pp. 34, 29-60.
- Rivera, A., Benham, T., Casassa, G., Bamber, J. y Dowdeswell, J. (2007). *Ice elevation and areal changes of glaciers from the Northern Patagonia Icefield, Chile*. *Global and Planetary Change*, 59(1-4), pp. 126-137.
- Rosenblüth, B., Fuenzalida, H.A. y Aceituno, P. (1997). *Recent Temperature Variations in Southern South America*. *International Journal of Climatology*, 17(1), pp. 67-85.
- Rubin, M. J. (1955). *An analysis of pressure anomalies in the Southern Hemisphere*. *Notos*, 4: 11–16.
- Timmerman, A., Oberhuber, J., Bacher, A., Esch, M., Latif, M. y Roeckner, E. (1999). *Increased El Niño frequency in a climate model forced by future greenhouse warming*. *Nature* 398: 694-697.
- Trenberth, K.E. y Hoar, T.J. (1997). *El Niño and climate change*, *Geophysical Research Letters*, 24 (23): 3057-3060.
- U. de Chile/Depto.Ingeniería Civil. (2010). *Análisis de vulnerabilidad de recursos hídricos frente a escenarios de cambio climático para las cuencas Cautín, Aconcagua, Teno e Illapel*.
- U. de Chile/Depto.Geofísica. (2006). *Estudio de la variabilidad climática en Chile para el siglo XXI*.
- Vicuña, S., Garreaud, R. y McPhee, J. (2010). “Climate change impacts on the hydrology of a snowmelt driven basin in semiarid Chile”, *Climatic Change*.





# CAPÍTULO 4

Mitigación de Gases de Efecto Invernadero



■ FOTO: XSTRATA COPPER



## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 LA MITIGACIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN EL PAÍS

Chile suscribe la necesidad de la estabilización global de las concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático, reduciendo las emisiones totales, protegiendo y mejorando los sumideros y depósitos de gases de efecto invernadero, a través de medidas apropiadas de mitigación. El marco bajo el cual el país contribuye a los esfuerzos internacionales se fundamenta en el principio de las responsabilidades comunes pero diferenciadas, buscando tanto cooperar con el objetivo de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) como materializar los potenciales cobeneficios ambientales y sociales para el país.

El Panel Intergubernamental en Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) en su 4to Reporte de Evaluación, Box 13.7 del volumen de mitigación del cambio climático, entrega información relevante para que los países signatarios de la Convención puedan considerar cómo aplicar el principio de las responsabilidades comunes pero diferenciadas en sus acciones de mitigación. Así, la posibilidad de lograr un escenario de estabilización de 450 ppm CO<sub>2</sub>eq implica la adopción de compromisos diferenciados de las Partes, es decir, reducciones absolutas de emisiones para los países que aparecen listados en el Anexo I de la CMNUCC y desviaciones substanciales en las tasas de crecimiento de las emisiones esperadas para los países No Anexo I, que es el caso de Chile, las cuales deberían materializarse a partir del año 2020.

El nivel de emisiones de Chile es bajo en relación al volumen global, participando con el 0,2% de las emisiones mundiales, valor que se ha mantenido relativamente constante de acuerdo a las estadísticas que lleva la Agencia internacional de Energía (IEA) y el Instituto de Recursos Mundiales (WRI), sin embargo, se debe destacar que las emisiones tanto del país como globales van en aumento.

En este capítulo se presentan iniciativas que el país puede implementar a efectos de contribuir al desafío de reducir la tasa de crecimiento de sus emisiones, así como aquellas acciones que se han llevado a cabo de manera temprana para alcanzar este objetivo y continuar incrementando la sustentabilidad en el desarrollo del país.

### 1.2 EJE DE MITIGACIÓN EN EL PLAN DE ACCIÓN NACIONAL EN CAMBIO CLIMÁTICO

En diciembre de 2008, el Gobierno de Chile aprobó su Plan de Acción Nacional en Cambio Climático, estableciendo como uno de sus tres ejes principales el de Mitigación de sus Emisiones. El lineamiento general asociado a este eje busca “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”.

Como parte de este eje, se recomienda identificar el potencial de mitigación país de los GEI que contribuya a limitar su crecimiento, concentrando esfuerzos en los sectores que representan los mayores valores de emisiones o capturas. Estos sectores comprenden: generación de energía,

transporte, minería y la actividad silvoagropecuaria. Los detalles de la participación de estos sectores se presentan en el capítulo que describe el inventario de emisiones de GEI en esta comunicación nacional.

Chile ha realizado durante el periodo que cubre esta Segunda Comunicación Nacional, un conjunto de tareas en materia de mitigación de sus emisiones, iniciativas cuyo impacto se verificará en el mediano y largo plazo. Estas acciones tempranas de mitigación, constituyen un aporte pionero del país, que va más allá de los compromisos establecidos en la Convención para los países no-anexo I, pero que a su vez confirman el compromiso nacional con la tarea de contribuir a los objetivos centrales de la Convención.

Dentro del plan de acción, las líneas que se identifican como prioritarias en mitigación de las emisiones de GEI son las siguientes:

- Actualización de los inventarios de emisiones.
- Evaluación del potencial de mitigación-país de gases de efecto invernadero.
- Generación de escenarios de mitigación.
- Formulación del plan nacional de mitigación de emisiones de GEI y de planes sectoriales correspondientes.

Durante los últimos 10 años, se han implementado distintas medidas destinadas a dar cumplimiento a los objetivos definidos en el plan de acción, las cuales se detallan en este capítulo.

### 1.3 CHILE FRENTE A LA MITIGACIÓN

Chile reconoce que uno de los principales elementos para estabilizar las emisiones es incorporar a todos los países en un esfuerzo global y conjunto para responder adecuadamente a los desafíos del cambio climático. Sin embargo, el liderazgo lo deben asumir los países industrializados, que deben acordar objetivos claros, ambiciosos y cuantificables en la reducción de sus emisiones. Sin ellos, la comunidad internacional difícilmente llegará a emprender las acciones necesarias para abordar frontalmente el cambio climático. Si los países industrializados no asumen el liderazgo para resolver un problema que generaron y en el que tienen una responsabilidad histórica, resulta difícil que los países en desarrollo emprendan mayores acciones de mitigación.

Aunque Chile es un país con relativamente bajas emisiones a nivel mundial, reconoce que con el desarrollo de su economía en las últimas décadas, la que se espera seguirá creciendo en forma importante, sus emisiones continuarán aumentando de manera acelerada. Por esto, tiene la voluntad política para actuar y limitar su crecimiento de emisiones de gases de efecto invernadero, adoptando acciones nacionales financiadas e incrementando el nivel de mitigación en la medida que exista apoyo técnico y financiero de parte de los países Anexo I.

En esta línea, hacia el año 2020, se debiera producir un cambio realista de los actuales niveles de emisión del mundo en desarrollo, a través de la implementación de acciones nacionales apropiadas de mitigación (NAMAs, por su sigla en inglés) en el contexto de su desarrollo sustentable, las cuales deben ser sometidas a procesos de medición, reporte y verificación. Chile se hará responsable de implementar NAMAs unilaterales y NAMAs financiadas con el apoyo de los países Anexo I a través de transferencia de tecnología, financiamiento y formación de capacidad, el que también debe ser sujeto a estrictos procesos de medición, reporte y verificación.

Para nuestro país es importante ampliar el uso de mecanismos de mercado en los países desarrollados, para la limitación del crecimiento de sus emisiones. En este sentido, se debe permitir que NAMAs puedan generar créditos de carbono, tanto aquellas de carácter unilateral como las efectuadas mediante financiamiento internacional.

Chile participará activamente en la definición de las reglas que se negocian para acordar incentivos positivos referente a aspectos relativos a la reducción de las emisiones derivadas de la deforestación y la degradación forestal, incluyendo a los bosques nativos junto a los tropicales y, eventualmente, a las plantaciones. Una parte importante de nuestra mitigación podría provenir de este esquema.

Estos enfoques estratégicos seguirán siendo centrales para el país en materia de negociación internacional de cambio climático y, por tanto, se procurará que las preocupaciones nacionales en este ámbito queden reflejadas en un acuerdo legalmente vinculante de cooperación de largo plazo.

### Chile y el Acuerdo de Copenhague

- Chile se asoció al Acuerdo de Copenhague el 29 de enero de 2010.
- El 26 de agosto de 2010 Chile presentó información para inclusión en el Apéndice II del Acuerdo: *Chile will take nationally appropriate mitigation actions to achieve a 20% deviation below the "Business as Usual" emissions growth trajectory by 2020, as projected from year 2007. To accomplish this objective Chile will need a relevant level of international support. Energy efficiency, renewable energy, and Land Use and Land Use Change and Forestry measures will be the main focus of Chile's nationally appropriate mitigation actions.*

Chile considera necesario avanzar en forma decidida y con pasos concretos hacia una economía más baja en carbono, a partir del compromiso contraído con la Convención (Cuadro 1: Chile y el Acuerdo de Copenhague). Con este fin, desde el año 2010 el Gobierno se ha dedicado a trabajar en diversos instrumentos que sirvan de sustento para contar con la información apropiada para una correcta toma de decisiones en el ámbito de la mitigación. Así, el Gobierno de Chile trabajará en los próximos años en el diseño e implementación de una estrategia de mitigación de sus emisiones.

Los avances concretos que se espera tener en este sentido son:

- El fortalecimiento dirigido a la preparación de inventarios de emisiones del país, ésto a través de la implementación de una oficina nacional para el inventario de emisiones de gases de efecto invernadero (más detalles se presentan en el capítulo 6 de la presente comunicación nacional).
- La integración de diversos esfuerzos sectoriales de preparación de proyecciones de emisiones para los próximos años, de modo de contar con una línea de base nacional consensuada por el Gobierno, que permita que los ministerios puedan realizar sus ejercicios de proyecciones de emisiones en forma complementaria y con una base común.
- El levantamiento de información para que Chile pueda producir en el corto plazo NAMAs, especialmente en los sectores de la energía, uso y cambio de uso de la tierra y forestal.

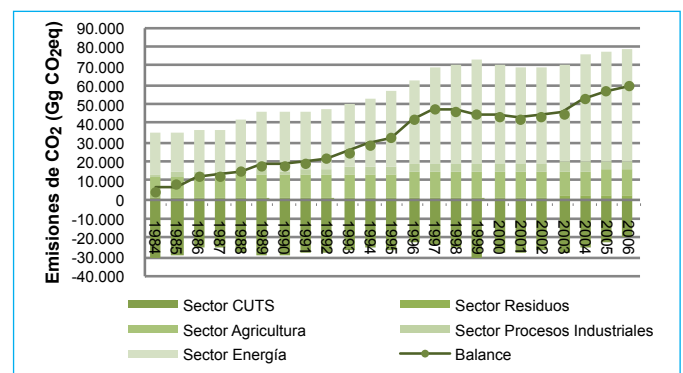
El Gobierno de Chile también espera liderar a partir de 2011 un ejercicio extendido de preparación de escenarios de mitigación de largo plazo, fundado en una metodología desarrollada en Sudáfrica previamente a la COP 15, que considera la inclusión de los diversos actores de la sociedad en la identificación de posibles opciones de acciones futuras en el ámbito climático, estimando sus costos, implicancias sociales y barreras para su implementación. Los resultados de este ejercicio, que tiene un alcance de mediano plazo, esto es, de dos a tres años, se espera que generen la mejor información posible y sirvan para tener

en cuenta en la configuración de la política pública en esta materia para el resto del presente decenio.

Por de pronto, ya existen también diversas iniciativas sectoriales lideradas por distintos ministerios que se presentan a lo largo del presente capítulo, que contienen información preliminar respecto a opciones sectoriales de mitigación en Chile. Estas iniciativas no pretenden ser aún exhaustivas en su análisis, más bien tienen en la actualidad un carácter indicativo. En torno a éstas, una de las acciones de corto plazo, será buscar una manera de priorizarlas.

### 1.4 RESULTADOS DEL INVENTARIO DE EMISIONES DE GEI E IDENTIFICACIÓN DE SECTORES EMISORES Y CAPTURADORES RELEVANTES

La Figura 1 representa la tendencia global de crecimiento del CO<sub>2</sub> equivalente (CO<sub>2</sub>eq) en el intervalo 1984-2006 para los cinco sectores del Inventario, así como el balance de emisiones y capturas, que es positivo en todo el periodo bajo análisis. Entre 1990 (año base para la CMNUCC) y 2006 (último año disponible) el aumento global de emisiones de GEI para el país fue de 232% y de 37%, si se considera la diferencia global entre los años 2000 y 2006. Si no se considera el sector de cambios en el uso de la tierra y forestal (CUTS, o LULUCF, por sus siglas en inglés) los aumentos de emisiones de GEI para el país han sido de un 68% entre 1990 y 2006 y de un 12% entre los años 2000 y 2006.



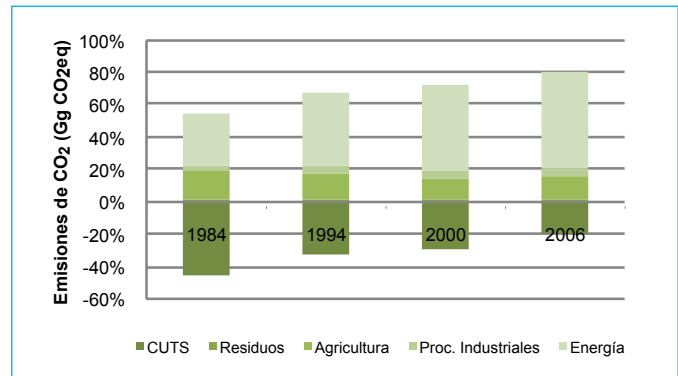
**Figura 1.** Emisiones, capturas y balance de GEI por sector, periodo 1984-2006

Fuente: Ministerio del Medio Ambiente en base a INIA (2010), Sistemas Sustentables (2010) y POCH (2008)

A nivel sectorial, se aprecia la importancia del sector CUTS en el caso de las capturas de CO<sub>2</sub> en Chile, aunque la captura neta exhibida por este sector se ha visto progresivamente reducida entre 1984 y 2006. En términos absolutos, el sector energía aporta en forma dominante y creciente a los valores de emisiones nacionales (aumento en sus emisiones de un 85% entre los años 1990 y 2006). El segundo mayor sector que es emisor neto es el de Agricultura, no obstante, ha sido el que menos ha crecido en el periodo 1990 a 2006, con un incremento del 10%. El que mayormente ha aumentado sus emisiones en el mismo periodo, es el de Residuos (142%); sin embargo, su impacto absoluto es bajo.

La Figura 2 corrobora que la principal causa del fuerte aumento de la emisión neta nacional, es el sector energía, con un 168% entre 1984 y 2006. Por su parte, los restantes sectores muestran también aumentos, aunque por sus va-

lores menores, no influyen mayormente en el balance nacional. En esta figura, queda en claro también la reducción progresiva de las capturas por CUTS.



**Figura 2.** Participación porcentual de los sectores del Ingei de Chile en las emisiones y capturas de GEI

Fuente: Ministerio del Medio Ambiente en base a INIA (2010); Sistemas Sustentables (2010); POCH (2008)



Foto: Ministerio del Medio Ambiente. Gobierno de Chile

## 2. ANÁLISIS POR SECTOR

### 2.1 SECTOR ENERGÍA

El sector energía comprende las actividades de exploración, explotación, generación, transmisión, transporte, almacenamiento, distribución, consumo, uso eficiente, importación, exportación y cualquiera otra materia que concierna a la electricidad, gas, petróleo y derivados, energía nuclear, geotérmica, solar y otras fuentes energéticas.

La política energética del país se basa en el rol normativo y regulatorio que realiza el Estado a través del Ministerio de Energía y sus instituciones dependientes y relacionadas, mientras que el sector privado es responsable de realizar las inversiones en el sector. Esta formulación implica que las definiciones de las políticas tienen una gran incidencia en la limitación del crecimiento de emisiones de gases de efecto invernadero. Entre estas definiciones centrales que ha especificado el Gobierno del Presidente Sebastián Piñera Echenique, se cuentan:

- Incrementar la disponibilidad de energía para satisfacer la demanda, que supone un crecimiento de la economía a una tasa promedio del 6% anual hasta el año 2020.
- Aumentar la seguridad del abastecimiento energético de corto, mediano y largo plazo, incentivando proyectos de generación que reduzcan los riesgos de falla, así como reforzando la logística de abastecimiento de combustibles que permita responder a eventualidades y contingencias de manera eficaz y oportuna.
- Promover el desarrollo de inversiones competitivas y sustentables.
- Aspirar a que al año 2020, el 20% de la capacidad instalada de generación eléctrica en Chile derive de energías renovables no convencionales, que constituyen recursos propios y ambientalmente sustentables en términos locales y globales.
- Profundizar la independencia energética y la participación de inversionistas privados en actividades de exploración y explotación de hidrocarburos.
- Perfeccionar la regulación vigente en materia de acceso a recursos energéticos, a efectos de incrementar las inversiones en energías renovables disponibles en el país.
- Avanzar en el desarrollo de estudios y en la consolidación de una institucionalidad que mantengan abierta la opción de desarrollo futuro de cualquier energía costo-eficiente.
- Impulsar programas de investigación en el ámbito energético y educar a las nuevas generaciones inculcándoles una conciencia de ahorro y uso eficiente de

la energía.

- Mejorar la información disponible de los recursos energéticos que tiene el país para elaborar una política de promoción de proyectos de eficiencia y ahorro energético.
- Avanzar en la certificación y establecer estándares de eficiencia energética para la construcción de viviendas, artefactos domésticos, iluminación y flotas vehiculares de transporte.

#### 2.1.1 Marco regulatorio actual con impacto en mitigación

##### *Incentivo al uso de las energías renovables no convencionales (ERNC)*

En 1982, con la promulgación de la Ley General de Servicios Eléctricos (LGSE), se crearon las bases de un sistema eléctrico de carácter competitivo, pionero a nivel internacional. Este marco normativo no realizó una distinción para las energías renovables no convencionales al establecer el principio de neutralidad tecnológica. Cabe señalar que en Chile se define como fuentes de Energías Renovables No Convencionales (ERNC) a la eólica, la pequeña hidroeléctrica (centrales hasta 20 MW), la biomasa, el biogás, la geotermia, la solar y la mareomotriz. Sin embargo, y para incorporar este criterio de diferenciación, las modificaciones de la LGSE, oficializadas en marzo de 2004 mediante la Ley 19.940, cambiaron un conjunto de aspectos del mercado de generación eléctrica que afecta a todos los medios de generación, introduciendo elementos especialmente aplicados a las ERNC. Se abre el mercado spot y se asegura el derecho a conexión a las redes de distribución a pequeñas centrales, tamaño en el que normalmente se encuentran muchas ERNC, con lo que aumentan las opciones de comercialización de la energía y potencia de dichas centrales.

Adicionalmente, se establece una exención de pago de peajes por el sistema de transmisión troncal para los proyectos que utilicen energías renovables no convencionales, con un tratamiento diferenciado entre unidades menores a 9 MW, de aquellas mayores a 9 MW y hasta 20 MW. Esta exención, junto con ser un beneficio para esas fuentes, es un reconocimiento de una externalidad positiva debido al bajo impacto sobre los sistemas de transmisión y sobre las inversiones asociadas a su ampliación.



**Ley de energías renovables no convencionales (Ley N°20.257)**

El 1 de abril de 2008 entró en vigencia la Ley N°20.257 que establece una obligación para las empresas eléctricas que operan en sistemas eléctricos con capacidad instalada superior a 200 MW, señalando que, un porcentaje de la energía comercializada por éstas provenga de fuentes con ERNC.

Esta ley y su reglamento se han traducido en señales de precio y modelos de negocio para los tomadores de decisión en el mercado eléctrico, lo cual se ha manifestado en un proceso sostenido de desarrollo de proyectos de ERNC en los sistemas eléctricos nacionales. Las principales características de la ley, que aplica sólo a los proyectos nuevos de cada empresa eléctrica que efectúe retiros de energía desde los sistemas eléctricos para comercializarla con distribuidoras o con clientes finales, son:

- Entre los años 2010 y 2014, la obligación de suministrar energía con medios renovables no convencionales será de 5%, aplicable a los contratos de suministro firmados a partir de 2007.
- A partir de 2015, este porcentaje se incrementará en 0,5% anual, hasta llegar al 10% en el año 2024.
- Este aumento progresivo se aplicará de tal manera que los retiros afectos a la obligación el año 2015, deberán cumplir con un 5,5%, los del año 2016 con un 6% y así sucesivamente, hasta alcanzar el año 2024 el 10% provisto.

**Ley de geotermia (Ley N°19.657)**

El régimen normativo de la exploración y explotación de energía geotérmica se regula por la Ley N°19.657, sobre concesiones de energía geotérmica publicada en enero de 2000 y su Reglamento, publicado en octubre del año 2004. Esta ley estableció un sistema especial para el otorgamiento de concesiones para la exploración y explotación de la energía geotérmica y, en el marco de ley durante el año 2009, se llevó a cabo la licitación y adjudicación de 16 áreas de concesión de exploración de energía geotérmica, lo que se traduce en una inversión estimada de US\$ 85 millones.

**Franquicia tributaria para sistemas solares térmicos (Ley N°20.365)**

Su principal objetivo es crear las condiciones para el desarrollo del mercado de los sistemas solares térmicos para el agua caliente sanitaria, mediante un instrumento de política fiscal que logre impulsar la demanda. Este instrumento aborda barreras que limitan el alto costo inicial de los SST, los altos periodos de recuperación de capital para las viviendas, la demanda poco significativa que dificulta el surgimiento de servicios asociados y la promoción a gran escala de la tecnología.

El beneficio tributario que establece la Ley N°20.365 entró en vigencia en agosto de 2010 y está dirigido a las empresas constructoras que incorporen en las nuevas viviendas sistemas solares, las cuales pueden acceder a descontar de sus impuestos el valor de los colectores instalados de acuerdo a una escala que depende del valor de la vivienda. Así, se busca promover el uso de esta tecnología y extender sus beneficios en casas y edificios de todo el país hasta con el 100% del costo de estos sistemas instalados para producir agua caliente sanitaria en viviendas nuevas. Esta franquicia va desde el 100% del financiamiento del sistema solar térmico (SST) para viviendas de hasta US\$87.000<sup>1</sup> aproximadamente y hasta un 20% para viviendas de hasta US\$195.000 aproximadamente.

La Ley también resguarda la calidad de los sistemas solares térmicos, pues establece la obligación de responder ante una falla durante los primeros cinco años y financiar una inspección dentro de un año de recepcionado el inmueble.

**2.1.2 Marco regulatorio para el incentivo al uso eficiente de la energía****Etiquetado de eficiencia energética**

A partir de 2008, en Chile se aplica la implementación obligatoria de un sistema de etiquetado de eficiencia energética para artefactos eléctricos y electrónicos, que comenzó con lámparas incandescentes y compactas fluorescentes, refrigeradores y congeladores, motores eléctricos de inducción, sistemas de stand by para hornos a microondas y equipos de aire acondicionado. Además, hay una serie de

<sup>1</sup> La estimación en dólares está hecha en base al precio de la Unidad de Fomento y el valor de la divisa a mediados de 2010.

artefactos eléctricos y electrónicos que serán incorporados en los próximos años. Este etiquetado se implementa a través de normas chilenas que cumplen con los requisitos de las normas internacionales ISO 15502 y de la familia IEC 60000.

En alumbrado público se ha avanzado hasta el año 2010 en la recolección de datos y en la elaboración de un reglamento de alumbrado público de vías de tráfico vehicular que incorpora criterios de eficiencia energética. La Agencia Chilena de Eficiencia Energética, en colaboración con el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) está realizando proyectos piloto en municipalidades en el sur de Chile desde 2008, los que están programados hasta 2012.

### ***Reglamentación térmica para la vivienda***

Esta reglamentación se encuentra vigente y operativa en nuestro país desde 2000, luego de su incorporación a la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC, artículo 4.1.10). En una primera etapa, que entró en aplicación en marzo de ese año, se definieron exigencias de transmitancia térmica máxima (o resistencia térmica total mínima) para el complejo de techumbre de viviendas, haciendo disminuir en forma significativa las pérdidas de calor a través de este elemento de la envolvente. Con ello se mejoró notoriamente el comportamiento térmico de las viviendas, en especial en periodos de invierno, con alto impacto en los ocupantes de viviendas sociales.

En una segunda etapa de esta reglamentación, complementaria con la anterior y vigente desde inicios de 2007, se agregaron exigencias para limitar las pérdidas de calor a través de muros, pisos ventilados y a través de ventanas restringiendo su tamaño en función de su transmitancia térmica.

### ***Estándares mínimos de eficiencia energética (MEPS por sus iniciales en inglés)***

Chile está en el proceso de elaboración de la estrategia para establecer Estándares Mínimos de Desempeño Energético o MEPS (por sus siglas en inglés, Minimum Energy Performance Standards), tras la reciente aprobación de la ley que crea el Ministerio de Energía, que establece la facultad del Ministro para dictar MEPS. La primera etapa para establecer MEPS en lámparas se desarrolló en 2010.

## **2.1.3 Aspectos institucionales del sector con impacto en la mitigación**

### ***Centro de Energías Renovables (CER)***

El año 2009 se creó el Centro de Energías Renovables, dependiente de la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO) y bajo la dirección del Ministerio de Energía, con el propósito de servir de antena tecnológica para el desarrollo de las energías renovables en el país.

El modelo adoptado para este Centro, posibilita que éste pueda servir de plataforma para capturar el conocimiento generado respecto de la materia en el mundo, para luego analizar su viabilidad de aplicación en el país y promover su uso en el ámbito privado. El CER desarrolla principalmente tres líneas de acción:

- Centro de información: El CER cuenta con un servicio de atención al cliente donde se reciben a todos los actores involucrados en esta industria para responder de forma rápida y efectiva a sus inquietudes.
- Acompañamiento de proyectos de inversión y de pilotos de ERNC: El CER acompaña a los proyectos de inversión y pilotos de ERNC durante su desarrollo, facilitando las gestiones institucionales para lograr su materialización efectiva. Dentro de esta línea de acción, el CER apoya en la tramitación, articula “match making” para financiamiento, orienta el uso de los instrumentos de fomentos, establece redes de capital humano y entrega orientación técnica en general.
- Promoción y difusión de ERNC: El CER genera instancias de difusión de ERNC a nivel nacional, a través de cursos, talleres, seminarios, capacitaciones, encuentros, actividades y mesas de trabajo.

### ***Programa País de Eficiencia Energética (PPEE)***

El año 2005, el Gobierno de Chile impulsó y convocó la participación de actores públicos y privados y, encargó al Ministerio de Economía la puesta en marcha e implementación del Programa País de Eficiencia Energética. Su creación surge de la evaluación de desempeño ambiental realizada al país por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), el que resaltó entre sus recomendaciones la importancia de incorporar la eficiencia energética en el desarrollo del país.

El PPEE, que en enero de 2008 pasó a depender de la Comisión Nacional de Energía, ha contribuido al desarrollo energético sustentable de Chile, impulsando junto a otras

instituciones públicas y privadas grandes avances como la reducción de la demanda energética en el Sistema Interconectado Central del 2,6% entre marzo de 2008 y marzo de 2009, en comparación a igual periodo del año anterior y, la instalación definitiva de la Eficiencia Energética como uno de los pilares de la política energética nacional.

La relevancia que esta materia tiene en el desarrollo sectorial se ha visto reflejada en un aumento significativo y paulatino del presupuesto del Programa País de Eficiencia Energética de la Comisión Nacional de Energía, pasando de US\$ 1 millón en 2006 a US\$ 3,5 millones en 2007, para luego subir a los US\$ 13 millones en 2008 y a cerca de US\$ 40 millones en el año 2009.

### **Agencia Chilena de Eficiencia Energética (ACHEE)**

Dada la atribución conferida en la Ley N° 20.402 al recientemente creado Ministerio de Energía, se creó en el año 2010 la Agencia Chilena de Eficiencia Energética, entidad sucesora del PPEE, en la que participan los Ministerios de Transportes y Telecomunicaciones, de Vivienda y Urbanismo y de Energía, con la concurrencia también del mundo académico y empresarial. Esta agencia sustituirá el rol de implementación de líneas de acción y proyectos del PPEE, quedando el rol de diseño y establecimiento de políticas públicas de eficiencia energética en la división respectiva del Ministerio de Energía.

El objetivo fundamental de esta Agencia es el estudio, evaluación, promoción, información y desarrollo de todo tipo de iniciativas relacionadas con la diversificación, ahorro y uso eficiente de la energía. Su misión es la de servir de ejecutor y puente de las políticas públicas de eficiencia energética trazadas en el ministerio hacia los sectores de utilización final de la energía.

#### **2.1.4 Programas sectoriales 2000-2010**

Durante los últimos años, el Gobierno ha trabajado en desarrollar una política de apoyo a la generación eléctrica competitiva a partir de fuentes de energías renovables no convencionales (ERNC) a través de la detección de las barreras que impiden o dificultan su implementación y la creación de líneas de acción dirigidas a remover esas barreras. A continuación se describen de manera sucinta las principales acciones emprendidas en los últimos años.

##### *Baja disponibilidad de información*

Una limitante importante para el desarrollo de inversiones era la baja disponibilidad de información que existía tanto

para nuevos inversionistas como para empresas del sector energía ya establecidas en el mercado. Esto causaba a su vez, una gran incertidumbre en la tramitación de los permisos para estas nuevas tecnologías, la confiabilidad de las tecnologías, los recursos existentes, entre otros. Es por esto que el Estado ha generado un volumen importante de información dirigida a los inversionistas, entre las que se cuentan:

- Evaluación de recursos de biomasa forestal y agrícola
- Generación de información de recurso eólico, solar y geotérmico
- Catastro de proyectos hidráulicos asociados a obras de riego
- Modelos de evaluación técnico-económica de proyectos
- Guías de evaluación ambiental y de proyectos MDL

##### *Infraestructura precaria*

Otro tema que dificulta el desarrollo de las ERNC es una infraestructura precaria que apoye el desarrollo de estas tecnologías, especialmente en temas de transmisión y acceso a los troncales de los principales sistemas interconectados. Para esto, el Gobierno ha creado una iniciativa de fomento a proyectos con líneas de transmisión compartidas y estudios prospectivos para determinar requerimientos de adaptación de las redes de transmisión.

##### *Incertidumbre ante nuevas tecnologías y dificultad de acceso al crédito*

Por otra parte, los proyectos en base a ERNC han experimentado una gran dificultad de acceso al crédito, debido en gran parte a la incertidumbre que existía ante estas nuevas tecnologías en los mercados financieros. Para contrarrestar esta tendencia, el Estado perfeccionó el marco regulatorio al facilitar la contratación de largo plazo a las ERNC a través de la Ley 20.257 y mediante el fomento a la inversión utilizando tres instrumentos de apoyo:

- Subsidios a estudios de preinversión y a ingeniería de detalle.
- Líneas de financiamiento preferente.
- Promoción nacional e internacional de los proyectos.

##### *Geotermia: altos costos de exploración*

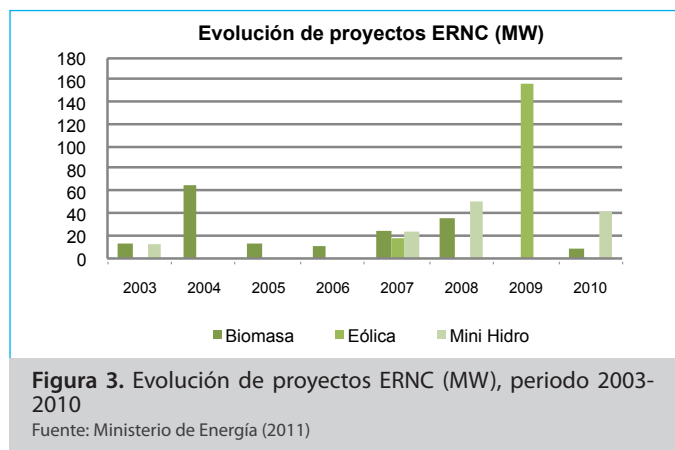
Un punto especial merece el desarrollo de la generación eléctrica a partir de fuentes de energía geotérmica debido al gran potencial de desarrollo de esta tecnología que nuestro país tiene, pero que también se caracteriza por sus altos costos de exploración. Para enfrentar esta situación, el Gobierno ha creado los siguientes instrumentos:

- Un subsidio contingente para mitigar el riesgo de exploración.
- Levantamiento de información geológica vinculada a la geotermia.
- Participación de la Empresa Nacional del Petróleo (ENAP) con inversionistas privados en exploración geotérmica.

**Avances**

En cuatro años, Chile ha duplicado la capacidad instalada de ERNC para generación eléctrica, pasando de 286 MW, lo que representaba un 2,4% de la capacidad instalada total a fines de 2005, a 600 MW, equivalente al 4% de la misma a fines de 2009, cifra que se continúa incrementando, ver Figura 3. Adicionalmente, desde el año 2004 hasta fines de 2009 ingresaron al Sistema de evaluación de impacto ambiental (SEIA) proyectos de ERNC por un total de 2.553 MW, de estos, cerca de 2.000 MW son proyectos eólicos.

Por otra parte, un avance significativo ha sido el establecimiento de servicios complementarios de apoyo al desarrollo de proyectos ERNC, como lo son empresas de servicios de geotermia y perforaciones, fábrica de tuberías de presión para pequeña hidro y maestranzas para la fabricación de torres de aerogeneradores.



**ERNCs no competitivas**

Además de las tecnologías de generación eléctrica competitiva de fuentes ERNC, existen otras tecnologías que, aunque no son competitivas hoy en Chile, se espera tengan un importante desarrollo futuro y donde el país tiene un gran potencial. Es así que el Estado apoya el desarrollo de dos de estas fuentes de energía, los biocombustibles de segunda generación y las energías solar y mareomotriz para generación eléctrica. Para ello se han creado dos líneas de acción para estas formas de ERNC no competitivas:

*Anticipar la identificación y eliminación de barreras*

Para el caso de los biocombustibles, esta línea de acción se ha implementado con los siguientes programas:

- Desarrollo del mercado a través de importaciones.
- Proyectos piloto de mezclas de biocombustibles importados con combustibles tradicionales.
- Autorización de mezcla con gasolina diésel para uso vehicular.
- Exención del impuesto específico de combustibles para uso vehicular.

En el caso de las energías solar y mareomotriz para generación eléctrica, se ha realizado una actualización de la normativa para facilitar la entrada de estas tecnologías al mercado, llevando a cabo dos estudios de potenciales:

- Mediciones de radiación solar en el norte del país.
- Preliminary Site Selection Chilean Marine Energy Resources.

*Construcción de Capacidades*

La segunda línea de acción para apoyar las ERNC no competitivas está relacionada con la construcción de capacidades. De esta manera, surgen cuatro proyectos que buscan crear y mejorar las capacidades técnicas existentes en el país en estos temas:

- Entre 2006 y 2008, la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica del Gobierno de Chile (CONICYT) apoyó 53 nuevos proyectos de investigación en energía, lo que significó una inversión real de CLP 5.100 millones.
- Desde el año 2005 la Gerencia de Emprendimiento e Innovación (InnovaChile) de la Corporación de Fomento de la Producción (Corfo) ha aprobado 68 proyectos relacionados con el sector energía, especialmente en biocombustibles, eficiencia energética y ERNC, destinando más de CLP 6.900 millones.
- Desde el año 2005 el programa InvestChile de Corfo ha cofinanciado estudios de preinversión para un total de 205 proyectos por un monto de CLP 2.478 millones.

*Apuestas a futuro*

Adicionalmente, con el objetivo de facilitar transferencias y desarrollos tecnológicos, el Gobierno de Chile creó consorcios tecnológicos empresariales en biocombustibles de segunda generación y pilotos solares para generación eléctrica.

Los primeros consistieron en dos consorcios, uno para la investigación en biocombustibles de lignocelulosa y el se-

gundo para la investigación en biocombustibles de algas y micro algas. Estos consorcios cuentan con el apoyo de un programa de financiamiento para la investigación y el desarrollo de lignocelulosa, raps, jatropha, microalgas y nabo forrajero.

En el caso de los pilotos solares para generación eléctrica, se apoyará de manera subsidiaria y competitiva la instalación de los primeros proyectos en el país, que consisten en un proyecto fotovoltaico de 500 KW integrado a un sistema eléctrico pequeño y un proyecto solar termoeléctrico de aproximadamente 10 MW conectado a uno de los dos mayores sistemas interconectados del país.

### ***Eficiencia energética***

Chile ha canalizado sus esfuerzos en temas de eficiencia energética esencialmente a través de la creación del Programa País de Eficiencia Energética y la Agencia Chilena de Eficiencia Energética, una fundación público-privada, que tiene como misión el promover, fortalecer y consolidar el uso eficiente de la energía, articulando e implementando, tanto a nivel nacional como internacional, iniciativas público privadas en los distintos sectores de consumo energético, contribuyendo así al desarrollo sustentable del país (para más detalles revisar el capítulo de circunstancias nacionales de la presente comunicación). Esta institucionalidad ha permitido desarrollar, hasta el año 2009, los siguientes programas sectoriales:

- Programa de Preinversión en Eficiencia Energética

Este programa consiste en un subsidio a la optimización del consumo energético y la reducción de costos asociados a su uso que permita a las pequeñas y medianas empresas (PYMES), identificar alternativas de inversión y evaluarlas técnica, económica y financieramente. Este programa subsidia la realización de auditorías de eficiencia energética, de planes de implementación de medidas y proyectos de inversión para presentar a una fuente de financiamiento. Este apoyo cubre hasta un 70% del costo total de la consultoría, con un máximo de US\$12.000 aproximadamente.

- Crédito CORFO Eficiencia Energética

Éste es un crédito de largo plazo o leasing bancario, que permite a las empresas realizar las inversiones requeridas para la implementación de proyectos de optimización del uso energético y la reducción de costos asociados a su utilización. El crédito está dirigido a apoyar inversiones

en maquinarias y equipos, la ejecución de construcciones, instalaciones y obras civiles, servicios de ingeniería y montaje o similares que requieran las empresas para desarrollar sus actividades productivas, incluyendo capital de trabajo asociado a dichas inversiones.

- Avances en el sector residencial, público y comercial

Una serie de programas han sido creados en los últimos años, entre los cuales destacan:

- o Programa de recambio de aproximadamente 2,5 millones de lámparas incandescentes por compactas fluorescentes para familias del 40% más vulnerables del país.
- o Programa de Incentivos al reacondicionamiento térmico de viviendas existentes que han beneficiado a 9.000 viviendas.
- o Programa Piloto de Mejoramiento de Estándares en Vivienda Social Nueva para 400 viviendas.
- o Programa de Mejoramiento de la EE en Edificios Públicos, por el cual se han realizado más de 25 diagnósticos, incluyendo el proyecto integral de eficiencia energética en el Palacio de Gobierno (La Moneda).
- o Campañas de difusión masiva, buscando crear conciencia en la ciudadanía sobre el buen uso de la energía y dándole a conocer medidas concretas de eficiencia energética. Complementariamente, se realizó durante el primer semestre de 2010 la campaña "Levantemos Chile con buena energía", dirigido a las zonas del país más afectadas por el terremoto del 27 de febrero de 2010. Se visitaron 32 localidades y 61 colegios donde se focalizaron esfuerzos de difusión.

- Avances en el sector industrial:

- o Se desarrolló e implementó un instrumento de pre-Inversión en eficiencia energética, en conjunto con la CORFO, el cual entrega un cofinanciamiento de hasta un 70% del costo de auditorías energéticas.
- o Línea de financiamiento para proyectos de eficiencia energética, con condiciones preferenciales, lanzada en 2008 en conjunto con CORFO y fondos del KfW del Gobierno alemán.

- o Programa de asistencia técnica para sistemas motrices industriales, potenciando los ahorros asociados a la utilización de motores eficientes a través de la optimización del sistema en el cual opere.

El Programa País también ha sido activo en la implementación de programas de eficiencia energética en los sectores de transporte y minería, como son el programa de asistencia técnica de eficiencia energética para empresas de transporte de carga y el programa de recambio de camiones. Actividades en estos ámbitos se detallan en las subsecciones sector transporte y sector minería del cobre en este mismo capítulo.

Durante Noviembre de 2010 se llevó a cabo en Santiago la primera expo eficiencia energética en América latina, destinada a la difusión de tecnologías y mecanismos de eficiencia energética, así como a dar a conocer mejores prácticas. Esta iniciativa contó con 5000 visitantes y 120 instituciones participantes de Chile y el extranjero, y su información puede ser revisada en <http://www.expoeficienciaenergetica.cl>.

### 2.1.5 Estudios de opciones potenciales de mitigación sectorial y principales resultados

En los últimos 10 años se han llevado a cabo una serie de estudios que señalan en forma directa o indirecta cuáles son las opciones y potenciales de mitigación de emisiones en el sector energía en Chile. El Gobierno y en particular el Ministerio de Energía y la Comisión Nacional de Energía, han financiado muchos de ellos, lo que no significa que los resultados establezcan la posición oficial del país, tanto en temas de negociación internacional ni de acuerdos multilaterales. A continuación se señalan los estudios más relevantes en este tema:

- Poch Ambiental para CNE (2009). Proyección de la evolución de las emisiones de gases de efecto invernadero en el sector energía. Años 2000-2025
- POCH Ambiental para Corfo (2009). Estrategia y potenciales de transferencia tecnológica para el cambio climático.
- PROGEA (2009). Consumo de energía y emisiones de gases de efecto invernadero en Chile 2007-2030 y opciones de mitigación.
- PRIEN (2008). Estimación del potencial de ahorro de energía, mediante mejoramientos de la eficiencia energética de los distintos sectores.
- PROGEA (2008). Diseño de un modelo de proyección de demanda energética global nacional de largo plazo.
- PROGEA (2008). Emisiones de gases de efecto invernadero en Chile: antecedentes para el desarrollo de un marco regulatorio y evaluación de instrumentos de reducción.
- De Miguel, C., O’Ryan, R., Pereira, M. and Carriquiri, B. Energy shocks fiscal policy and CO<sub>2</sub> emissions in Chile.
- PRIEN (2008b). Estimación preliminar del potencial de la eficiencia en el uso de la energía eléctrica al abastecimiento del SIC.
- PRIEN / NEIM (2008). Aporte potencial de energías renovables no convencionales y eficiencia energética a la matriz eléctrica, 2008-2025.
- PRIEN / NEIM (2008a). 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 periodo 2008-2025.
- Eficiencia Energética: Diseño de incentivos económicos a la compra de refrigeradores energéticamente Eficientes.
- GAMMA Ingenieros-CNE (2004). Evaluación del desempeño operacional y comercial de centrales de cogeneración y estudio del potencial de cogeneración en Chile.
- PRIEN / CONAMA (1999). Mitigación de gases de efecto invernadero. Chile 1994-2020.

### 2.1.6 Capacidades para la mitigación sectorial con ayuda financiera internacional

El trabajo más significativo con impactos en la mitigación de emisiones, que cuenta con apoyo internacional en Chile, es desarrollado por la Agencia Alemana de Cooperación Técnica o GTZ, la cual implementa proyectos de financiamiento propio y de otras instituciones del Gobierno Alemán, como el Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ), el Ministerio Federal de Medio Ambiente y, Protección de la Naturaleza y Seguridad Nuclear (BMU). Esta cooperación está centrada en dos áreas específicas, energías renovables no convencionales y eficiencia energética.

Asimismo, el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) ha aportado con financiamiento e imple-

mentación de proyectos en el país orientados a la promoción de una política energética sustentable.

*Energías renovables no convencionales: proyecto BMZ y GTZ. Apoyo al proceso de implementación de una política energética sustentable para Chile: diagnóstico y recomendaciones*

Desde el año 2004 la GTZ ha apoyado al país con un proyecto de cooperación técnica en el área de las ERNC. En el marco de dicho proyecto se acordó difundir diversas acciones emprendidas por el Gobierno en esa materia, motivo por el cual GTZ co-financió algunas actividades complementarias.

Su objetivo fue entregar un documento de recomendaciones de política energética sustentable a las autoridades de Gobierno, producto del análisis participativo, conjunto y representativo de los actores de la sociedad civil, sector privado, académico y público, a través del desarrollo de talleres de trabajo y seminarios donde se presentaron y reformularon, buscando el consenso en propuestas de instrumentos de política para avanzar en mejorar la sustentabilidad energética, en el marco de los objetivos de crecimiento económico, equidad social y protección del medio ambiente. El proyecto se apoya en universidades y organizaciones nacionales e internacionales, vinculándose con inversionistas, empresas del mercado eléctrico y de la consultoría. El proyecto tiene una duración de siete años a partir de agosto de 2004 y tiene un presupuesto total de €4.245.000.

*Terrenos de propiedad fiscal para proyectos de generación energética a partir de energías renovables: proyecto BMU y GTZ*

El objetivo de este proyecto persigue la identificación, valoración y comercialización de terrenos fiscales en el Norte Grande para la realización de proyectos de generación eléctrica a partir de ERNC. Esta iniciativa tiene una duración de tres años, a partir de noviembre de 2008, su presupuesto total es de €1.200.000 y su implementación se realiza a través de estudios de los potenciales eólicos y solares en distintos puntos del Norte Grande del País, para luego realizar estudios de pre-factibilidad y otros complementarios para parques eólicos de entre 100 y 200 MW. Los resultados serán publicados y licitadas las concesiones para los terrenos que se estimen más adecuados para la instalación de proyectos eólicos y solares.

*Estrategia de expansión de las energías renovables en los sistemas interconectados: proyecto BMU y GTZ*

Este proyecto tiene por objetivo el desarrollo de una estrategia de mediano y largo plazo para la expansión de las ERNC en los sistemas interconectados, que compatibilice los objetivos de la política energética chilena y la elaboración de propuestas de regulación para la implementación de esta estrategia. La duración de este proyecto es de cuatro años a partir de octubre de 2009 y cuenta con un presupuesto de €3.000.000

*Otros proyectos de geotermia y refinanciamiento de las ERNC: proyectos KfW y GTZ*

La cooperación financiera alemana, a través del Banco Alemán de Desarrollo (KfW), dispuso €80.000.000 para el refinanciamiento de inversiones en ERNC. Además, la KfW aportó €5.100.000 al Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN), tanto para materiales de laboratorio como de apoyo para la exploración de sitios geotérmicos. Adicionalmente, aproximadamente €400.000 fueron destinados a la asistencia técnica y capacitación de funcionarios de SERNAGEOMIN. Estos fondos fueron ejecutados por el Instituto Federal de Geociencias y Recursos Naturales (BGR).

*Eficiencia energética: proyecto BMZ y GTZ*

El Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ) encargó a la GTZ el fomento en Chile del uso eficiente de la energía en conjunto con la Comisión Nacional de Energía a través del Programa País de Eficiencia Energética. Este apoyo duró cuatro años a partir de octubre de 2006. Su objetivo es mejorar las capacidades técnicas e institucionales de los actores públicos y privados para la implementación de medidas de eficiencia energética en la industria y en edificaciones. Al mismo tiempo, se fijaron como metas la reducción en la demanda energética en un 30% en cinco proyectos pilotos de viviendas nuevas o rehabilitadas; la realización de programas de capacitación del mercado de servicios energéticos (ESCOs) para la industria y la vivienda, la realización de políticas internas en eficiencia energética en 3 empresas industriales de distintas ramas junto con la implementación de objetivos cuantitativos de reducción de consumo energético en sus procesos internos.

### *Proyecto de eficiencia energética y cogeneración en hospitales públicos: proyecto BMU y GTZ*

Este proyecto es una iniciativa financiada por el Ministerio federal de medio ambiente, protección de la naturaleza y seguridad nuclear sobre temas de eficiencia energética y cogeneración, innovación sostenible y desarrollo de NAMAs, en el marco de la cooperación bilateral chileno alemana. Consiste en un programa piloto cuyo objetivo es introducir e implementar medidas de eficiencia energética y cogeneración en hospitales públicos y buscar replicabilidad en otros hospitales. También busca la introducción del modelo de gestión energética tipo ESCO, así como el uso de plantas de generación de micro y pequeña escala en hospitales públicos. El proyecto es realizado por la GTZ con el PPEE y tiene un presupuesto global de €1.050.000. El proyecto piloto contempla una planta cogeneradora en el Hospital de Cañete.

### *Otros proyectos con financiamiento del Fondo para el Medio Ambiente Mundial*

En septiembre de 2001 se firmó el convenio CHI/00/G32 entre el PNUD, la CNE y el Ministerio de Relaciones Exteriores de Chile. En virtud de este convenio, el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM o GEF, por sus siglas en inglés) cofinancia el proyecto Remoción de barreras para la electrificación rural con energías renovables, con un presupuesto asignado por el GEF de US\$ 6.067.300. El aporte de la contraparte nacional se calculó en MMUS\$ 26,3 basándose principalmente en estimaciones de inversión en proyectos de electrificación rural con energías renovables a través de subsidios del Estado, aportes del sector privado y de los beneficiarios. Durante el año 2010, el PPEE se encuentra también en proceso de implementación de otros dos proyectos con financiamiento del FMAM, por un monto de cooperación no reembolsable de US\$ 5 millones y cuya agencia implementadora es el Banco Interamericano de Desarrollo. Los proyectos son: Promoción y fortalecimiento del mercado de la eficiencia energética en el sector industrial de Chile (GEF/SEC 3599) e Incentivo al establecimiento y consolidación de un mercado de servicios energéticos en Chile (GEF/SEC 4176).

#### **2.1.7 Desarrollos del sector privado orientados a la mitigación**

El sector privado del país, del rubro energético, ha estado especialmente activo en los últimos años en la identificación de opciones de mitigación, con miras a participar del

Mecanismo de Desarrollo Limpio del protocolo de Kioto (MDL). En este respecto, un detalle con los proyectos del sector y un análisis asociado se encuentra bajo la sección de Acciones transversales del presente capítulo y de la sección Transferencia tecnológica del capítulo titulado Otra información relevante para el logro del objetivo de la Convención.

#### **2.1.8 Opciones potenciales de mitigación sectorial para el desarrollo de NAMAs**

En el sector energía del país existe un gran potencial de mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero, tanto en su generación como en el consumo. Por otra parte, hay incertidumbre sobre los niveles de penetración de las tecnologías y del mejoramiento de las capacidades técnicas que harían posible aprovechar este potencial. Algunas de las variables que aportan a esta incertidumbre son los futuros precios de las tecnologías, tanto en generación como en consumo, los futuros precios internacionales de los combustibles fósiles, los niveles de crecimiento de la economía nacional, entre otros.

Chile presentará acciones de mitigación nacionalmente apropiadas o NAMAs. Es por esto que en los últimos años, el Gobierno de Chile ha encargado la realización de una serie de estudios con el objetivo de determinar con mayor precisión cuales son los potenciales de mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero y el costo asociado a estos potenciales.

Es así que, basado en la información obtenida en estudios anteriores, el año 2011 se desarrolló el estudio denominado "Co-beneficios de la Mitigación de Gases de Efecto Invernadero" realizado por la División de Medio Ambiente (GreenLab UC) de la Dirección de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Pontificia Universidad Católica de Chile (DICTUC). Este estudio evalúa, entre otros, los costos de reducción esperados para una serie de medidas, con el fin de determinar el potencial de abatimiento del país en distintos niveles de costos de reducción de la tonelada de CO<sub>2</sub>eq. De esta manera, este estudio también desarrolló una curva de costo de abatimiento, en la siguiente sección se presentan las medidas del sector energía derivadas de ésta.



TABLA 1. Medidas de mitigación consideradas para el sector energía

Sector	Subsector	Medida
Energía	Generación eléctrica	Geotermia SING
		Mini hidro SIC
		Nuclear SIC
		Geotermia SIC
		Eólica SING
		Eólica SIC
		Solar SING
Industria	General	Adelanto recambio motores eficientes
		Cogeneración
Comercial, público y residencial (CPR)	Residencial	Duchas eficientes
		Iluminación residencial eficiente
		Reducción pérdidas standby
		Refrigeración residencial eficiente
		Aislación viviendas
	Colectores solares	
	Comercial	Refrigeración comercial eficiente

Fuente: Greenlab UC-DICTUC, (2011)  
 SING: Sistema Interconectado del Norte Grande  
 SIC: Sistema Interconectado Central

En la Tabla 1 se presenta un resumen de las medidas de mitigación, clasificadas en: generación eléctrica, industria, consumo residencial y comercial<sup>2</sup>.

Este estudio ha considerado que existen tres escenarios de mitigación, explicados por el nivel de penetración de las medidas de reducción de emisiones, éstos corresponden a los escenarios Suave, Medio y Fuerte. Los niveles de penetración de las tecnologías, para cada una de estas medidas, son necesariamente diferentes y en cierta medida no son comparables debido a la gran diferencia en los

costos de inversión, madurez de las tecnologías y otras variables exógenas que no tienen relación con este análisis. Es por esto que los escenarios creados para este ejercicio (suave, medio y fuerte), se diseñaron medida por medida, tomando en cuenta los rangos máximos de penetración para cada tecnología.

A continuación se presenta en la Tabla 2, una pequeña descripción de los tres escenarios de penetración (suave, medio y fuerte) considerados para cada una de las medidas evaluadas para el sector Comercial Público y Residencial (CPR).



Foto: Ministerio del Medio Ambiente. Gobierno de Chile

<sup>2</sup> Los estudios mencionados también consideran los sectores transporte, minería y agricultura y forestación, los cuales fueron omitidos en este capítulo para enfocarse en el sector de energía.

TABLA 2. Escenarios de penetración utilizados para las medidas de mitigación consideradas para el sector energía

Medida	Escenario	Descripción
Aislación térmica viviendas	Suave	Aumentar la aislación en las viviendas siempre que sea la opción más rentable según la disminución del consumo de combustible en calefacción.
	Medio	Integrar la mejora en aislación térmica máxima que resulte rentable pero que no necesariamente es la más rentable.
	Fuerte	Incorporar la máxima mejora en aislación (dentro de las evaluadas) sin importar los costos que esta opción posee.
Colectores solares	Suave	Considera la mitad de las viviendas del escenario medio.
	Medio	Toma en consideración la ley de franquicias para SST en viviendas nuevas para los años 2010 – 2013, mientras que para el periodo 2014 – 2025, dado que la ley de franquicias pierde vigencia, la instalación se mantiene constante en un 35% de las viviendas nuevas.
	Fuerte	Considera que todas las viviendas nuevas instalan SST.
Duchas eficientes	Suave	Considera que un 30% de las viviendas existentes recambia el cabezal de ducha y que un 50% de las viviendas nuevas instala una grifería de ducha eficiente.
	Medio	Un 50% de las existentes y un 70% de las viviendas nuevas.
	Fuerte	Un 100% de las existentes y un 100% de las viviendas nuevas.
Reducción pérdidas stand-by	Suave	Para el año 2030 se reducen en un 30% las pérdidas stand-by. Penetración crece linealmente a partir de 2010
	Medio	Para el año 2030 se reducen en un 50% las pérdidas stand-by. Penetración crece linealmente a partir de 2010
	Fuerte	Para el año 2030 se reducen en un 100% las pérdidas stand-by. Penetración crece linealmente a partir de 2010
Refrigeración comercial eficiente	Suave	Reemplazo del 70% de los sistemas de refrigeración utilizados en los supermercados.
	Medio	Reemplazo del 90% de los sistemas de refrigeración utilizados en los supermercados.
	Fuerte	Reemplazo del 100% de los sistemas de refrigeración utilizados en los supermercados.
Cogeneración	Suave	Presencia de 80 MW el año 2015 y de 100 MW adicionales el año 2020.
	Medio	Presencia de 120 MW el año 2015, 160 MW adicionales el año 2020 y 180 MW adicionales en 2025.
	Fuerte	Presencia de 120 MW el año 2015, 160 MW adicionales el año 2020 y 180 MW adicionales en 2025.
Motores eficientes	Suave	Recambio de los motores en un 10%. Para los nuevos motores el 100% de los motores son eficientes.
	Medio	Recambio de los motores en un 30%. Para los nuevos motores el 100% de los motores son eficientes.
	Fuerte	Recambio de los motores en un 100%. Para los nuevos motores el 100% de los motores son eficientes.
Iluminación residencial eficiente	Suave	Recambio de 5% anual a partir de 2010 en la cap. Instalada de incandescentes por ampolletas de bajo consumo (CFL o LED). Los primeros 5 años se reemplaza prin. por CFL y después por LED.
	Medio	Ídem pero considerando un recambio del 10% anual.
	Fuerte	Se finaliza la venta de incandescentes a partir de 2012 y el parque se divide en CFL y LED. Hasta 2015 es prin. CFL para luego de 2015 ser prin. LED.

Fuente: Greenlab UC-DICTUC, (2011)

Para el sector generación, los tres escenarios de evaluación (suave, medio y fuerte) fueron determinados según la capacidad instalada (en MW) de cada una de las tecnologías de generación eléctrica al año 2030.

La Tabla 3 muestra la capacidad instalada por tecnología separada en los dos grandes sistemas interconectados del país, el Central (SIC) y el del Norte Grande (SING).

**TABLA 3.** Capacidad instalada de tecnologías de generación eléctrica al año 2030 para los escenarios de penetración suave, medio y fuerte (en MW)

Sistema	Tecnología	Suave	Media	Fuerte
SIC	Biomasa	201	281	402
	Eólica	1072	1500	2143
	Geotermia	594	832	1188
	Mareomotriz	50	70	100
	Mini hidro	319	447	638
	Nuclear	1000	1400	2000
SING	Eólica	280	392	560
	Geotermia	180	252	560
	Solar	55	77	110

Fuente: Greenlab UC-DICTUC, (2011)

En la Tabla 4 se resume el costo medio de cada una de las medidas de mitigación para los escenarios de mitigación analizados y tiene por objetivo mostrar el rango del potencial de mitigación existente para los distintos escenarios. El periodo de tiempo considerado para estas medidas va

entre los años 2010 y 2030, siendo el costo medio, el producto de la inversión total en el periodo (en US\$) dividido por la reducción de emisiones agregadas durante este periodo de 20 años (en millones de toneladas de CO<sub>2</sub>e).

**TABLA 4.** Costo medio (US\$/ton CO<sub>2</sub>eq) y reducción de emisiones (Mton CO<sub>2</sub>eq) de las medidas de mitigación para los distintos escenarios de mitigación analizados (suave - medio - fuerte)

Medida	Costo Medio (US\$/ton CO <sub>2</sub> eq) [Suave/Medio/Fuerte]	Reducción de GEI (Mton CO <sub>2</sub> eq) [Suave/Medio/Fuerte]
Duchas eficientes	[-253 /-255/ -259]	[7,3 /11,4/ 20,7]
Iluminación residencial eficiente	[-76 /-79/ -89]	[10,5 /15/ 20,2]
Adelanto recambio motores	[-87 /-74/ -59]	[0,3 /0,8/ 2,8]
Refrigeración comercial eficiente	[-73 /-71/ -75]	[0,3 /0,4/ 0,4]
Reducción pérdidas standby	[-71 /-70/ -74]	[5,2 /8,2/ 10,7]
Motores nuevos eficientes	[-59 /-56/ -57]	[10,4 /12,9/ 13,7]
Refrigeración residencial eficiente	[-42 /-26/ -18]	[1,6 /1,9/ 2,1]
Geotermia SING	[-13 /-13/ -13]	[21 /29,2/ 41,8]
Mini hidro SIC	[-13 /-13/ -13]	[14,5 /19,1/ 25,1]
Aislación viviendas	[-18 /-9/ 1452]	[9,9 /10,5/ 15,4]
Nuclear SIC	[-8 /-8/ -8]	[27,9 /35,9/ 45,8]
Geotermia SIC	[-6 /-5/ -5]	[27,7 /36,3/ 47,8]
Eólica SING	[-2 /-2/ -2]	[4,3 /6,1/ 8,7]
Solar SING	[5 /5/ 6]	[0,4 /0,6/ 0,8]
Eólica SIC	[5 /6/ 7]	[17,5 /23,2/ 31]
Cogeneración	[-5 /8/ 8]	[7,9 /14,8/ 13,1]
Biomasa SIC	[47 /54/ 62]	[5,2 /6,1/ 6,7]
Colectores Solares	[178 /178/ 175]	[1,9 /3,7/ 9,8]

Fuente: Greenlab UC-DICTUC, (2011)

### 2.1.9 Curva de costo de abatimiento de GEI para el sector energía en Chile

En esta sección se presenta a modo de ejemplo, en la Figura 4, una curva de costo de abatimiento de gases de efecto invernadero para la selección de medidas del sector energía en Chile durante el periodo 2010 – 2030 y que está basada en la tabla anterior. De igual manera se excluyen los subsectores de minería y transporte, debido a que esos subsectores son tratados en sus respectivas secciones de esta comunicación.

Con la finalidad de incluir una estimación conservadora, esta curva de costo de abatimiento está desarrollada en base al escenario suave descrito en la tabla anterior, es decir, con un mínimo de penetración de las tecnologías elegidas. Al mismo tiempo es importante entender que, pese a que la mayoría de estas medidas presentan costos negativos en el análisis de costo medio, existen otras barreras para su implementación, tanto económicas como no

económicas. Es un desafío para cualquier tipo de análisis de costo de implementación de medidas de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, el poder incorporar y cuantificar adecuadamente estas barreras. Entre éstas se encuentran las cargas adicionales para el Estado, la falta de entendimiento del sector financiero para invertir en proyectos que requieren un fuerte financiamiento inicial y que sus retornos a la inversión se producen en un periodo de tiempo relativamente largo y en general los beneficios son capturados en forma atomizada, como los casos de masificación de tecnologías eficientes a nivel residencial. Cabe señalar también que una relación costo beneficio asociada a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero no refleja otros múltiples co-beneficios directos y fácilmente medibles como el ahorro de combustible y otros más indirectos y más difíciles de correlacionar, como lo es la reducción de la contaminación local y su impacto en salud humana.

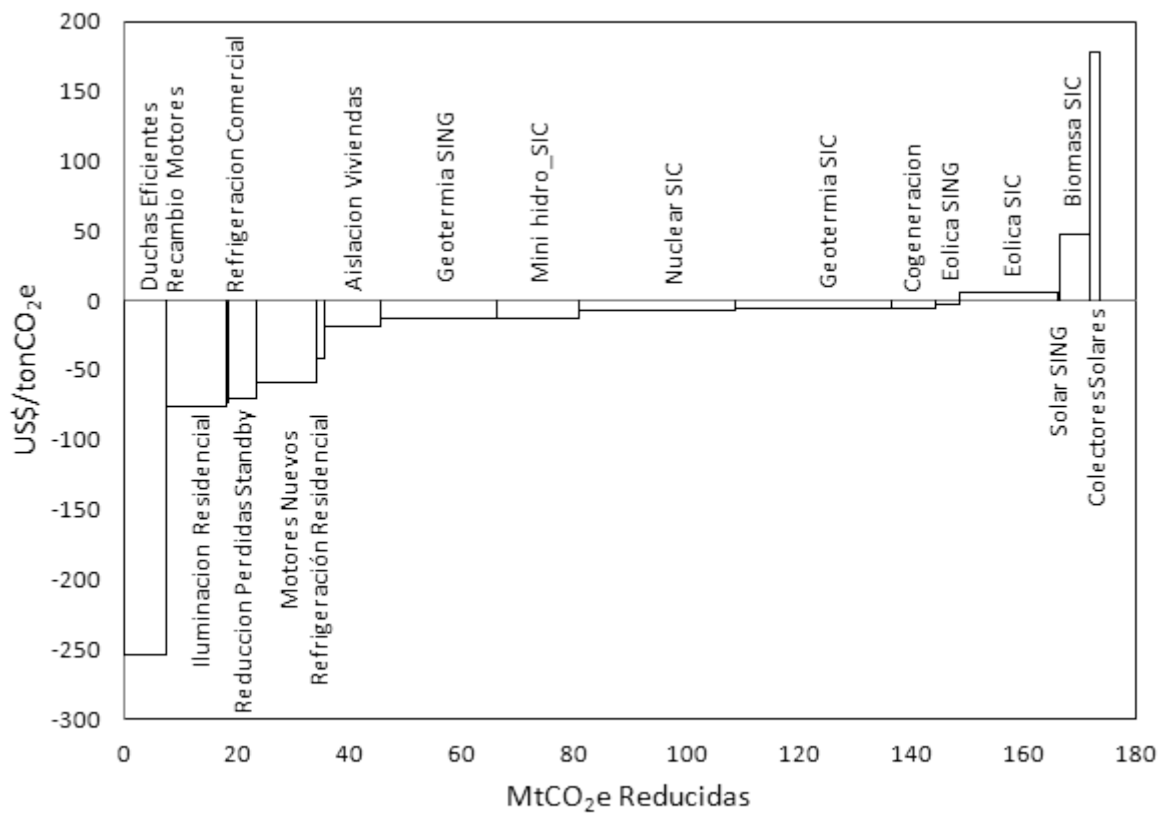


Figura 4 . Costo medio medidas mitigación escenario suave (US\$/ton CO<sub>2</sub>eq)

Fuente: GreenLab UC-DICTUC, 2011

Las curvas de costo de abatimiento de gases de efecto invernadero proporcionan información cuantitativa para representar qué acciones serían las más efectivas en reducir las emisiones y cuál sería el costo de cada acción. La curva muestra el rango de acciones que es posible conseguir con las tecnologías estudiadas. El costo de abatimiento en este caso se define como los costos adicionales de reemplazar una tecnología de referencia por una alternativa que reduce emisiones de gases de efecto invernadero. El eje vertical presenta el costo de abatimiento, medido en dólares por tonelada de CO<sub>2</sub> equivalente y el eje horizontal representa el potencial de reducción de emisiones, medido en toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente. El ancho de cada barra representa el potencial de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. El alto de cada barra representa el costo promedio de reducir una tonelada de CO<sub>2</sub> equivalente para el año 2030 a través de dicha acción. En la curva de costo de abatimiento se observa que, a medida que el conjunto de las tecnologías reducen una mayor cantidad de CO<sub>2</sub> equivalente, su costo por tonelada de CO<sub>2</sub> abatido es mayor.

En el caso de las medidas con costos negativos, ellas corresponden principalmente al aprovechamiento del alto potencial de eficiencia energética existente en el país en los distintos sectores económicos, como la industria y el sector comercial, público y residencial. En la mayoría de los casos, el costo de implementación de estas medidas es muy bajo (promoción, regulación, certificación, pequeñas mejoras tecnológicas, etc.) y los beneficios en ahorro de combustible son significativos.

Respecto al potencial de reducción, las medidas de eficiencia energética son las de mayor efectividad en reducciones de gases de efecto invernadero. De esta forma, se cuenta con un amplio potencial de reducción con costos negativos o muy bajos.

En forma adicional se incorporan en este análisis medidas del sub sector generación que, pese a mostrar costos positivos, se decidió incorporarlas porque son temas que, independiente del interés del país por limitar el crecimiento de las emisiones de gases de efecto invernadero, Chile ha decidido impulsarlas debido a su potencial estratégico en la seguridad energética del país.

## 2.2 SECTOR SILVOAGROPECUARIO

El sector silvoagropecuario, que comprende los rubros forestal, agrícola y ganadero, en su conjunto, es reconocido

en Chile como carbono neutral. Esto quiere decir que las emisiones contenidas en los inventarios GEI generadas por las actividades agropecuarias han sido equiparables en toneladas de carbono equivalente a las toneladas de capturas de las actividades forestales (FIA, 2010).

El Ministerio de Agricultura ha considerado que es posible aportar a la reducción de las emisiones de GEI, asociadas a las actividades del sector, mediante una mayor eficiencia energética y productiva, mejores prácticas agrícolas de carácter productivo y ambiental y la disminución de los incendios forestales.

También se considera que es posible compensar las emisiones sectoriales mediante acciones que capturen carbono por forestación y/o manejo de bosque nativo, o bien, a través del uso de energías renovables basadas en el principio de "emisión neutra". En virtud de esta capacidad de aportar a la mitigación del cambio climático, el Minagri ha realizado una serie de actividades en el marco del plan de acción nacional de cambio climático.

### 2.2.1 Marco regulatorio con impacto en mitigación

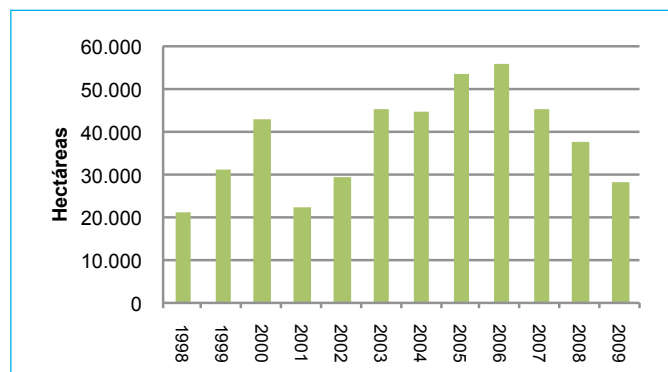
No existe en los marcos regulatorios e instrumentos de incentivos aplicados por el Minagri una orientación directa y explícita en torno del tema de cambio climático. Sin embargo, existen diversos instrumentos que el Ministerio ha puesto a disposición del sector, que abordan la mitigación de emisiones GEI en sus ámbitos de aplicación.

#### *Decreto Ley N°701 y sus modificaciones*

En 1974 se dictó el Decreto Ley N°701 (DL 701), con el objetivo de crear un patrimonio forestal para abastecer la demanda creciente de la industria forestal nacional, mediante la bonificación de las forestaciones realizadas por privados. En el periodo 1974 a 1995, se bonificaron unas 800 mil hectáreas en suelos calificados de aptitud preferentemente forestal, con una inversión cercana a los US\$ 136 millones nominales. Este esfuerzo de fomento estatal también generó importantes externalidades positivas, tales como el control de la erosión, la captura de carbono y la generación de empleo rural (Odepa, 2009).

En 1998 se dictó la Ley N°19.561, que modificó el DL 701, prorrogando hasta el año 2010 las bonificaciones con una orientación distinta, enfocada en la protección y recuperación de los suelos degradados del país y para las forestaciones realizadas por pequeños propietarios, consideran-

do para estos últimos una serie de beneficios adicionales. Desde la modificación del DL 701 hasta 2008, el Estado ha otorgado US\$ 284 millones nominales en bonificaciones por concepto de forestación y protección de suelos, financiando con ello la plantación de 475 mil hectáreas y la realización de obras de recuperación de suelos en 175 mil hectáreas (Odepa, 2009), dinámica que se puede apreciar en la Figura 5.



**Figura 5.** Evolución de superficie bonificada por el DL 701 y sus modificaciones, durante el periodo 1998-2009

Fuente: ODEPA, con datos de Conaf

Los componentes considerados son:

- Bonificación a pequeños propietarios para realizar actividades de forestación y manejo de bosques plantados en suelos de aptitud preferentemente forestal. El objetivo es la entrega de un subsidio equivalente al 90% de los costos netos de plantación por las primeras 15 hectáreas y del 75% por las restantes, específicamente para propietarios de predios pequeños.
- Bonificación para realizar actividades de forestación, recuperación de suelos y/o estabilización de dunas en suelos frágiles, ñadis o en proceso de desertificación, en suelos degradados o en suelos degradados con pendientes superiores al 100%. El objetivo es la entrega de un subsidio equivalente al 75% de los costos netos de cada actividad.

Para definir los costos de forestación y recuperación de suelos sobre los cuales serán calculadas las bonificaciones para cada temporada, CONAF fija todos los años una tabla con los costos de forestación, recuperación de suelos degradados, estabilización de dunas, poda y raleo, por hectárea y establecimiento de cortinas cortaviento por kilómetro.

### **Ley de bosque nativo**

La Ley N° 20.283 de Bosque Nativo, promulgada en julio de 2008, busca proteger, recuperar y mejorar las especies

nativas del país, asegurando su sustentabilidad forestal, mediante planes de manejo y preservación. La normativa legal define al pequeño propietario forestal como la persona con título de dominio sobre uno o más predios rústicos, cuya superficie en conjunto no exceda las 200 hectáreas. Esta superficie se amplía en el caso de pequeños propietarios ubicados en regiones extremas del país, particularmente los de las regiones XI y XII, los que podrán tener superficies de 800 hectáreas, siempre que sus activos no superen el equivalente a US\$150 mil y sus ingresos provengan principalmente de la explotación agrícola o forestal.

La ley encarga a un reglamento, las definiciones para la aplicación detallada de la extensa regulación, que considera, entre otras materias, bonificaciones destinadas a promover la conservación, recuperación y desarrollo sustentable de las especies autóctonas.

La ley define una serie de incentivos, entre los que destacan la preservación de los servicios ambientales bosques nativos y formaciones xerofíticas, actividades silviculturales dirigidas a la obtención de productos forestales no madereros y actividades silviculturales para manejar y recuperar bosques nativos con fines de producción maderera.

A partir de la fecha de su publicación se han desarrollado dos concursos. En la categoría de pequeños propietarios, fueron favorecidas 1.063 postulaciones con un total de aproximadamente US\$2,5 millones, lo que representa el 54% del monto total destinado a este tipo de propietarios; mientras que en el de "otros propietarios" se favorecieron 340 postulaciones, que se adjudicaron un monto aproximado de US\$4,3 millones, que corresponde al 93% del monto destinado a este ámbito, según presupuesto disponible.

### **Sistema de incentivos para la recuperación de suelos degradados (SIRSD)**

El 15 de noviembre de 2009 finalizó legalmente el SIRSD, programa de fomento que se desarrolló a través de una medida ministerial desde 1996 a 1998 y a través de la ley N° 19.604 y del DFL N° 235 desde 1999 a 2009. Actualmente se está trabajando para su perfeccionamiento y renovación.

Fue un instrumento de fomento establecido por el Ministerio de Agricultura, a través del cual se asignaron subsidios a los productores agropecuarios del país con el propósito de que ejecutaran un conjunto de acciones destinadas a preservar y mejorar la calidad y condiciones de los suelos

de sus predios. Tuvo por objetivo fomentar el uso de prácticas y la aplicación de insumos para detener o revertir los procesos de degradación de los suelos y recuperar sus niveles de productividad, generando así mejores condiciones para la incorporación de los agricultores a los procesos productivos. Se originó en el marco del proceso de asociación de Chile al Mercosur. El Minagri en 1995, estableció un conjunto de medidas para apoyar a los agricultores de las regiones del centro-sur del país (Maule a Los Lagos), que podían ver afectados sus ingresos por la competencia e importación de productos (principalmente trigo, oleaginosas, carne y leche). Entre estas medidas estaba el Programa de Establecimiento de Praderas para las regiones del Biobío, la Araucanía y Los Lagos-Los Ríos.

En 1997 se agregaron los subprogramas de fertilización fosfatada y enmiendas calcáreas para combatir el déficit de fósforo y el exceso de acidez de los suelos de estas regiones, denominándose Plan de Recuperación de la Productividad de los Suelos. En 1999, con la creación de un marco legal, este Programa adquirió su nombre definitivo de SIRSD, agregándose dos nuevos subprogramas: conservación de suelos y rehabilitación de suelos.

Los incentivos del Programa estaban disponibles para todos los agricultores del país y eran otorgados por el Instituto de Desarrollo Agropecuario (Indap) a quienes, de acuerdo con su Ley Orgánica, tenían la calidad de pequeños productores agrícolas y, por el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), a todo tipo de productor agropecuario, sean éstos personas jurídicas que no formen parte del sector público o personas naturales que no reúnan los requisitos para ser atendidos por Indap (pequeños, medianos y grandes productores).

Los agricultores debían presentar un plan de manejo al SAG o Indap, según correspondiera, el cual era elaborado por un operador acreditado y debía ser aprobado por tales servicios. Cada postulante podía acceder a un monto máximo de US\$12 mil al año. Los actores del sector privado que participaban en este Programa eran los operadores, profesionales y técnicos del agro que confeccionaban los planes de manejo y tomaban las muestras de suelos, los laboratorios acreditados que realizaban los análisis de suelos y los agricultores, que eran los beneficiarios directos. Eventualmente participaban profesionales especialistas para apoyar tareas específicas del SIRSD. Por parte del sector público participaban la Subsecretaría de Agricultura, Odepa, SAG, Indap, Inia y Seremis de Agricultura.

### **Ley de riego**

La Ley de Riego (N° 18.450 de 1985) permite al sector privado obtener subsidios de hasta un 90% para acceder a infraestructura y sistemas de riego tecnificado que le permitan modernizar su agricultura para hacerla más competitiva. Existe consenso en el sector agrícola que el riego es uno de los principales instrumentos de desarrollo de la agricultura nacional. Por ello, los fondos de la Ley de Fomento han aumentado significativamente en forma anual desde los 11 mil a 29 mil millones de pesos.

La distribución de estos fondos ha estado centrada en este último periodo en la pequeña y mediana agricultura. La ley otorga subsidios a proyectos de riego cuyo costo no supere los US\$500 mil, en el caso de proyectos individuales, ni sobrepase los US\$ 1,25 millones en el caso de ser proyectos presentados por organizaciones de regantes. El monto de bonificación máximo al que se puede optar varía entre 90% y 70% de su costo total, de acuerdo a la nueva estratificación de beneficiarios que incluye la prórroga de la Ley hasta el año 2022.

En otras palabras, el Estado de Chile, mediante esta Ley, maneja un Programa de obras menores de riego y drenaje que opera mediante un sistema de concursos públicos para que los agricultores puedan optar al fomento estatal con fines de incrementar la eficiencia en el uso del agua.

### **2.2.2 Programas sectoriales 2000-2009**

En este periodo, el Minagri se ha concentrado fuertemente en la gestión y conservación de los recursos naturales, su uso sustentable y la protección del patrimonio natural de Chile. En este contexto, la mitigación en el sector silvoagropecuario parte de la base de que es posible reducir las emisiones de GEI de las actividades silvoagropecuarias mediante el uso más eficiente de los combustibles fósiles, el aumento de la eficiencia energética, la producción de materias primas para la generación de bioenergía vía biocombustibles y la aplicación de mejores prácticas agrícolas, pecuarias y forestales.

También se han identificado espacios factibles para la compensación de las emisiones sectoriales a través de actividades que capturen carbono, tales como la forestación, el manejo forestal sostenible y la conservación de bosques.

## Acciones en el sector:

- Desarrollo del Inventario Nacional de Gases Efecto Invernadero del sector no-energía de Chile, desde 1984 hasta 2007. Este análisis fue realizado por el Instituto de Investigaciones Agropecuarias para la Conama en 2010.
- Promoción de la aplicación de buenas prácticas agrícolas, pecuarias y forestales, con énfasis en la mejora del uso del agua de riego y la eficiencia del uso de fertilizantes nitrogenados.
- Incorporación de las buenas prácticas agrícolas como promoción de las exportaciones silvoagropecuarias, consolidando la imagen país al respecto.
- Búsqueda de opciones a los certificados de reducción de emisiones de GEI del Mecanismo de Desarrollo Limpio del Protocolo de Kioto, por medio de la ejecución de estudio del aprovechamiento del potencial bioenergético de los residuos agropecuarios y forestales, tanto a nivel predial como entre asociaciones de productores silvoagropecuarios.
- Programa de fomento de centrales hidroeléctricas asociadas a obras de riego, ejecutado por la Comisión Nacional de Riego en conjunto con la CNE, para entregar energía eléctrica al sistema interconectado central (SIC).
- Entrada en vigencia de los llamados a concurso para acceder a los incentivos para el manejo forestal sostenible y la conservación del bosque nativo contemplados en la Ley sobre Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal.
- Proceso de discusión ampliada y participativa entre el sector público y privado sobre la prórroga del Decreto Ley 701 de fomento a la forestación y una posterior formulación de una nueva ley de fomento a la forestación, donde se espera incorporar la promoción de plantaciones forestales para usos energéticos, que representan la captura de carbono mientras las plantaciones están en crecimiento y, su cosecha, proporciona materia prima para reemplazar el uso de combustibles fósiles, mediante su quema directa en calderas para la generación de energía eléctrica o su transformación en biocombustibles tales como etanol y biodiésel.
- Tramitación de una serie de actividades en torno al uso de la leña como combustible, que permitirá asegurar que su comercio se formalice, que los comerciantes se

abastezcan de bosques manejados y que el producto se ofrezca con bajo contenido de humedad. En esto destaca la negociación y suscripción del acuerdo de producción limpia de comercializadores de leña.

En los últimos años, también se han desarrollado estudios que señalan en forma directa o indirecta cuáles son las opciones y potenciales de mitigación en Chile de emisiones de gases de efecto invernadero en el sector silvícola. Aunque el Gobierno de Chile y en particular el Ministerio de Agricultura y la Comisión Nacional del Medio Ambiente han financiado algunos de estos estudios, no significa que sus resultados establezcan la posición oficial del país, tanto en temas de negociación internacional o acuerdos multilaterales. A continuación, se señalan algunos estudios y documentos más relevantes preparados por el Ministerio sobre este tema:

- Estimación del carbono capturado en las plantaciones de pino radiata y eucaliptos, relacionadas con el DL 701. Departamento de Ciencias Forestales. Universidad Católica de Chile. 2007.
- Impacto socioeconómico del cambio climático en el sector silvoagropecuario. Departamento de Economía Agraria, Universidad Católica de Chile, 2009.
- Estrategia comunicacional sobre la huella de carbono de los productos agropecuarios. Prochile – ODEPA, 2009.
- Medidas sectoriales de mitigación del cambio climático. Consejo de Cambio Climático y Agricultura, 2009.
- Posición del Ministerio de Agricultura en REDD+, 2009.
- Negociaciones en la Convención de Cambio Climático, ODEPA, 2009.
- Respuesta Institucional de Chile al Cambio Climático, FIA, 2010.
- Estudio Determinación de la huella de carbono de los principales productos agropecuarios de exportación, INIA, 2010.
- Diagnóstico del aporte de emisiones de carbono en manzanas rojas y verdes, asociadas a las etapas de producción y transporte hasta el mercado de destino. Fundación de Desarrollo Frutícola- Asoex -Prochile.
- Estado de situación de los compromisos del Minagri en el Plan Nacional de Acción de Cambio Climático, Consejo de Cambio Climático y Agricultura, 2010.



## El cambio climático en el sector silvoagropecuario de Chile

Como una manera de dar cuenta de la vulnerabilidad del sector silvoagropecuario chileno al cambio climático y los principales impactos esperados en los próximos decenios, fue elaborada esta publicación por la Fundación para la Innovación Agraria (FIA), del Ministerio de Agricultura. En este texto se da cuenta de los avances en materia científica para conocer este fenómeno, de los pronósticos y de cuál ha sido la respuesta internacional en el sentido de buscar acuerdos y compromisos para enfrentarlo.

El libro es un esfuerzo por sistematizar la experiencia acumulada por FIA, quien participa desde 1998 en las discusiones y negociaciones que se llevan a cabo en la CMNUCC, como institución representante del Ministerio de Agricultura para los temas relacionados con el uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y forestal, lo que le ha permitido acumular una importante cantidad de antecedentes de primeras fuentes.

Su contenido está estructurado en cuatro capítulos: definiciones y situación del cambio climático; La respuesta internacional al problema del cambio climático; cambio climático y el sistema silvoagropecuario chileno y la respuesta institucional de Chile al cambio climático. Es en el tercer capítulo donde se detallan temas como el impacto sobre la disponibilidad de agua, riesgos agrometeorológicos, vulnerabilidad agrícola, efectos esperados sobre los principales cultivos agrícolas chilenos (trigo, maíz, papas, remolacha, manzanos, carozos, vides, plantaciones forestales, etc.) y en los regímenes térmicos e hídricos. También se informa sobre las medidas de prevención y adaptación a los efectos adversos del cambio climático, entre otros ámbitos.

Fuente: FIA, 2010

### 2.2.3 Opciones potenciales de mitigación sectorial

#### *Mitigación asociada al fomento sectorial*

La información presentada corresponde al estudio "Análisis de opciones futuras de mitigación de GEI para Chile asociadas a programas de fomento del sector silvoagropecuario" (CGC-UC, 2011) encargado por el Ministerio del Medio Ambiente. El objetivo general fue estimar el impacto potencial y el costo de mitigación asociado a los programas de fomento del sector silvoagropecuario, en relación con su contribución a la captura de carbono, la reducción de emisiones de GEI en las actividades productivas y el reemplazo de combustibles fósiles por energías renovables. Para ello, se evaluó el impacto de cada programa, considerando horizontes de proyección de corto (2020), mediano (2030) y largo plazo (2050) y bajo diversos escenarios definidos en términos del nivel de inversión pública, las actividades consideradas y la distribución geográfica de sus incentivos.

El análisis de mitigación fue desarrollado para los cuatro subsectores que componen el sector silvoagropecuario (ganadería, cultivos, suelos degradados y forestal). Parte importante de la información utilizada para configurar escenarios futuros de mitigación se recogió en los talleres de validación, los que permitieron analizar y discutir los factores relevantes (por ejemplo: plazo, montos y tasa de adopción del instrumento) en la construcción de una línea base de emisiones y escenarios de mitigación, y validar propuestas de mitigación e instrumentos asociados a la propuesta de medidas. La Tabla 5 resume la información

de todos los subsectores analizados según las medidas consideradas. Si bien esta tabla no puede ser sumada en forma simple, ya que muestra el potencial de mitigación de distintas medidas en distintos sectores, muestra que en todos los subsectores hay potenciales para mitigar GEI.

De acuerdo a los resultados del estudio, el subsector que tiene un mayor potencial de mitigación es el forestal, con promedios anuales que son entre 5-10 veces más altos que el resto. Este potencial involucraría la forestación de 650.000 hectáreas totales al año 2050, por lo que el efecto se distribuye en una extensa área geográfica y, por lo tanto, tiene un efecto relativamente bajo por hectárea. Por otro lado, los subsectores de ganadería y cultivos poseerían interesantes potenciales de mitigación, concentrados en segmentos productivos específicos y en superficies comparativamente menores que los del subsector forestal. El subsector suelos tiene también potenciales de mitigación interesantes, que son mayores que los de las medidas de ganadería, y que involucran una cifra cercana a las 103.000 hectáreas en todos los años reportados.

Un análisis global de los potenciales nacionales con los escenarios esperados y con la implementación de un programa de forestación, de un programa de recuperación de suelos degradados, de optimización de esquemas de fertilización y del uso de ionóforos, entrega un potencial de mitigación anual de 3,18 mil Gg CO<sub>2</sub>eq al año 2020, 2,76 mil Gg CO<sub>2</sub>eq al año 2030 y 1,89 mil Gg CO<sub>2</sub>eq al año 2050, lo que se traduce en cifras de mitigación total de 31,8 mil Gg CO<sub>2</sub>eq al año 2020, 55,2 mil Gg CO<sub>2</sub>eq al año 2030 y 75,4 mil Gg CO<sub>2</sub>eq al año 2050 (promedio anual por número de años).

**TABLA 5.** Proyección de emisiones de GEI para subsectores seleccionados del sector silvoagropecuario por efecto de uso de instrumentos de fomento

Subsector	2020	2030	2050
	(Gg CO <sub>2</sub> eq/año)	(Gg CO <sub>2</sub> eq/año)	(Gg CO <sub>2</sub> eq/año)
Forestal	2.874,3	2.449,3	1.555,3
Suelos degradados	0	33,1	32,6
Cultivos anuales y permanentes	267,4	278,6	297,8
Ganadería	46,4	6,4	6,3

Fuente: CCG UC, 2011.

### **Mitigación asociada a la protección del bosque nativo de Chile**

El Instituto Forestal (Infor) realizó durante 2009, por encargo de la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (Odepa) del Ministerio de Agricultura, el estudio "Potencial de mitigación del cambio climático asociado a la Ley N° 20.283 sobre Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal" (INFOR, 2009). Su objetivo principal fue determinar las potenciales emisiones de GEI capturadas o desplazadas por efecto de esta ley, sobre la base de las bonificaciones que el Estado otorgaría al manejo de bosques nativos.

Se establecieron 10 escenarios, en función de supuestos de manejo forestal orientado a la obtención de biomasa forestal a través de raleos para bioenergía y la recuperación del bosque nativo vía enriquecimiento con exclusión de ganado para aumentar la captura de carbono. Estos esquemas de manejo fueron sujetos de cinco tipos de asignación presupuestaria anual con un mínimo 30% y máximo de 70%, para cada mecanismo de mitigación. El área de estudio comprendió la superficie de bosques nativos, excluidos bosques de preservación y protección, localizados entre las regiones del Maule y Magallanes. El horizonte de evaluación fue de 20 años.

Como resultado se estableció la existencia de una superficie potencialmente productiva de 4,3 millones de hectáreas de bosques nativos y una superficie disponible, susceptible de intervenir para efectos de aplicación de la ley, de 1,1 millones de hectáreas. De la superficie disponible, en el horizonte de 20 años, se establecería bajo manejo entre 733 mil y 523 mil hectáreas. El potencial de captura de GEI oscilaría entre 52 mil Gg CO<sub>2</sub>eq y 34 mil Gg CO<sub>2</sub>eq totales durante los 20 años contemplados, respectivamente.

En el caso que el horizonte se ampliara a 30 años, manteniendo constante los supuestos anteriores, el potencial de captura de GEI total oscilaría entre 68 mil Gg CO<sub>2</sub>eq y 141

mil Gg CO<sub>2</sub>eq, respectivamente, mientras que para un horizonte de 40 años, el potencial de captura de GEI, oscilaría entre 97 mil Gg CO<sub>2</sub>eq y 234 mil Gg CO<sub>2</sub>eq.

### **2.2.4 Desarrollos del sector privado orientados a la mitigación**

El desarrollo del sector silvoagropecuario, en los últimos 30 años, ha tenido como uno de sus ejes principales ampliar el acceso a mercados de exportación, en especial a Estados Unidos y a la Unión Europea. A modo de antecedente, el 50% de los envíos nacionales va dirigido a mercados que están estableciendo regulaciones sobre materias ambientales (FIA, 2010).

En este sentido los principales rubros del sector han desarrollado una serie de acciones en torno a la mitigación de emisiones de GEI:

#### **Sector vitivinícola**

- Contabilización de emisiones de GEI de todas sus operaciones, directas e indirectas, auditorías de carbono a través de terceros acreditados.
- Compensación de emisiones de CO<sub>2</sub>eq generadas en el transporte a través de proyectos de restauración de bosques, uso de energías renovables y compra de bonos de carbono.
- Disminución del peso de las botellas y otras medidas de eficiencia energética.

#### **Sector forestal**

- Medición de emisiones y huella de carbono de varias empresas forestales, que incluyeron las directas hasta las de terceros derivados de sus actividades.
- Adopción de políticas de autoabastecimiento eléctrico vía quema de biomasa y subproducto de la celulosa.

### **Sector agroindustrial**

- El sector agroindustrial ha buscado estrategias de reducción de huella de carbono en 1 millón de toneladas anuales.
- Medición y reducción de emisiones de GEI de varias empresas exportadoras, a través de medidas de eficiencia energética y optimización de transporte.

### **Sector frutícola**

- Diagnóstico de emisiones de carbono en manzanas rojas y verdes, asociados a las etapas de producción y transporte hasta el mercado de destino.

## **2.2.5 Acciones transversales en el sector silvoagropecuario**

En el sector silvoagropecuario se inició la medición de la huella de carbono de los principales productos de exportación. Ésta es una manifestación visible y cercana del impacto que medidas derivadas del cambio climático en el concierto internacional pueden tener para nuestras actividades agropecuarias, agroindustriales y forestales toda vez que los mercados más exigentes están empezando a demandar el etiquetado de la huella de carbono y todo indica que éste será un requisito creciente.

Como consecuencia de este trabajo y por sugerencia del Consejo de Cambio Climático y Agricultura, se estableció un Convenio de Cooperación con el Instituto Nacional de Normalización (INN), de tal forma de constituir un Comité Espejo a partir del cual se puedan conocer oficialmente los avances que ISO está teniendo en la elaboración del estándar correspondiente y, al mismo tiempo, el INN pueda participar en dicho proceso con la opinión de los actores nacionales relevantes.

Una tarea relevante en el ámbito de los estudios de medición de la huella de carbono consistió en la definición de una estrategia comunicacional común, de tal forma que los resultados fueran siendo comunicados bajo patrones similares por los distintos actores. Así, el Consejo recomendó que los resultados se dieran a conocer indicando sólo la estructura de la huella de carbono de las empresas o productos, antes que los valores absolutos.

## **2.2.6 Escenarios de emisiones futuras de GEI y proyecciones**

No existen estimaciones sectoriales oficiales que proyecten las emisiones del sector silvoagropecuario. Para efec-

tos de esta comunicación se presentan proyecciones en base a los resultados identificados en el estudio "Análisis de opciones futuras de mitigación de GEI para Chile asociadas a programas de fomento en el sector silvoagropecuario" (CGC-UC, 2011), las cuales consideran las proyecciones de emisiones de algunos subsectores del sector silvoagropecuario.

Es importante destacar que las estimaciones de emisiones de GEI para los subsectores ganadería, cultivos y suelos degradados, considerados en el estudio, corresponden a las emisiones del año respectivo, pero las cifras para el subsector forestal corresponden a las capturas de CO<sub>2</sub> equivalentes, acumuladas por todas las plantaciones en pie hasta el año de referencia divididas por el periodo respectivo, es decir, una cifra que muestra un efecto acumulativo desde 2011 hasta el año respectivo expresado como un promedio anual.

### **Subsector ganadería**

Para establecer las proyecciones de emisiones de GEI en el estudio se procedió a estimar para los años 2011, 2020, 2030 y 2050 la producción de equivalentes de CO<sub>2</sub> por tonelada de carne y leche producida. Esto fue realizado siguiendo una proyección del número de cabezas y la productividad por cabeza en el caso de bovinos, usando fuentes de datos secundarias (censos agropecuarios; informes anuales de estadísticas agropecuarias del Instituto Nacional de Estadísticas (INE); producción de carne en vara y recepción de leche de ODEPA). Para el caso de porcinos, la proyección de las existencias porcinas fue hecha por medio de un modelo de regresión logístico y la producción de carne se estimó a partir de la proyección de los datos de productividad (kg carne en vara) por animal vivo entre los años 1984 y 2008 (regresión lineal) y las proyecciones de población para cada región.

Las emisiones de metano y óxido nítrico comprendieron el uso de métodos nivel 1 (Tier 1) para el manejo de estiércol en porcinos (metano y óxido nítrico), de nivel 1 para la emisión de óxido nítrico de estiércol bovino y de nivel 2 (Tier 2) para emisiones de metano por fermentación entérica y manejo del estiércol en bovinos. Finalmente, la estimación de emisiones por unidad de producto se obtuvo dividiendo las proyecciones de emisiones por las proyecciones de producción. Los valores así calculados y presentados en el estudio se muestran en la Tabla 6.

**TABLA 6.** Proyección de emisiones GEI instrumentos de fomento del subsector ganadería (Gg CO<sub>2</sub>eq/año)

Año	Tipo ganado	Total emisiones (Gg CO <sub>2</sub> eq/año)
2011	Bovino carne	3.013
	Vacas leche	901
	Porcinos	1.204
	<b>Total</b>	<b>5.119</b>
2020	Bovino carne	2.962
	Vacas leche	964
	Porcinos	1.609
	<b>Total</b>	<b>5.534</b>
2030	Bovino carne	2.949
	Vacas leche	1.050
	Porcinos	1.800
	<b>Total</b>	<b>5.800</b>
2050	Bovino carne	3.113
	Vacas leche	1.259
	Porcinos	1.894
	<b>Total</b>	<b>6.267</b>

Fuente: CCG UC, 2011

**Subsector cultivos anuales y permanentes**

Para establecer las emisiones GEI se estimó la producción de equivalentes de CO<sub>2</sub> en base al consumo de nitrógeno aplicado a los suelos. Este consumo fue determinado con la dosis de fertilizante nitrogenado recomendada para la producción y la proyección de la extensión de superficie sembrada y/o plantada. Se utilizaron, al igual que en ganadería, los Censos Agropecuarios, informes anuales de Estadísticas Agropecuarias del INE y la producción agrícola (Odepa) como fuentes de información. Las estimaciones se realizaron para los años 2011, 2020, 2030 y 2050. Las proyecciones de superficies para los cultivos anuales

y permanentes se realizaron a partir de la tendencia de los datos históricos disponibles de los últimos 10 años y de la opinión de un panel experto, lo que permitió considerar el comportamiento del mercado para cada uno de los cultivos implicados en el análisis.

Las emisiones de GEI corresponden principalmente a óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) proveniente de la aplicación de nitrógeno a los suelos como resultado de la fertilización nitrogenada, las que fueron estimadas a partir de las superficies proyectadas. Los valores estimados de emisiones de GEI para cultivos anuales y permanentes totales se muestran en la Tabla 7.

**TABLA 7.** Proyección de emisiones GEI instrumentos de fomento del subsector cultivos anuales y permanentes (Gg CO<sub>2</sub>eq/año)

Año	Cultivo	Gg CO <sub>2</sub> eq
2011	Anuales y permanentes	1.289
2020	Anuales y permanentes	1.371
2030	Anuales y permanentes	1.429
2050	Anuales y permanentes	1.527

Fuente: CCG UC, 2011

### Subsector suelos degradados

Para establecer las emisiones proyectadas del subsector suelos degradados se realizó una sistematización de las actividades sujetas a bonificación por el Programa sistema de incentivo para la recuperación de suelos degradados, en adelante SIRSD, incluyendo las labores o actividades bonificadas registradas en la base de datos facilitada por el SAG del Ministerio de Agricultura para el periodo 2000-2009 y las actividades bonificadas registradas por el Indap para el periodo 2007-2009. De estas bases de datos se procedió a seleccionar las actividades implicadas en la mitigación o emisión de GEI según literatura de referencia del estudio y juicio de expertos.

El periodo de proyección de emisiones sólo se hizo en el estudio hasta el año 2022, ya que la ley actual involucra la entrega de presupuestos hasta ese año. Para calcular las proyecciones de emisión/secuestro de GEI, se tomaron las superficies proyectadas por grupo de actividades y se multiplicaron por los factores de emisión identificados para cada grupo de actividades. Con esta información fue posible generar la Tabla 8 que resume la incidencia de las actividades en la mitigación de GEI para los años 2011 y 2020, sin considerar los años 2030 y 2050.

**TABLA 8.** Proyección de emisiones GEI instrumentos de fomento del subsector suelos degradados (Gg CO<sub>2</sub>eq/año)

Año	Actividad	Emisiones Gg CO <sub>2</sub> eq/año
2011	Abono orgánico	-25,4
	Enmiendas calcáreas	7,9
	Cero labranza	-4,8
	Habilitación agrícola	7,4
	Praderas	-29,9
<b>Total 2011</b>		<b>-44,8</b>
2020	Abono orgánico	-10,6
	Enmiendas calcáreas	10,4
	Cero labranza	-1,9
	Habilitación agrícola	3,1
	Praderas	-34,7
<b>Total 2020</b>		<b>-33,8</b>

Fuente: CCG UC, 2011

### Subsector forestal

Las estimaciones de emisiones GEI del subsector forestal presentadas en el estudio indicado están ligadas a la generación de plantaciones bonificadas y consideran un escenario en el cual la Ley 19.561 de 1998 (que modificó al DL 701 de 1974) no se prolonga más allá del año 2011. El análisis contempla que el DL 701, en su forma de aplicación actual, considera los componentes de bonificación a pequeños propietarios y, para actividades de forestación, recuperación de suelos y/o estabilización de dunas en suelos frágiles, ñadis o en proceso de desertificación, en suelos degradados o en suelos degradados con pendientes mayores a 100% (este último es independiente del tipo de propietario, por lo que se asume que estos terrenos se forestarán en ausencia del instrumento, pero con una tendencia decreciente).

De acuerdo a la definición del IPCC el sector uso del suelo, cambio de uso de suelo y forestal (CUTS) contabiliza emisiones de GEI, principalmente dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y captura de carbono. Para el caso de las plantaciones se considera sólo la captura de  $\text{CO}_2$  mediante la categoría "balance de carbono por cambios en la dotación de recursos forestales y leñosos", la cual involucra un balance entre la expansión de la biomasa en tierras forestales y la cosecha anual de productos forestales (básicamente madera y leña). Para su cálculo se utilizaron la base de datos de superficies y montos de bonificaciones forestales 1976-2009 de la Conaf, estadísticas forestales del Infor y parámetros técnicos como composición de la biomasa, razón entre la biomasa de las raíces y la biomasa aérea, densidad de madera fustal, contenido de carbono por componentes, productividad regional por especies y manejo productivo por especie.

La estimación de emisiones proyectadas de  $\text{CO}_2$  se realizó proyectando la superficie anual de forestación para distintas especies, que en combinación con tablas de rendimiento entregan un volumen en  $\text{m}^3$  por hectárea para las especies de eucaliptos y pinos, el cual es transformado multiplicándolo por la densidad anhidra de la especie en toneladas de materia seca por hectárea para, finalmente, transformarlo en toneladas de materia seca total por hectárea usando un factor de expansión que da cuenta de la proporción de materia seca total. Esta materia seca total es transformada a toneladas de  $\text{CO}_2$ , asumiendo un 50% de carbono en la materia seca total y un factor de expansión de (44/12) de carbono a  $\text{CO}_2$ . Se consideraron distintas

especies manejadas en forma extensiva en sitios de baja productividad.

Los dos componentes del programa de bonificaciones del DL 701 tienen aproximadamente un 50% de participación a lo largo del periodo 2000-2009. Sin embargo, al calcular el promedio del periodo 2005-2009 se observa una tendencia a la disminución en la participación del componente forestación y una tendencia al aumento del componente Recuperación Suelos Degradados con una participación promedio de 68%. Este último componente es independiente del tipo de propietario por lo que es posible asumir que una fracción menor se forestará incluso en ausencia del instrumento. Con la opinión de instituciones como la Corporación Chilena de la Madera (Corma) y Odepa, se utilizó un juicio de experto para calcular la tasa de forestación en hectáreas a proyectar al año 2050. Al no existir un incentivo directo a la forestación, esta tasa se asume que disminuye instantáneamente en el año 2011 hasta un equivalente al 10% de la tasa promedio histórica del periodo 2005-2009.

Se asume también en los cálculos del estudio que todo el carbono contenido en la biomasa viva es emitido en el momento en que el bosque es cosechado, lo que es consistente con el uso actual de la biomasa residual de cosecha y constituye un criterio conservador al estimar el secuestro en estas plantaciones (Tabla 9). La proyección de superficie en hectáreas, para los años 2020, 2030 y 2050, junto con las estimaciones de rendimiento por hectárea para cada especie por región, permite estimar la captura de carbono de la biomasa aérea y de raíces de las plantaciones forestales. Se asume que el bosque es manejado en un ciclo de plantación-cosecha hasta los años presentados.



Foto: Ministerio del Medio Ambiente. Gobierno de Chile

**TABLA 9.** Proyección de emisiones GEI instrumentos de fomento del subsector forestal (Gg CO<sub>2</sub>eq/año)

Año	TOTAL (Gg CO <sub>2</sub> eq/año)
2011	-5,5
2020	-150,0
2030	-149,4
2050	-96,1

Fuente: CCG UC, 2011

**Emisiones GEI de los subsectores estudiados con programas de fomento**

La Tabla 10 muestra las emisiones de GEI totales (Gg CO<sub>2</sub>eq) por año para los subsectores del sector silvoagropecuario considerados en este estudio y que han sido identificados como los más relevantes. La tendencia en todos los subsectores según indica el estudio, es a aumentar sus emisiones (o disminuir el secuestro en el caso forestal) lo que es una consecuencia directa del incremento en producción en el caso de cultivos y ganadería y del nuevo foco que proba-

blemente tendrá el programa SIRSD, el cual pone énfasis en actividades productivas. En el caso de las plantaciones forestales, el secuestro anual disminuye principalmente porque año a año la superficie de plantaciones que se forestan es menor. La captura disminuye gradualmente entre los años 2020-2050, donde no hay nuevas hectáreas incorporándose.

El desarrollo productivo previsto para los subsectores ganadería y cultivos domina la magnitud de las cifras de emisiones, ya que los subsectores que aparecen como capturadores netos (suelos y forestal) no alcanzan a neutralizar el nivel de las emisiones. Esto es especialmente significativo en el caso del subsector forestal, donde la ausencia de un programa de incentivos a la forestación resulta en una estabilización de las hectáreas y por consiguiente de las tasas de captura de CO<sub>2</sub>. El nuevo foco que se le daría al programa SIRSD redundaría en una mayor emisión (o menor captura) en el largo plazo, por el aumento de fertilización y enmiendas calcáreas, y la disminución o estancamiento de la superficie de praderas.

**TABLA 10.** Proyección de emisiones de GEI para subsectores seleccionados del sector silvoagropecuario por efecto del uso de instrumentos de fomento

Subsector	2020	2030	2050
	(Gg CO <sub>2</sub> eq/año)	(Gg CO <sub>2</sub> eq/año)	(Gg CO <sub>2</sub> eq/año)
Forestal	-150,0	-149,4	-96,1
Suelos degradados	-33,8	0	0
Cultivos anuales y permanentes	1.371,1	1.428,5	1.527,2
Ganadería	5.534,4	5.800,3	6.266,6
Total	6.721,8	7.079,4	7.697,7

Fuente: CCG UC, 2011



Foto: Ministerio de Agricultura. Gobierno de Chile

## 2.3 SECTOR TRANSPORTE

El sector del transporte en Chile, como en la mayoría de los países del mundo, aporta un alto porcentaje de las emisiones nacionales de GEI por el alto consumo asociado de combustibles fósiles. De acuerdo a cifras del inventario de emisiones de GEI para el año 2006, en Chile las emisiones de CO<sub>2</sub>-equivalente del sector del transporte, incluidas en la Tabla 11 con valores para 2006, son causadas mayoritariamente por el transporte caminero (92.3%), seguidas por el transporte aéreo nacional (5.1%), el transporte marítimo nacional (2.2%) y en menor medida por el sector ferroviario (0.4%).

**TABLA 11.** Distribución de emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente (CO<sub>2</sub>eq) durante el año 2006 para el sector de transporte en Chile

Subcategorías del Sector Transporte	Año 2006 (Gg CO <sub>2</sub> eq)
Caminero	15.750
Ferrovionario	58
Marítimo Nacional	381
Aéreo Nacional	874
Total	17.063

Fuente: Inventario Nacional de Emisiones de Chile, Ingei

En algunas ciudades de Chile, se han reportado altos niveles de contaminación atmosférica local. Parte de la contribución en el caso de las ciudades de mayor tamaño del país (Santiago, Concepción, Valparaíso-Viña del Mar) proviene de las emisiones del transporte caminero (Cenma, 2005). Controlar las emisiones, principalmente las de material particulado y sus precursores, constituye el principal foco de trabajo regulatorio y de fiscalización de las autoridades, locales y nacionales, ambientales y del transporte. Los esfuerzos en mitigación de emisiones de GEI asociadas al transporte caminero aparecen entonces como un cobeneficio directo para el país y en línea con el trabajo ambiental en ejecución.

### 2.3.1 Marco regulatorio orientado a la mitigación

En este periodo se ha mantenido al Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, a través de su Subsecretaría de Transportes, como la institución del sector público cuya principal función apunta a generar políticas, condiciones y normas para el desarrollo de sistemas de transporte eficientes, seguros y amigables con el medioambiente, otorgando un acceso equitativo a los distintos modos de

transporte y, de esta forma, resguardar los derechos de los usuarios. La aplicación de acciones de fiscalización para el control de los vehículos incluidos en el sistema de transporte del país se encuentra radicada en esta Subsecretaría, incluyendo el control de las emisiones vehiculares tanto aquellas asociadas a la contaminación atmosférica local como global.

Alineada con la Subsecretaría de Transportes y el Sistema Nacional de Inversiones de Mideplan, la Secretaría de Planificación del Transporte (Sectra), es el organismo técnico especializado a cargo de planificar en forma integral y evaluar socialmente las iniciativas de inversión en infraestructura y gestión de los sistemas de transporte en el nivel nacional, regional y local, con el propósito de mejorar la calidad de vida de los usuarios. Para ello, desarrolla herramientas metodológicas y bases de información, aporta modelación, asesoría y apoyo técnico a los agentes relacionados y realiza estudios de preinversión, análisis y proposiciones técnicas. Desde el año 2001 efectúa estudios orientados a evaluar las emisiones del transporte urbano, incluyendo gases contaminantes locales y de efecto invernadero, así como consumos de combustible.

A partir de 2007, el PPEE también incluyó acciones orientadas a la evaluación de las posibilidades que el sector del transporte caminero tiene en la reducción de su consumo energético y, con ello, en la reducción de emisiones de GEI.

Durante la década de 2000, el marco regulatorio en el sector transportes se orientó al abatimiento de emisiones asociadas a contaminantes locales, pero no específicamente a mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero. El enfoque estuvo más bien orientado al diseño y aplicación de instrumentos informativos o de incentivo económico.

Dos ejemplos en este sentido son el incentivo financiero a la incorporación de vehículos híbridos en la flota de transporte privado y el programa nacional de recambio de camiones. Respecto al primero, en marzo de 2008, el Gobierno incorporó dentro de sus medidas impositivas, orientadas al sector de transporte privado, un beneficio tributario a quienes compraran vehículos híbridos nuevos. El apoyo financiero consistió en la devolución por cuatro años del costo del permiso de circulación que los vehículos deben pagar anualmente. Se estima que, apoyado por este tipo de incentivos, el mercado automotor aumentó las ventas desde 61 unidades en 2006 a 190 en 2008 con



lo que en 2010 unos 450 autos híbridos circulaban en el país (Geasur, 2010). El programa nacional de recambio de camiones (iniciativa *Cambia tu camión*) de la CNE y el PPEE, en tanto, se inició en septiembre de 2009, con el objetivo principal de generar un incentivo a los dueños de camiones de mayor antigüedad para que los renovaran, contribuyendo de esta forma a la modernización del transporte de carga y al mejoramiento de la eficiencia energética y comportamiento ambiental del mismo<sup>5</sup>. Este Programa supone el proceso de destrucción (chatarización) de los camiones con más de 25 años y propicia la renovación de los mismos a través del otorgamiento de un incentivo económico para sus propietarios, por lo general, microempresarios del transporte, dispuestos a renovar su vehículo, pero con dificultades financieras para adquirir camiones nuevos y más eficientes. El Gobierno otorga incentivos económicos diferenciados a los beneficiarios, de acuerdo a las características de tamaño del nuevo vehículo, conforme esto, el diferencial entre el monto del incentivo y el valor del camión nuevo debe ser solventado por el beneficiario a través de la obtención de un crédito bancario.

El marco regulatorio activo en este periodo fue el asociado al control de las emisiones de contaminantes locales (material particulado, principalmente) por la flota vehicular de la Región Metropolitana, donde se encuentra Santiago. Esta región se encuentra desde 1996 declarada como una zona con incumplimiento de las normas atmosféricas de calidad primaria para el material particulado (PM<sub>10</sub>), ozono (O<sub>3</sub>) y monóxido de carbono (CO), para lo cual opera desde 1998 un plan de descontaminación, que incluye medidas específicas destinadas a controlar las emisiones locales del sector transporte.

También se mantuvo en este periodo la fiscalización nacional de las emisiones vehiculares de gases locales en plantas de revisión técnica, para todos los vehículos que circulan en el país, a cargo de la Subsecretaría de Transportes.

### 2.3.2 Programas sectoriales 2000-2010

El sector del transporte caminero nacional ha estado especialmente activo en la búsqueda de opciones sectoriales de beneficio ambiental, las que también contribuyen a

la mitigación de emisiones de GEI. Estas se pueden clasificar en:

- Promoción de la penetración de tecnologías vehiculares bajas en carbono.
- Reestructuración del ordenamiento del transporte público urbano.
- Recambio tecnológico de flotas.
- Promoción de alternativas modales.
- Implementación de medidas de eficiencia energética en flotas prioritarias.

El PANCC recoge también varias de estas iniciativas, tanto bajo la línea prioritaria de mitigación de las emisiones nacionales de GEI, al incluir como una de sus acciones específicas en este ámbito la de proveer la infraestructura y seguridad necesarias para el uso masivo y habitual de la bicicleta como medio de transporte; como en la línea prioritaria de creación y fomento de capacidades y, de su línea de acción orientada al diseño

de instrumentos de fomento al desarrollo, transferencia y adopción de tecnologías para la mitigación y la adaptación al cambio climático, en la que se incluyen dos acciones específicas relacionadas con el sector transporte. Por una parte, poner en marcha el sistema de etiquetado que informe a los consumidores sobre el rendimiento y los niveles de emisión de gases contaminantes de los vehículos nuevos, incluidas las emisiones de CO<sub>2</sub>, sistema puesto en práctica durante 2010 y, por otra parte, desarrollar incentivos para la utilización de vehículos más eficientes energéticamente, como los vehículos de cero o muy baja emisión.

#### ***Promoción de la penetración de tecnologías vehiculares bajas en carbono***

Otras acciones del sector público, orientadas a la promoción de tecnologías bajas en carbono, son el ecoetiquetado de vehículos, medida que es parte de los compromisos del MTT dentro del PANCC y el proyecto de ley presentado el segundo semestre de 2009 al Congreso Nacional,

<sup>5</sup> El año 2008 el sector de transporte de carga, contaba con una flota nacional de 140.000 vehículos (115.000 camiones simples y 25.000 tractocamiones), con una elevada antigüedad del parque (con un promedio de 13 y 10 años, respectivamente), la que aumenta en la medida que el tamaño de la flota de las empresas se reduce, característica propia del mercado "atomizado" (73% de las empresas de transporte de carga poseen sólo un camión con una antigüedad promedio de 15 años).

con el fin de incluir a vehículos de baja emisión (híbridos, eléctricos, uso de combustibles sustitutos: gas natural dedicado, hidrogeno) en las categorías oficiales de vehículos vigentes en el país. Ambas iniciativas están en proceso de aprobación para 2011.

### ***Reestructuración del ordenamiento del transporte público urbano***

Durante la década pasada, el MTT y Sectra trabajaron con los gobiernos regionales en proyectos de reestructuración del ordenamiento del transporte público en las ciudades más grandes de Chile, para lograr una reducción global en la cantidad de viajes. La mayor iniciativa del periodo fue la implementación de Transantiago, en la Región Metropolitana, cuyo inicio en febrero de 2007, como parte del plan de transporte urbano 2000-2010 para Santiago, marcó la apertura de una nueva era para el transporte público de la capital. Transantiago es un sistema de transporte público integrado que combina el uso de las líneas del Metro, con líneas troncales y alimentadoras de buses ordenadas por sectores de la ciudad y el empleo de una tarjeta electrónica para recaudación del pasaje. Su implementación no ha estado ajena a dificultades que, a dos años de su puesta en marcha, aún no se solucionan completamente. Sin embargo, ordenó la circulación de los buses y disminuyó su número (Universidad de Chile, 2010).

También durante este periodo, se decretó el congelamiento por cinco años del número de taxis en la Región Metropolitana, iniciándose esta medida en 2005. A 2009, existían 41.408 taxis (básicos, colectivos y de turismo) según los registros de la Subsecretaría de Transportes y el INE.

### ***Recambio tecnológico de flotas***

En el año 2009 la Comisión Nacional de Energía a través del PPEE, implementó el programa Cambia tu Camión, a través del cual se chatarrizaron 196 camiones de más de 25 años de antigüedad, reemplazándolos por vehículos con tecnología de punta y alto desempeño energético y ambiental.

Además, durante 2010 el MTT evaluó un proyecto de chatarrización de buses de locomoción colectiva en regiones, que permita su reemplazo por vehículos más modernos. El impacto en las ciudades de regiones -distintas de la metropolitana- se espera que sea alto por la mayor antigüedad de las flotas en circulación.

También en la década pasada, el MTT promovió que flotas de taxis y taxis colectivos se convirtiesen a gas natural, principalmente a través de retrofitting de vehículos existentes. A 2009, según la subsecretaría de Transportes, se estima que el porcentaje de vehículos a gas natural en la Región Metropolitana es de un 3% en el caso de taxis y 10% en el de taxis colectivos.

### ***Promoción de alternativas modales***

Respecto al metro de Santiago, en los años 2000 (extensión de la línea 5), 2004 (extensión de línea 2), 2005 (línea 4) y 2006 (línea 4 A) ocurrieron ampliaciones progresivas de esta red, la que a diciembre de 2009 contaba con 94 km y 101 estaciones, repartidas en cinco líneas interconectadas por las que circulan 2.3 millones de pasajeros cada día. Otros casos de sistemas de transporte urbanos implementados en esta década son el Metro de Valparaíso (Merval), inaugurado en 2005 y que cuenta con una red de 43 km y 20 estaciones y el tren suburbano del Gran Concepción, Biovías, también inaugurado el año 2005, que cuenta con dos líneas y 17 estaciones en total.

Respecto a la promoción del uso de medios no motorizados en las ciudades del país, durante la década pasada se dio un intenso trabajo conjunto entre el MTT, Sectra, Minvu y las autoridades regionales en este sentido, principalmente a través de la creación y mantenimiento de infraestructura de ciclo vías. A 2009, hay once ciudades en Chile que cuentan con ciclo vías construidas y en operación. Es importante mencionar las múltiples barreras que tiene el mantenimiento de este tipo de iniciativas, tales como culturales, educacionales y de seguridad de los usuarios frente a accidentes.

### ***Implementación de medidas de eficiencia energética en flotas prioritarias***

Vale la pena destacar que el análisis de medidas para mejorar la eficiencia en el transporte de carga interurbano a nivel nacional, ha sido una de las áreas de trabajo específicas del MTT a partir de 2005, la que desde 2007 compartió con el PPEE, realizando proyectos piloto. Este sector del transporte se caracteriza por sus altos consumos de combustibles y emisiones de GEI, por lo que resulta importante estudiar su eficiencia tecnológica y la preparación y aplicación de normativas, aunque existen desafíos para regular el sector. Un ejemplo de iniciativas en este sector corresponde a un proyecto piloto de capacitación en conducción eficiente para choferes de pequeñas empresas

del rubro del transporte de carga interurbano, liderado por el PPEE y la Agencia Chilena de Eficiencia Energética en el año 2009 y 2010 titulado “Mueve tu camión con buena energía” que también incluyó un módulo de gestión de flotas y otro de inspección técnica y mecánica a los vehículos, obteniendo ahorros de combustible de alrededor de 10% en las empresas participantes (ACHEE, comunicación personal).

### 2.3.3 Opciones potenciales de mitigación sectorial

Se presentan los resultados de los dos principales estudios respecto a opciones de mitigación de GEI en el sector transporte, financiados por instituciones del sector público. Su ejecución concluyó el primer semestre de 2010.

El estudio “Análisis de opciones futuras de mitigación de gases de efecto invernadero para Chile en el sector energía” (Poch Ambiental, 2010), fue financiado por Minenergía y la Conama. En él se utilizó el software LEAP y

se modelaron independientemente los sistemas interconectados del país, atendiendo las distintas proyecciones de sus parques generadores. Para el sector de los combustibles, las proyecciones de sus consumos se realizaron siguiendo un ordenamiento “top-down” y mediante un análisis econométrico. Los resultados se presentaron en tres cortes temporales: 2010, 2020 y 2030.

En el caso de las medidas para el sector del transporte, este estudio estuvo orientado solamente hacia aquellas del subsector del transporte caminero por su contribución dominante en las emisiones de GEI respecto a los otros modos de transporte. La mayoría son propuestas de mejora de la eficiencia energética en los vehículos y hay también propuestas en cambio modal, tecnológicas y/o de cambio de combustible, según se presenta en la Tabla 12. Para cada medida se construyó una ficha descriptiva, considerando los potenciales de penetración y mitigación, costos estimados, datos y supuestos considerados.

**TABLA 12.** Consolidado de medidas/tecnologías de mitigación de gases de efecto invernadero levantadas para el sector transporte caminero

Actividad	Categoría	Tecnología/Medida	Descripción
Transversal	Cambio tecnológico y/o de combustible	Uso de biocombustibles	Utilización de un porcentaje de biocombustibles (biodiésel) como reemplazo del diésel.
Transversal	Eficiencia energética	Conducción eficiente (Ecodriving)	Capacitación a los conductores de vehículos livianos, buses, taxis colectivos y camiones en mejores prácticas de conducción (Eco Driving) disminuyendo el consumo de combustible utilizado y por lo tanto las emisiones de CO <sub>2</sub> asociadas.
Vehículos livianos	Cambio Modal	Cambio modal producto de la construcción de nuevos kilómetros de metros	Construcción de kilómetros adicionales de metro. La reducción de emisiones se relaciona con el traspaso de usuarios de vehículos particulares (gasolina) a la red de metro aumentando la cantidad de pasajeros transportados por viaje.
Camiones interurbanos	Eficiencia energética	Mejoras Aerodinámicas	Implementación de equipamiento aerodinámico para mejorar el rendimiento de combustible (diésel) en camiones interurbanos.
Camiones interurbanos	Eficiencia energética	Renovación parque de camiones de carga	Renovación de camiones con una antigüedad mayor a 25 años por camiones nuevos con mejores rendimientos para reducir consumo de diésel y las emisiones de GEI asociadas.
Vehículos livianos	Eficiencia energética	Renovación parque de vehículos livianos	Renovación de vehículos con una antigüedad mayor a 25 años por vehículos nuevos con mejores rendimientos para reducir las emisiones de GEI del parque.
Vehículos livianos	Cambio tecnológico y/o de combustible	Vehículos híbridos para renovación del parque.	Renovación de vehículos convencionales (gasolina) por vehículos híbridos. La reducción de emisiones de GEI se relaciona con el mejor rendimiento de los automóviles híbridos.

Fuente: Poch, 2010

De acuerdo al resumen de resultados (ver Tabla 13), se aprecian medidas con costos positivos y negativos (es decir, de ahorro neto). En términos de reducción de emisiones, las dos más efectivas en el periodo 2010-2030 respecto a la línea base, son la asociada a los biocombustibles (aumentar progresivamente la penetración del consumo de biocombustibles en el transporte caminero del país desde un 2% en 2015, hasta un 15% en 2030) y la de mejoras aerodinámicas en el parque actual de camiones y tractocamiones circulantes en el país, hasta llegar a un 40% del parque que no incluye de fábrica la implementación de este tipo de medidas.



Foto: Transantiago. Gobierno de Chile

**TABLA 13.** Resumen de resultados del sector transporte para escenario de referencia 2010-2030

Sector	Medidas	VP Costos sectoriales (MMUS\$)	VP Costos totales (MMUS\$)	Reducción GEI acumulada (millones ton CO <sub>2</sub> eq)	Costo medio sectorial (US\$/ton CO <sub>2</sub> eq)	Costo medio total (US\$/ton CO <sub>2</sub> eq)
Transporte	Biocombustibles	1.043	1.043	23	45	45
	Conducción eficiente	-229	-229	3	-69	-69
	Expansión líneas de metro	133	134	1	182	182
	Mejoras aerodinámicas	-2.088	-2.088	13	-163	-163
	Renovación parque de camiones de carga	72	72	0,10	743	743
	Renovación parque de vehículos livianos	11	11	0,004	3.042	3.042
	Vehículos híbridos	-77	-77	3	-30	-30
	Conjunto	-1.134	-1.134	43	-26	-26

Fuente: Poch, 2010

El segundo estudio es “Análisis y desarrollo de una metodología de estimación de consumos energéticos y emisiones para el transporte” (Sistemas Sustentables, 2010), financiado por Sectra. En éste, específico para el sector transporte, se estimó a través de modelos econométricos una proyección de consumos energéticos regionales para los distintos modos de transporte del país para el periodo 2010-2025. Con esta información se calcularon emisiones asociadas para contaminantes atmosféricos locales y globales.

Respecto a la evaluación del impacto que tendrían medidas de reducción en el consumo de combustibles, se evaluaron las siguientes cinco medidas:

- Cambio tecnológico en vehículos particulares, permitiendo la entrada de tecnología híbrida a gasolina, híbrido plug-in y eléctricos (3% en total). Además, el retiro de vehículos con tecnología Euro I en la misma proporción, en la región de Valparaíso.
- Cambio tecnológico en taxis básicos y colectivos en la región metropolitana, reemplazando un 3% de vehículos a gasolina con tecnología Euro III y un 15% de vehículos a gasolina con tecnología Euro I de la línea base, por la misma cantidad total de vehículos nuevos con tecnologías híbrido a gasolina, híbrido plug-in y eléctricos.
- Intercambio modal camión y tren, a través de la disminución del parque de camiones medianos y pesados de un 10% en la VIII región y su reemplazo por el uso de trenes con fines de transporte de carga. La Tabla 14 representa las reducciones estimadas en términos del consumo evitado de combustibles por la aplicación de estas medidas a 2015.
- Conducción eficiente en vehículos particulares, permitiendo un ahorro del 10% en consumo para un 10% de los vehículos circulantes en tres regiones del país.
- Conducción eficiente en camiones para el transporte de carga, permitiendo un ahorro del 10% en consumo para un 20% de los camiones circulantes a partir del año 2015 en tres regiones del país.

**TABLA 14.** Reducciones en el consumo de combustibles por la aplicación de medidas en el sector del transporte caminero para el año 2015

Medidas	Vehículos afectados	Reducciones en consumo de combustibles, 2015
#1	Vehículos particulares	8.707,6 m <sup>3</sup> diésel; 24.055,1 m <sup>3</sup> gasolina
#2	Camiones	9.326,54 m <sup>3</sup> diésel
#3	Vehículos particulares	12.413,84 m <sup>3</sup> gasolina
#4	Taxis y colectivos	19.097,50 m <sup>3</sup> gasolina
#5	a) Camiones	19.516 m <sup>3</sup> diésel
	b) Trenes	- 5.561 m <sup>3</sup> diésel (*)
(*) consumo adicional por mayor demanda de transporte ferroviario		

Fuente: Sistemas Sustentables, 2010

Como aporte del estudio, el consultor construyó una aplicación en Access que permite evaluar el impacto en mitigación de emisiones de GEI de distintas medidas, tanto de nivel regional como nacional, las que se pueden definir por el usuario.

### 2.3.4 Desarrollos del sector privado orientados a la mitigación

En esta sección, se presentan dos iniciativas propiciadas por el sector privado. En 2007, la Confederación de la Producción y el Comercio, entidad gremial de alcance nacional que agrupa a las empresas del país, distinguió con el premio de la Eficiencia Energética a la empresa de transporte interurbano LitCargo, por iniciativas orientadas a mejorar la eficiencia energética en su flota. A la fecha, es la única empresa del rubro del transporte que ha recibido este galardón. Por otra parte, desde 2009 existe en Punta Arenas un programa entre empresarios del transporte público de pasajeros en conjunto con el gobierno local para utilizar buses con tecnología exclusiva a GNC. A inicios de 2010 se cuenta con cuatro recorridos del transporte público de esa ciudad del sur de Chile circulando con esta fuente de combustible local.

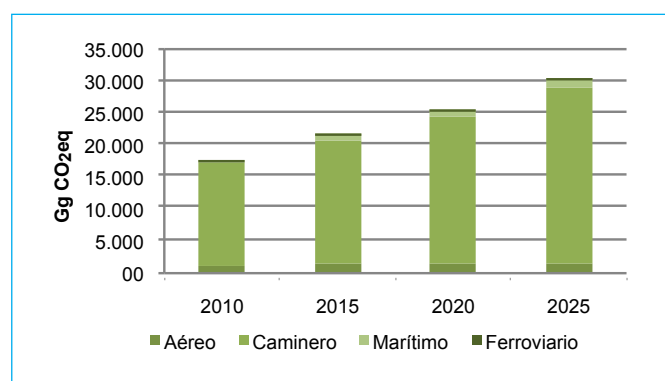
También vale la pena señalar que existen pequeñas flotas vehiculares de actividades de reparto, que funcionan en el centro de Santiago, que usan tecnologías eléctricas y de gas licuado/gas natural comprimido.

### 2.3.5 Proyecciones en las emisiones de GEI del sector

A partir de la proyección de consumos de combustibles en el sector transporte, estimada para el periodo 2010 a

2025, realizada por el estudio “Análisis y desarrollo de una metodología de estimación de consumos energéticos y emisiones para el transporte”, se calcularon las emisiones asociadas a los GEI para este periodo.

La Figura 6 indica las contribuciones crecientes de los modos de transporte caminero, aéreo, marítimo y ferroviario a las emisiones nacionales de CO<sub>2</sub>eq entre los años 2010 y 2025, considerando la desagregación por modos de transporte que se utiliza en el estudio indicado. La relevancia que tiene el sector caminero en las proyecciones se mantiene prácticamente inalterada, según se aprecia en la Tabla 15 en el periodo evaluado.

**Figura 6.** Proyección de emisiones de CO<sub>2</sub>eq en el sector del transporte chileno para el periodo 2010-2025

Fuente: Ministerio del Medio Ambiente, en base a datos de Sistemas Sustentables (2010)

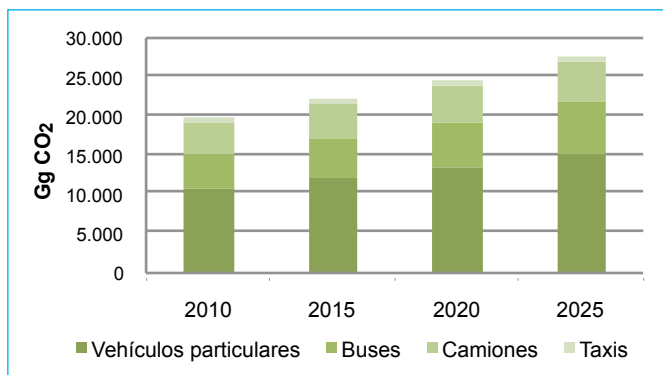
**TABLA 15.** Proyección porcentual de emisiones de CO<sub>2</sub>eq en el sector del transporte según modos para el periodo 2010-2025

Modo	2010	2015	2020	2025
Aéreo	5,3%	5,2%	4,6%	4,4%
Caminero	91,4%	90,5%	90,5%	90,2%
Marítimo	3,0%	4,0%	4,6%	5,2%
Ferroviario	0,3%	0,3%	0,3%	0,2%

Fuente: Ministerio del Medio Ambiente, en base a datos de Sistemas Sustentables (2010)

Considerando la relevancia de las emisiones del sector del transporte caminero, se presentan resultados más detallados de las proyecciones en las emisiones de GEI solamente para este sector. En particular, se abordan cuatro aspectos: el aporte de las familias que conforman el parque de vehículos de transporte caminero; los combustibles que se consumen mayoritariamente en el sector; las regiones del país donde ocurren los mayores consumos de combustibles en este sector y, las tecnologías de mejoramiento de los niveles de emisiones (principalmente para contaminantes locales) y su impacto en las emisiones del parque de vehículos particulares del país.

Respecto a las familias que conforman el parque de vehículos de transporte caminero del país, el estudio organizó la información a través de cuatro familias de vehículos: particulares, taxis, buses y camiones. Según se aprecia en la Figura 7, las emisiones de GEI de los vehículos particulares son las que dominan dentro del modo de transporte caminero. Esta contribución, en términos de emisiones de GEI, crece para los vehículos particulares de un 54% al año 2010 a un 56% en 2025, como valores calculados respecto a las otras tres familias de vehículos del parque.



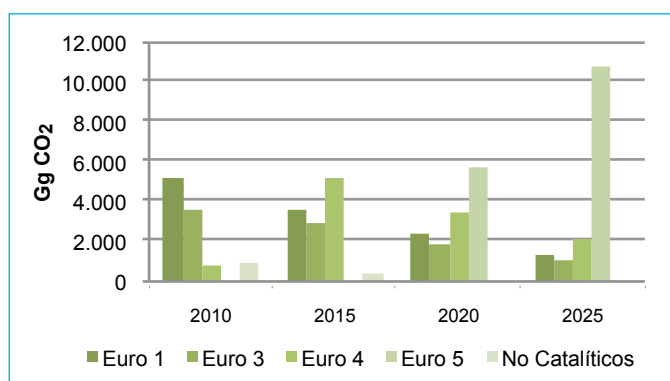
**Figura 7.** Proyección de emisiones de CO<sub>2</sub> en el modo del transporte caminero por familia de vehículos para el periodo 2010-2025

Fuente: Ministerio del Medio Ambiente, en base a datos de Sistemas Sustentables (2010)

En términos de consumos de combustible en el modo del transporte caminero, se estima que el consumo porcentual de diésel crecerá respecto al de la gasolina, el otro combustible de uso común en el país, debido principalmente a un mayor ingreso esperado de vehículos particulares diésel. Así, las emisiones de CO<sub>2</sub>eq asociadas al diésel se estima que ascenderán porcentualmente desde un 53% en el año 2010 a un 69% el año 2025.

Ahora bien, respecto a la distribución geográfica de las emisiones de GEI en las 15 regiones del país, la Metropolitana es lejos la mayor consumidora de combustibles con fines de transporte caminero, contribuyendo con un 37% de las emisiones a nivel nacional. No obstante, en el estudio se pronostica una declinación a un 33% en 2020 y 32% a 2030.

Finalmente, respecto a la introducción progresiva en la flota de vehículos particulares de aquellos con tecnologías de mejoramiento de sus niveles de emisiones (denominados como vehículos de la familia Euro, en este caso Euro1 a Euro5), la Figura 8 permite apreciar la paulatina desaparición de tecnologías más contaminantes y la relevancia que toman tecnologías más modernas como la Euro 5 en las emisiones de GEI de la flota vehicular nacional. Es así como la tecnología Euro 5 se vuelve dominante después de 2020. Las reducciones que se logran en las emisiones para vehículos equipados con tecnologías "Euro" son mucho mayores en el caso de contaminantes locales que en el caso de los GEI. Así, este recambio tecnológico por sí solo no logra revertir la tendencia creciente en emisiones de GEI del sector.



**Figura 8.** Proyección de emisiones de CO<sub>2</sub> de la flota de vehículos particulares en el país según tecnología de control de sus emisiones para el periodo 2010-2025

Fuente: Ministerio del Medio Ambiente, en base a datos de Sistemas Sustentables (2010)

## 2.4 SECTOR MINERÍA DEL COBRE

Chile es el primer productor de cobre del mundo, contribuyendo con un 34% de la producción del planeta. Los principales productos del cobre que Chile comercializa a nivel mundial son cátodos obtenidos por electro-obtención (39%), concentrado de cobre (33%) y cátodos obtenidos por electrorefinación (20%) según cifras de 2010 (Cochilco, 2011).

A nivel nacional, la minería del cobre es de primera relevancia para la economía del país, ya que un 17,4% del PIB de Chile lo aportó este sector en el año 2010 (Banco Central, 2011).

Así también, la industria del cobre es un consumidor relevante de energía, tanto en consumo directo de combustibles como eléctrico. En 2009 consumió un 17% de la generación neta del SIC y un 84% de la del SING (Consumo de energía y emisiones de gases de efecto invernadero asociadas de la minería del cobre de Chile para 2009 (Cochilco, 2010)). La explotación y producción del cobre en el país considera una serie de procesos, que van desde la extracción del mineral (mina de rajo abierto o subterránea), pasando por la concentración y refinación, si se trata de minerales sulfurados (línea pirometalúrgica), o bien, lixiviación, extracción por solventes y electrodeposición, si se trata de minerales lixiviables (línea hidrometalúrgica). Estas operaciones presentan diferentes consumos energéticos, los que -además- son específicos. Por esto, en los últimos años se ha vuelto prioritario para el sector lograr mayores eficiencias en el consumo energético dentro de sus procesos productivos. En este respecto, el Informe Ambiental y Social 2009 del Consejo Minero de Chile A.G. (2010), reconoce que un desafío para las empresas mine-

ras del país es ser eficientes en el uso de la energía, principalmente mediante iniciativas operacionales. La mitigación de emisiones de GEI asociadas a la actividad minera se vuelve entonces un cobeneficio directo para el país y en línea con las expectativas de desarrollo del sector.

No obstante, también se plantean importantes desafíos desde el punto de vista de los incentivos para la producción de cobre en los próximos años, los altos precios de este metal en el mercado internacional y las buenas proyecciones para el mediano plazo, incrementan la posibilidad de extraer minerales de más baja ley, lo que demandará mayores consumos energéticos y, por lo tanto, la generación sectorial de mayores emisiones de GEI por unidad de producto. Además, aquellos proyectos cupríferos que iniciaron sus operaciones en la década pasada también están experimentando reducciones progresivas en las leyes de los minerales explotados, por lo que es de esperar un mayor consumo de energía en los procesos debido a una mayor dureza del mineral y mayores distancias de acarreo, lo que se conoce como "envejecimiento de la mina", proceso que se incrementará en la presente década (Cochilco, comunicación personal).

Finalmente, es importante destacar que el cobre es uno de los metales con mejores propiedades de conducción de la energía eléctrica y ampliamente utilizado en los equipos destinados a mejorar la eficiencia en el consumo eléctrico. Motores de alta eficiencia, transformadores, turbinas eólicas, paneles solares, equipos de aire acondicionado y refrigeración utilizan este metal (Procobre Chile: [www.procobre.org](http://www.procobre.org)). Es, por tanto, un aliado relevante en los esfuerzos mundiales de transitar hacia una economía más eficiente en el consumo de energía.

### 2.4.1 Marco regulatorio con impacto en mitigación

En términos de la generación de información de emisiones de GEI útil para la adopción de medidas de mitigación, dos instituciones destacaron en el periodo 2000-2009 a nivel del sector público: La Comisión Chilena del Cobre (Cochilco), dependiente del Ministerio de Minería, y el PPEE, que actualmente corresponde a la Agencia Chilena de Eficiencia Energética.

Cochilco ha llevado a cabo el levantamiento y compilación de información relacionada con las emisiones de GEI del conjunto de las empresas que componen el sector minería del cobre en el país. Este trabajo se ha plasmado en repor-

tes periódicos de acceso público preparados por su Dirección de Estudios y Políticas Públicas: Coeficientes unitarios de consumo de energía de la minería del cobre 1995-2006 (2007); Coeficientes unitarios de consumo de energía de la minería del cobre 2001-2007 (2008); Emisiones de gases de efecto invernadero de la minería del cobre de Chile 1995-2006 (2008); Emisiones de gases de efecto invernadero de la minería del cobre de Chile 2001-2007 (2008) y las actualizaciones integradas, Consumo de energía y emisiones de gases de efecto invernadero de la minería del cobre de Chile año 2008 (2009) y Consumo de energía y emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a la minería del cobre de Chile año 2009 (2010).

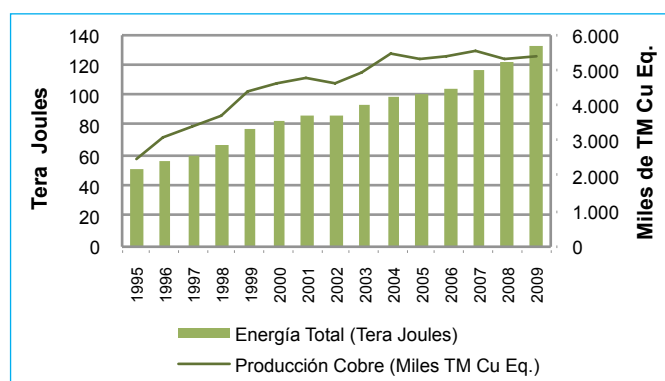
Por su parte, el PPEE incluyó desde su origen como una de sus principales líneas de acción, la identificación de posibilidades de aplicación de la eficiencia energética en la actividad minera del país, para lo cual se constituyó en 2006 una mesa minera en eficiencia energética, cuyos detalles y actividades se presentan en esta misma sección.

En el sector de la minería del cobre no se ha generado un marco regulatorio propio para abordar la mitigación de emisiones de GEI. El aporte de las empresas, en tanto, ha estado más bien orientado hacia una implementación voluntaria y experimental de medidas de eficiencia energética en sus procesos productivos.

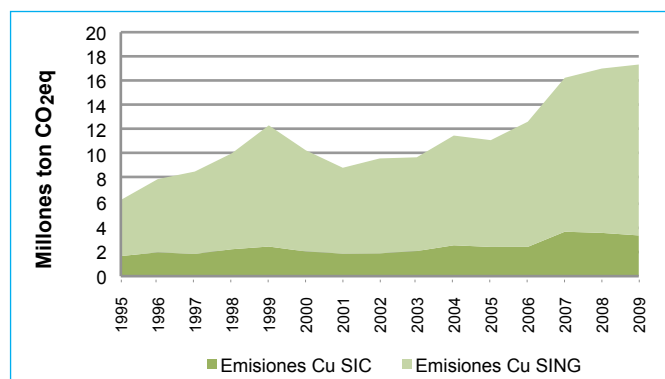
Respecto a los insumos para la producción de cobre, a pesar de la relevancia que tiene la disponibilidad de energía eléctrica para los distintos productos comerciales del cobre que se generan en el país, el sector minero ha tendido en los últimos años a separar los negocios asociados a la generación de energía (regulados a través del Ministerio de Energía y la Comisión Nacional de Energía) de su negocio principal, a través de la venta de sus activos en el mercado energético.

### 2.4.2 Opciones potenciales de mitigación sectorial y proyecciones en emisiones de GEI

Durante este periodo, Cochilco ha preparado información acerca de la relación entre la producción de cobre en el país y las emisiones asociadas de GEI. La Figura 9 muestra la evolución creciente del consumo de energía y producción de cobre en el país entre 1995 y 2009, mientras que la Figura 10 presenta las emisiones estimadas del sector de la minería del cobre en el mismo periodo, separadas para los dos sistemas eléctricos interconectados que surten de electricidad a la zona del país donde se encuentran las faenas mineras de cobre en Chile (SIC y SING).



**Figura 9.** Evolución del consumo de energía y producción de cobre durante el periodo 1995-2009  
Fuente: Comisión Chilena del Cobre, COCHILCO (2010)



**Figura 10.** Evolución de emisiones de CO<sub>2</sub> de la minería del cobre de Chile según matriz energética durante el periodo 1995-2009  
Fuente: Estadísticas de operación CDEC, SING y SIC. Comisión Chilena del Cobre (2010)

La diferencia entre las emisiones totales de las faenas de la minería del cobre asociadas a ambos sistemas eléctricos que se presentan, se debe, por una parte, a que 2/3 de la producción de cobre se localiza en el área geográfica cubierta por el SING, lo que genera un mayor consumo global de electricidad y, por otra, lo más relevante, que la matriz energética del SING es 99,6% térmica, mientras el SIC en el año 2009 tuvo un 58,5% de generación hidráulica. Más detalles, en el sector energía de este mismo capítulo.

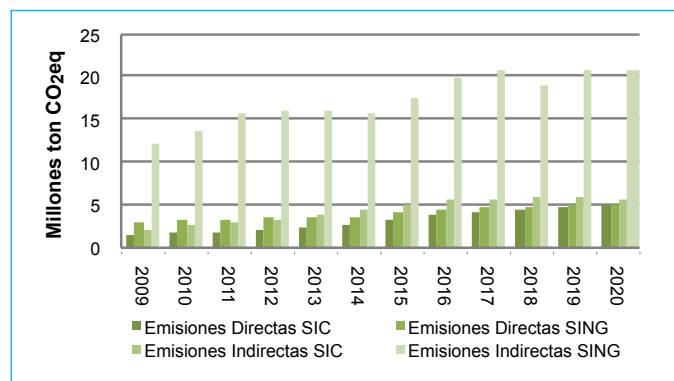
Respecto al análisis de opciones potenciales de mitigación, Cochilco preparó por primera vez en 2009, una proyección de emisiones de GEI para la minería del cobre, basada en la información disponible ese año de proyección, tanto de demanda energética nacional como de crecimiento del sector productivo de la minería del cobre para el periodo 2009-2020 (Cochilco, 2009). Este trabajo constituye una contribución sectorial al eje de mitigación del Plan de acción nacional en cambio climático y tiene por finalidad orientar la toma de decisiones de las empresas del sector



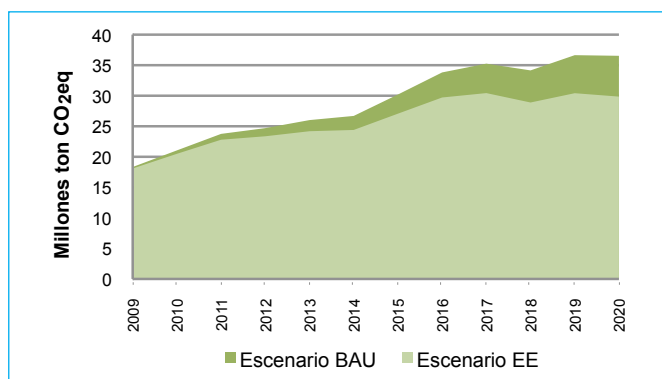
en materia de acciones de eficiencia energética y mitigación de emisiones, constituyendo, además, un aporte de antecedentes para la toma de decisiones públicas en materia energética.

Combinando proyecciones de las matrices de generación en el país, entregadas por la entonces CNE, para aquellos sistemas eléctricos donde operan las faenas mineras cupríferas, con proyecciones de producción de la industria, preparadas en base a los proyectos en construcción o en vías de materialización de las empresas mineras para el periodo 2009-2020, se encontró que en todos los casos evaluados se producirían aumentos importantes en el crecimiento de las emisiones sectoriales de GEI (en consumo de combustibles fósiles y de generación eléctrica), mayores que los crecimientos esperados en producción de cobre (Figura 11). También se realizó un ejercicio para evaluar en forma muy preliminar el impacto de medidas de mitigación mediante eficiencia energética (Figura 12), encontrándose que incluso implementando medidas muy agresivas en ciertas etapas de estos procesos productivos se obtendría un impacto acotado respecto de la reducción de emisiones, pero podría hacer disminuir este crecimiento en forma más eficiente que otro tipo de medidas de mitigación.

En todos los casos estudiados, las emisiones indirectas de la producción del cobre, es decir, aquellas que se generan producto del uso de electricidad en las faenas mineras, representan más del 73% del las emisiones del sector (Figura 11), lo que se debe –fundamentalmente- a la configuración proyectada de los sistemas de generación eléctrica del país que abastecen a las principales faenas mineras, principalmente el SING.



**Figura 11.** Proyección de emisiones directas e indirectas de GEI del sector de la minería del cobre en Chile, por sistema eléctrico  
Fuente: Comisión Chilena del Cobre, COCHILCO (2009)



**Figura 12.** Impacto de medidas de eficiencia energética en la proyección de emisiones del sector de la minería del cobre en Chile

Fuente: Comisión Chilena del Cobre, COCHILCO (2009)

### 2.4.3 Desarrollos del sector privado orientados a la mitigación

El enfoque de la mitigación de emisiones para la minería del cobre chileno se ha basado, fundamentalmente, en la exploración de las oportunidades que provee la eficiencia energética en los procesos industriales de las faenas productoras de cobre.

La eficiencia energética ha sido una herramienta relevante para este sector, en su afán por producir a costos más bajos y, por tanto, ser más competitivo, convirtiéndolo en un líder sectorial en la aplicación de la eficiencia energética a nivel nacional. Estos avances han sido reconocidos en el sector industrial, existiendo un premio anual que otorga la Confederación de la Producción y el Comercio (CPC) en conjunto con la Sociedad Nacional de Minería (Sonami), para empresas destacadas en eficiencia energética en el sector minero (CNC, 2009). Por otra parte, los altos precios del cobre a nivel mundial desde 2007, han permitido que se generen las condiciones de financiamiento para implementar a nivel de proyectos piloto, iniciativas en eficiencia energética, como el uso de motores más eficientes en su consumo eléctrico. Por las complejidades de implementación en una escala masiva, se estima que sus efectos probablemente serán mejor apreciados en los próximos años.

A excepción de la estatal Codelco, la principal empresa productora de cobre a nivel mundial, un número importante de las empresas más grandes del sector son filiales de multinacionales con casas matrices en Australia, Suiza, Canadá, Estados Unidos o el Reino Unido, las que son muy proactivas en términos de que sus faenas locales sean ambientalmente responsables. Por ejemplo, las principales empresas de la gran minería del cobre, así como sus agru-

paciones gremiales, el Consejo Minero A.G. y la Sonami, se encuentran afiliadas al International Council on Mining and Metals, organismo que ha analizado las implicancias sectoriales del cambio climático en la industria minera y ha preparado y difundido una Política en Cambio Climático para el sector ([www.icmm.com](http://www.icmm.com)) suscrita durante 2009 por varias empresas mineras con operaciones en Chile.

#### 2.4.4 Programas sectoriales durante los años 2000-2009

La iniciativa de eficiencia energética que tiene un mayor tiempo de funcionamiento a nivel industrial en Chile, corresponde a la Mesa Minera de Eficiencia Energética, operativa desde 2006. Ésta reúne a empresas de la gran minería y de la minería no metálica de Chile, entidades públicas y asociaciones gremiales industriales (como el Consejo Minero, Sonami Acenor) que trabajan coordinadamente y, cuya misión es promover el uso eficiente de la energía en la minería chilena, convocando de manera voluntaria la participación público/privada, facilitando la investigación, innovación e intercambio de buenas prácticas, haciendo de la minería un agente de cambio cultural para contribuir al desarrollo sustentable y a la competitividad del sector y de Chile (Mesa minera de eficiencia energética, 2008). A través de la implementación de proyectos asociativos de innovación, demostrativos principalmente, e iniciativas de cooperación para el intercambio de experiencias, gestión

y tecnologías, la Mesa Minera se ha posicionado como una instancia de referencia y liderazgo en la industria nacional en temas de eficiencia energética. A manera de ejemplo, durante 2007 apoyó la ejecución de un proyecto piloto de reemplazo de motores eléctricos por motores eficientes en empresas de la minería del cobre, con participación de empresas proveedoras de motores y usuarios industriales. Otros proyectos sectoriales en el periodo, han estado orientados a controles de consumo para demanda máxima en horarios de punta de procesos productos intensivos en consumo eléctrico y cumplir metas de menor consumo energético en industrias específicas (Mesa minera de eficiencia energética, 2008).

A la fecha, la Mesa Minera se encuentra implementando un plan de trabajo para los años 2010-2012, que contempla el diseño e implementación de sistemas de gestión de energía basado en la futura norma ISO 50001, la difusión de logros y actividades en un plan de comunicación y la articulación de la industria en temas de eficiencia energética entre los grupos involucrados (L. Ellis, Presidenta Mesa Minera en Eficiencia Energética, comunicación personal).

Otra iniciativa valiosa para el sector corresponde al Acuerdo Marco de Producción Limpia para la Gran Minería, firmado por entidades de Gobierno y del sector empresarial en 2000 y que explicitó al uso eficiente de la energía como una de sus materias de trabajo.

### 3. ACCIONES TRANSVERSALES

#### 3.1 INSTRUMENTOS ECONÓMICOS ORIENTADOS A LA MITIGACIÓN

##### 3.1.1 El Mecanismo de Desarrollo Limpio en Chile

Desde la adopción del Protocolo de Kioto en 1997, Chile se ha mantenido muy activo e interesado en promover y ejecutar proyectos bajo el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) del Protocolo, convirtiéndose en un actor relevante a nivel latinoamericano y mundial en cuanto a los proyectos registrados y las metodologías aprobadas.

Chile también participó durante el proceso de negociación y aprobación del Acuerdo de Marrakech (2001), al proponer en 1998 que se creara una fase interina de ejecución del MDL. Esta fase interina permitió instalar todo el proceso de gestión de los proyectos MDL según las definiciones de Marrakech, estableciendo desde la Junta Ejecutiva

hasta los paneles de metodología y de acreditación de las entidades operacionales designadas, sin esperar a que el Protocolo entrara en vigor, lo que facilitó los primeros registros de proyectos MDL ante la Junta Ejecutiva.

En concordancia con su interés en utilizar el MDL prontamente, Chile estableció su Autoridad Nacional Designada (AND) en 2003, requisito establecido por el Protocolo para desarrollar en el país proyectos de reducción y captura de emisiones mediante el MDL y participar en el mercado de carbono. La promoción del MDL a nivel nacional e internacional y la revisión de los proyectos por la AND, además de la firma de acuerdos de cooperación con países industrializados en materias relativas al MDL, ha ayudado a tener 73 proyectos aprobados por la AND. A fines de 2010, la Junta Ejecutiva del MDL había registrado 42 de estos proyectos. De estos proyectos chilenos registrados se espera una re-

ducción global de 4.957.224 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente (UNFCCC, 2010).

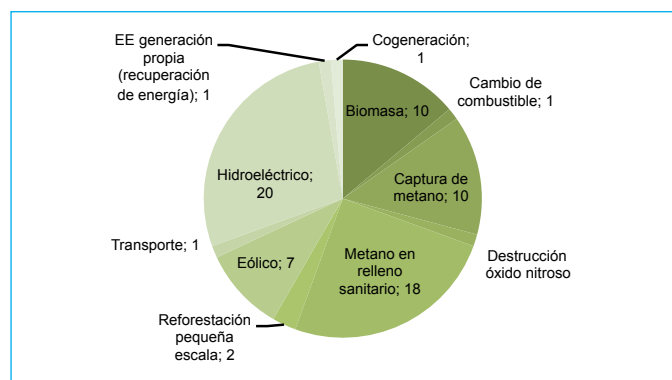
En términos de evolución en el número de proyectos que solicitaron aprobación nacional para participar en el MDL, es relevante notar que desde 2007 se presentó una tendencia a la baja, llegando a sólo cuatro proyectos aprobados en 2009. Esta tendencia se ha revertido en 2010 llegando a 20 proyectos (ver Tabla 16).

**TABLA 16.** Estadística de proyectos MDL chilenos aprobados por la AND

Año	Proyectos aprobados anualmente por la AND
2003	7
2004	3
2005	7
2006	14
2007	10
2008	8
2009	4
2010	20
Total	73

Fuente: AND de Chile, diciembre 2010

Los proyectos desarrollados en Chile muestran que la tipología más común (Figura 13) es la generación eléctrica con hidroelectricidad, seguida por la captura de metano en rellenos sanitarios y en actividades agroindustriales.



**Figura 13.** Tipología de proyectos MDL chilenos aprobados por la AND

Fuente: AND de Chile, diciembre 2010

### Funcionamiento del MDL en Chile

- Autoridad Nacional Designada

En Chile la AND tiene un comité ejecutivo presidido y coordinado por el Ministerio del Medio Ambiente, el que cuenta con un representante de cada una de las siguientes instituciones: ministerios de Relaciones Exteriores, Energía,

Agricultura y del Consejo Nacional de Producción Limpia. Este Comité es responsable de asegurar que los proyectos MDL en Chile contribuyen al desarrollo sustentable y que son presentados de manera voluntaria.

Los proyectos se presentan al Ministerio del Medio Ambiente, quien revisa los antecedentes y se comunica con la dirección regional del Servicio de Evaluación Ambiental (SEA) correspondiente, para corroborar el cumplimiento de la ley de bases del medio ambiente, utilizada como criterio de sustentabilidad en la otorgación de las cartas de aprobación nacional. Si existieran observaciones al documento o a los antecedentes presentados en el proyecto, éstas son remitidas a su titular quién deberá resolverlas. Una vez subsanadas las observaciones, el proyecto es llevado a la reunión del comité donde finalmente se decide entregar o no la carta de aprobación.

- Corporación de Fomento de la Producción (Corfo)

La Corfo es una agencia gubernamental de desarrollo económico y promueve la producción doméstica, incluyendo energías renovables no convencionales a través del Mecanismo de Desarrollo Limpio. En 2006, organizó el Primer Encuentro Internacional de Inversiones en Energías Renovables y MDL, sus versiones siguientes se efectuaron anualmente entre 2007 y 2010. Año a año, este encuentro ha reunido a los principales actores del mercado de las energías renovables y mercado de carbono, atrayendo de esta forma a cientos de inversionistas extranjeros y nacionales, empresas consultoras, proveedoras de equipos y desarrolladores de proyectos, a fin de explorar las nuevas oportunidades de negocios que ofrece el sector energético. Corfo posee un portafolio de proyectos de ERNC, los que apoya para lograr su implementación. En 2009, el portafolio incluyó 51 proyectos con un valor de US\$ 1.6 billones y con una capacidad de generación de 823 MW.

- Prochile

El Programa de Fomento a las Exportaciones Chilenas (PROCHILE), dependiente del Ministerio de Relaciones Exteriores, es responsable principalmente de promover en el extranjero el portafolio de proyectos chilenos con posibilidades de postular al MDL (Prochile, 2010).

### Promoción nacional del MDL

La Gerencia de Emprendimiento e Innovación de Corfo tiene a su cargo la Dirección Ejecutiva del Comité InnoVaChile, que promueve las acciones que debe desarrollar Corfo

en innovación y transferencia tecnológica. Así, uno de los aspectos de interés de Innova es la producción limpia, con objeto de mejorar el desempeño ambiental de las empresas, haciéndolas más competitivas. En este contexto y entendiendo la relevancia de la promoción interna del país en el tema de los mercados de carbono, con el fin de colaborar en su inserción a las empresas chilenas, se apoyó la creación de dos entidades promotoras de los mercados de carbono en Chile. Estas tienen como objetivo principal difundir los mercados, identificar proyectos y guiar a los potenciales desarrolladores en la estrategia para la venta de bonos por reducción de GEI. Estas entidades son:

-Chile-CO<sub>2</sub>: Proyecto desarrollado por la Fundación para la transferencia tecnológica (Untec) de la Universidad de Chile.

-CGF-MDL: Centro de gestión y fortalecimiento para el mejoramiento del desarrollo limpio en Chile, desarrollado por la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso.

La Agencia Chilena de Eficiencia Energética, a su vez, determinó durante 2010, los factores de emisión para los sistemas eléctricos del SIC y SING con protocolos internacionales de las Naciones Unidas, para uso en proyectos del mecanismo de desarrollo limpio.

### 3.1.2 Mercados voluntarios del carbono

Los mercados voluntarios del carbono presentan diferencias con el mercado regulado (MDL) principalmente porque, en el primero, no se solicita la aprobación nacional del país anfitrión y el proceso de validación y verificación es dependiente del estándar usado que, en teoría, es más simple. Sin embargo, los criterios de aprobación de proyectos son similares a los del MDL y procuran asegurar que las reducciones sean reales, de largo plazo y que cumplan con las normas ambientales sin que haya una doble contabilidad.

En el mercado voluntario no se encuentran registros de los proyectos que hayan participado bajo alguno de sus estándares. Los registros de este mercado han ido mejorando en los últimos años pasando de una información extremadamente difusa a una generación de portales donde se pueden identificar las principales características de los Verified Emissions Reductions (VERs) generados.

En general, se depende de encuestas y reportes realizados por empresas y organizaciones para recopilar información sobre el mercado voluntario. Uno de los más importantes

es el informe Annual State of the voluntary carbon market, publicado por Ecosystem Marketplace y New Energy Finance. Este informe detalla que desde su creación, el volumen y valor de las transacciones realizadas en los mercados voluntarios en América Latina ha sido un porcentaje minúsculo del mercado global de carbono. En 2009, por ejemplo, los mercados voluntarios representaban el 1% del volumen de los mercados globales, sólo un 0,3 por ciento del valor de las emisiones intercambiadas en el mercado global de carbono según reporta el Banco Mundial. Un estudio de ambas entidades sobre el estado del mercado voluntario en 2009, América Latina originó un 16% de los créditos voluntarios. Esto se debe en parte a los precios en América Latina, que son, en promedio, los más bajos de todas las regiones en el mundo. En contraste, América Latina en 2009 era responsable de menos de 2% de la demanda global para créditos (bonos) de carbono voluntarios.

#### *Situación nacional del mercado voluntario*

A pesar de la falta de información pública sobre la marcha del mercado voluntario del carbono en Chile, en 2008 Corfo encargó un estudio (Deuman, 2008) para compilar información sobre proveedores chilenos de VERs. Se consultó con First Climate y One Carbon, ambos proveedores y compradores de VERs de distintos tipos de proyectos como los de las compañías Masisa y Codelco. A partir de estos casos de estudio, se determinaron características de los proyectos participantes del mercado voluntario en el país:

Masisa – Masisa se incorporó al Chicago Climate Exchange, comprometiéndose a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en un 6% al año 2010 (considerando como línea base un promedio de los años 1998-2001). Las reducciones significan 400.000 toneladas de CO<sub>2</sub> en 2010. El compromiso incluye, además, elaborar reportes anuales de sus emisiones y capturas.

Codelco – En 2003 optó por certificar su reducción de emisiones en el Chicago Climate Exchange. En 2007, este mercado voluntario aceptó certificar las reducciones de emisiones del proyecto que presentó la empresa. El proyecto consistió en el cambio de combustibles utilizado en las fundiciones de Chuquicamata y Caletones, supliendo el petróleo por gas natural. Con esto han reducido las emisiones de CO<sub>2</sub> alrededor de 220 mil toneladas entre 2003 y 2006.

## Santiago Climate Exchange

El Santiago Climate Exchange (SCX) es la primera bolsa climática del Hemisferio Sur completamente privada y espera contar con instrumentos derivados y futuros, igual que en los mercados desarrollados. Es una iniciativa conjunta de Celfin Capital y Fundación Chile. Celfin, es una empresa financiera con experiencia en el desarrollo de bolsas de transacciones abiertas, competitivas y diversificadas. Fundación Chile es una corporación privada sin fines de lucro, que posee los conocimientos para el desarrollo de metodologías de reducción de emisiones y ha trabajado con varios actores en el área de la mitigación de emisiones.

SCX admite el acceso a cualquier ciudadano interesado en realizar proyectos de reducción de CO<sub>2</sub> que permitan la emisión de bonos de carbono, a una bolsa donde los corredores que operen y transen en ella no requerirán ser accionistas (Santiago Climate Exchange, 2010).

### 3.2 OTROS INSTRUMENTOS PARA LA MITIGACIÓN DE GEI

#### *Huella de carbono*

En los últimos años, han surgido varias entidades chilenas que permiten a empresas e individuos calcular su huella de carbono. En base a información simple, estas compañías calculan la cantidad de emisiones de GEI que emite el individuo o la empresa debido a la quema de combustibles fósiles y consumos de energía en sus actividades diarias. Las herramientas entregan consejos para llevar una vida menos impactante en términos de la huella de carbono y la mayoría permite que el interesado compense sus emisiones restantes mediante el apoyo de proyectos de desarrollo limpio. Algunos ejemplos son:

- Carbón Zero, Fundación Chile
- Fundación Reduce tu Huella
- CO<sub>2</sub> Neutral
- Cero CO<sub>2</sub>, Instituto de Ecología Política
- Green Solutions
- Chile-CO<sub>2</sub>.

Como parte del trabajo en mitigación de emisiones de GEI por parte del sector silvoagropecuario, el Minagri encargó durante 2009 al Inia un análisis para entregar antecedentes acerca de la huella de carbono de productos agrope-

cuarios chilenos exportables, para contribuir a mantener su competitividad en mercados internacionales. A través del uso de la normativa inglesa (PAS 2050: 2008 BSI, base de la norma internacional ISO 14067) se evaluaron ciclos de vida de variedades específicas de frutas, verduras, cereales, productos lácteos y ganaderos. En general, la principal fuentes emisora de GEI en estos casos se encuentra en las fuentes de energía, los insumos utilizados y en los propios animales, en el caso de los últimos tipos de productos. En tanto, el aporte relativo del transporte internacional a larga distancia, aparece como minoritario en la huella de carbono de los productos nacionales.

Por su parte, durante 2010, el Ministerio del Medio Ambiente encargó un estudio para conocer sus emisiones de GEI y diseñar un plan de reducción de su huella institucional, convirtiéndose en el primer ministerio de Chile en tomar este tipo de acciones.

### 3.3 OTRAS INICIATIVAS DESARROLLADAS EN EL PAÍS EN EL ÁMBITO DE PROPUESTAS PARA ABORDAR NACIONALMENTE LA MITIGACIÓN DE GEI

#### *Iniciativa: "Mitigando el cambio climático: ¿cuánto cuesta? Propuestas eficientes y efectivas".*

Este trabajo surge a partir de una alianza estratégica y trabajo conjunto entre la Fundación Chile, Fundación AVINA, Fundación Futuro Latinoamericano, el Centro de Cambio Global de la Pontificia Universidad Católica de Chile y la Universidad Alberto Hurtado y Empresas Eléctricas A.G. Se inició su implementación en mayo de 2010, siendo su propósito el de levantar información útil y generar propuestas para la toma de decisiones público-privadas respecto de la mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero en Chile, a través de un proceso de diálogo y de consensos mínimos entre actores relevantes.

Sus objetivos específicos son:

- Analizar y discutir distintas alternativas de mitigación, incluyendo la alternativa de no mitigar;
- Aplicar criterios de análisis consensuados (económicos, sociales, ambientales);
- Identificar medidas con mayor potencial y mejor desempeño de acuerdo a los criterios consensuados;
- Proponer instrumentos/acciones específicas sobre medidas de mitigación que puedan traducirse en política pública.

# B I B L I O G R A F I A

- Banco Central. (2011). *Cuentas Nacionales de Chile*.
- CENMA. (2005). *Anuario de calidad de aire*.
- CCG-UC. (2011). *Análisis de Opciones Futuras de Mitigación de GEI para Chile asociadas a Programas de Fomento del Sector Silvoagropecuario*. Informe Final.
- CNC. (2009). Información extraída del portal virtual [www.cnc.cl/noticia\\_0265.asp](http://www.cnc.cl/noticia_0265.asp)
- COCHILCO. (2010). *Consumo de energía y emisiones de gases de efecto invernadero asociadas de la minería del cobre de Chile en 2009*.
- COCHILCO. (2009). *Estudio prospectivo de emisiones de gases de efecto invernadero de la minería del cobre en Chile*
- COCHILCO. (2009). *Estadísticas del cobre y otros minerales 1990-2009*.
- Deuman para CORFO. (2008). *Estudio sobre el Mercado Voluntario del Carbono*.
- FIA. (2010). *El cambio climático en el sector silvoagropecuario*.
- GEASUR. (2010). *Recopilación de antecedentes para la incorporación de sistemas de diagnóstico a bordo (on board diagnostics (OBD)) y evaluación de incentivos para la incorporación de vehículos de cero y ultrabaja emisión al parque de vehículos*.
- GreenLab UC-DICTUC. (2011). *Co-beneficios de la Mitigación de Gases de Efecto Invernadero*.
- INFOR. (2009) *Potencial de Mitigación del Cambio Climático Asociado a la Ley N° 20.283 sobre Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal*. Informe final.
- INIA. (2010). *Complementos y actualización del inventario de gases de efecto invernadero (GEI) para Chile en los sectores de agricultura, uso del suelo, cambio de uso del suelo y silvicultura, y residuos antrópicos*.
- Mesa Minera de Eficiencia Energética. (2008). *Anuario 2008*. Información extraída del portal virtual [www.mesaminera.cl](http://www.mesaminera.cl)
- ODEPA. (2009). *Estudio de opinión para la renovación del DL 701*.
- ODEPA. (2009). *Panorama de la agricultura chilena*.
- POCH Ambiental. (2008). *Estudio: Inventario nacional de gases de efecto invernadero*.
- Poch Ambiental. (2010). *Análisis de Opciones Futuras de Mitigación de GEI para Chile en el Sector Energía*.
- ProChile. (2010). Información extraída del portal virtual <http://carbon.prochile.cl/>
- Santiago Climate Exchange. (2010). Información extraída del portal virtual: [www.scx.cl/](http://www.scx.cl/)

Sistemas Sustentables. (2010) *Análisis y Desarrollo de una Metodología de Estimaciones de Consumos Energéticos y Emisiones para el Transporte.*

Universidad de Chile. (2010). *Informe País: Estado del medioambiente en Chile 2008.*

UNFCCC. (2010). *CDM in Numbers. Información extraída del portal virtual*  
<http://cdm.unfccc.int/Statistics/index.html>

# CAPÍTULO 5

Otra Información Relevante para el Logro del Objetivo de la Convención



■ FOTO: MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE





## 1. INTRODUCCIÓN

---

Este capítulo aborda los esfuerzos del país en tecnología, investigación, educación y desarrollo de capacidades nacionales, que dan cuenta que el cambio climático es parte de la agenda nacional y está siendo enfrentado con acciones concretas por la sociedad chilena. Al mismo tiempo, los desafíos, carencias y necesidades son amplios y requieren ser tratados de forma coordinada, considerando sus propiedades sistémicas y determinando responsabilidades individuales y colectivas.

Se abarcan las medidas y actividades implementadas en los últimos diez años que permiten incorporar las consideraciones de cambio climático en las estrategias nacionales de sustentabilidad del desarrollo. El periodo corresponde al transcurrido entre la elaboración de la primera y segunda comunicación nacional, aunque se hace mayor énfasis en los últimos cinco años, debido al gran número de iniciativas impulsadas en los sectores público y privado así como en el académico y en la sociedad civil. Los tópicos incluidos tienen una doble relevancia: a nivel general y en el contexto específico de país. Los temas analizados son:

- Transferencia tecnológica en cambio climático.
- Observación sistemática del cambio climático.
- Información relativa a programas de investigación sobre cambio climático.
- Educación, formación y sensibilización pública acerca del cambio climático.

- Fomento de capacidades nacionales y locales en cambio climático.
- Obstáculos y necesidades financieras, técnicas y de desarrollo de capacidades locales.

En cuanto a la transferencia tecnológica, se describe el sistema de innovación y transferencia existente en Chile. A la vez, se evalúan las necesidades tecnológicas del país en sectores prioritarios para la economía nacional y se describen las actividades de transferencia tecnológica desarrolladas por los sectores público y privado, explicando el marco institucional que rige para la innovación en el país. Finalmente, se enfatiza la importancia de focalizar los recursos nacionales para permitir el desarrollo endógeno de conocimientos, tecnologías y procesos sociales e institucionales que permitan enfrentar los desafíos de mitigación y adaptación al cambio climático.

El conocimiento y entendimiento de los fenómenos climáticos son necesarios para el desarrollo, transferencia y difusión de información sobre la vulnerabilidad del país, así como para la incorporación de tecnologías de mitigación y adaptación apropiadas. La observación sistemática del cambio climático en Chile ha sido abordada mediante el apoyo a programas nacionales de observación climática, sobre todo de monitoreo del tiempo atmosférico, condiciones oceanográficas y de glaciares. Se destaca la participación y rol que las instituciones nacionales juegan a nivel internacional en la observación del clima y las brechas que se requieren mejorar a nivel tecnológico e institucional.

En Chile los programas de investigación sobre cambio climático han tenido un importante desarrollo en los últimos diez años. Diversos proyectos han sido ejecutados por universidades y otros centros de investigación nacional, cumpliendo también la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica (Conicyt) un rol destacado en el desarrollo científico del país relacionado con el cambio climático. Se destaca la importancia de las redes de investigación con instituciones locales e internacionales y las necesidades específicas para fortalecer programas de investigación.

Los esfuerzos nacionales de mitigación y adaptación al cambio climático, debido a su complejidad intrínseca y a la interacción de actores de diversos sectores, requieren la participación activa e informada de la ciudadanía y de tomadores de decisión. En este sentido, han sido prepon-

derantes en los últimos años actividades de educación y campañas de sensibilización que se han realizado en el país. De allí también la importancia de abordar el marco institucional y legal que rige el desarrollo de programas educativos y de sensibilización pública.

La creación y el fomento de capacidades nacionales y locales es uno de los tres ejes principales en el Plan de Acción Nacional de Cambio Climático (PANCC), permitiendo que el sector público realice acciones dirigidas principalmente a integrar la vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en las políticas nacionales de mediano y largo plazo. También el fomento de capacidades ha sido parte importante de la agenda de trabajo para organizaciones no gubernamentales de representación de la sociedad civil y el sector privado.

## 2. TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA

La transferencia tecnológica se refiere a la difusión de tecnologías bajas en emisiones o que permiten la adaptación a los efectos del cambio climático, cuyos beneficios económicos involucran aquellos percibidos por toda la sociedad (disminución de costos asociados a efectos del cambio climático, mejor uso de recursos naturales en el proceso económico, etc.) como por las empresas u organizaciones involucradas en la transferencia y uso de nuevas tecnologías (Ockwell et al, 2007).

### 2.1 EL SISTEMA DE INNOVACIÓN Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA EN CHILE

En Chile, las políticas y programas de apoyo a la innovación son promovidas por entidades públicas y privadas, las que conforman el sistema de transferencia tecnológica del país. Éste tiene un enfoque de múltiples escalas en función de la operatividad de cada institución, entre las que se distinguen:

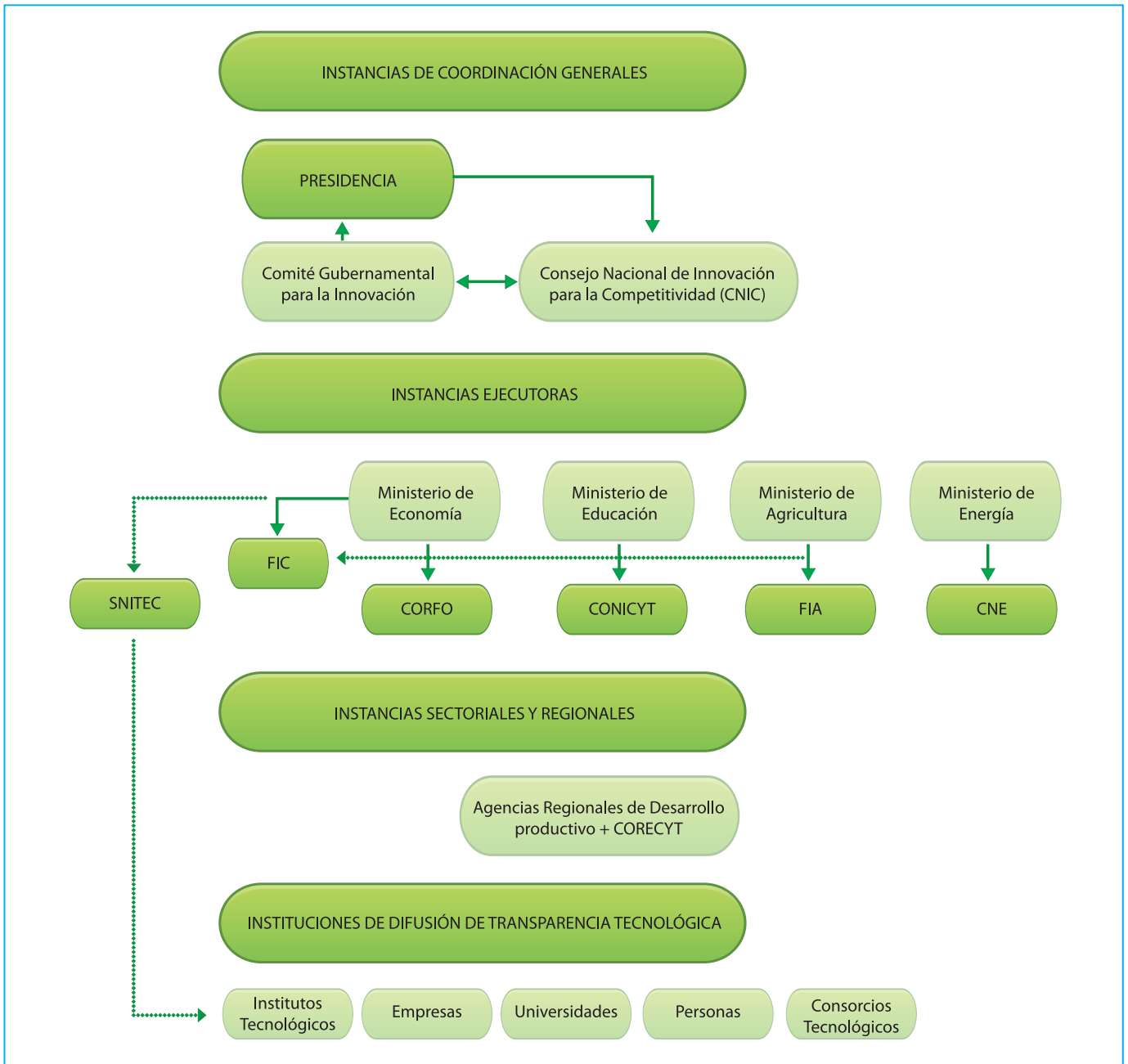
- Instancias de coordinación general.
- Instancias ejecutoras.
- Instancias sectoriales y regionales.
- Instituciones de investigación y difusión de tecnologías.

El detalle de la interrelación entre las instituciones vinculadas a la innovación y transferencia de tecnologías en Chile se presenta en la Figura 1. Si bien no todas las funciones y procesos involucrados en este esquema tienen como finalidad la transferencia tecnológica para el cambio climático, el esquema permite visualizar desde el marco de políticas y coordinación general, hasta las instancias locales en las que se llevan a cabo los procesos de innovación y transferencia tecnológica, el carácter de red y relaciones.

Este sistema organizacional y funcional responde a un proceso de aprendizaje y adaptación político-institucional iniciado en la década de 1990, caracterizado en una primera etapa por la creación de instituciones que apoyaban la ejecución de proyectos de I+D en la empresa privada, pero sin prioridades sectoriales (fondos horizontales). Durante la segunda etapa, iniciada en 1996, con respaldo en estudios prospectivos tecnológicos, se creó el Programa de Innovación Tecnológica co-ejecutado por el Ministerio de Economía (Minecon), la Corporación de Fomento (Corfo) y el Ministerio de Agricultura (Minagri) (Minecon, 1997). Esta etapa estuvo caracterizada por focalizar esfuerzos en sectores específicos y comenzar a trabajar en temas de producción limpia junto a otras áreas estratégicas. A partir de 2000, la institucionalidad para la innovación y transferencia de tecnologías se caracterizó por aplicar una política mixta de diferenciación, focalizando esfuerzos en

áreas estratégicas y el desarrollo de clusters<sup>1</sup>. En 2001 se puso en marcha el Programa de Desarrollo e Innovación Tecnológica (Innova Chile), que fomentó tecnologías genéricas, incluyendo entre otras, biotecnología, producción limpia, energías renovables, eficiencia energética y gestión de calidad (Minecon, 2009; Poch Ambiental, 2009). Finalmente, a partir de 2005 se inicia una fase caracterizada por la creación del Consejo Nacional de Innovación

para la Competitividad (CNIC) y la conformación del Consejo de Ministros para la Innovación en 2007, compuesto por las carteras de Hacienda, Relaciones Exteriores, Educación, Obras Públicas, Agricultura, Economía, Transportes y Telecomunicaciones y Defensa. Este Consejo buscaba alcanzar una acción pública coordinada y determinar una autoridad responsable para llevar adelante la Estrategia Nacional de Innovación.



**Figura 1.** Marco institucional para la innovación y transferencia tecnológica

Fuente: Poch Ambiental, 2009

<sup>1</sup> Por cluster, según se utiliza en este documento, se entiende una red de actores, empresas y otras instituciones vinculados en el desarrollo de un producto, servicio o mercado en una zona geográfica relativamente definida, con lo cual se conforma un núcleo de conocimiento especializado que posee ventajas competitivas. Es relevante indicar que el programa de innovación 2010-2014 del Gobierno de Chile ya no utiliza el concepto del desarrollo de clusters en innovación.

Un ejemplo del rol de instancia ejecutora es la de la Fundación para la Innovación Agraria (FIA), que en su rol de agencia de fomento a la innovación agraria del Minagri, centra su quehacer en promover la cultura y los procesos de innovación sectoriales. Para ello apoya iniciativas, genera estrategias, transfiere información y resultados de proyectos y programas innovadores en el rubro silvoagropecuario del país.

Si bien esta estrategia aborda la innovación de manera general, el cambio climático ha sido transversal a muchos de sus lineamientos específicos y se han analizado las necesidades de adaptación, así como los desafíos de su mitigación en el país.

Por otra parte, aunque no se ha distinguido específicamente el desarrollo y transferencia tecnológica para el cambio climático, el país ha generado una serie de estructuras y funciones institucionales que promueven la innovación tecnológica y que pueden servir de plataforma para una transferencia tecnológica orientada al cambio climático. En esta nueva estrategia política destaca la visión de largo plazo y el interés por el desarrollo productivo limpio y ambientalmente sustentable.

Ante esto, es posible concluir que durante la última década y, especialmente desde 2005, se ha profundizado en la formulación de políticas que permitan alcanzar el desarrollo por medio del fomento de transformaciones del sistema productivo, donde la innovación y el desarrollo tecnológico son claves. Los avances se refieren, principalmente, a la creación de una cultura de innovación para aumentar el nivel de I+D y la participación privada en la generación de innovación y desarrollo tecnológico.

Según la 6ta. Encuesta de Innovación, 3era. Encuesta de I+D y 1er. Censo de Gasto Público en I+D (Minecon, 2009) la proporción del PIB destinada a I+D en Chile en 2008 fue de un 0,4% en comparación al 2,3% del PIB en promedio en los países de la OECD para el mismo año. En Chile, ese año el sector privado financió un 43,7% del gasto nacional en I+D y la ejecución de las iniciativas en I+D se llevaron a cabo principalmente en instituciones de educación superior (40,8%) y dentro de las propias empresas (40,4%).

Los desafíos del sistema de innovación y la institucionalidad para la transferencia tecnológica se refieren a una complementariedad y coordinación entre estrategias de innovación y de cambio climático. De esta forma, se van generando mecanismos y canales para la participación conjunta de las instituciones de ambas esferas, para foca-

lizar esfuerzos de investigación y desarrollo, además de la difusión y creación de mercados para tecnologías de mitigación y adaptación. Adicionalmente, los esfuerzos para la formación de capacidades tecnológicas y de conocimientos avanzados contribuirán a la creación de una base tecnológica endógena en el país. Esta base debería promover la adopción de tecnologías, entre las que se prioricen las de mitigación y adaptación al cambio climático.

## 2.2 EVALUACIÓN DE NECESIDADES TECNOLÓGICAS

Las evaluaciones de necesidades tecnológicas son cruciales para ayudar a dirigir políticas y programas específicos que fomenten el desarrollo y transferencia de tecnologías adecuadas para enfrentar el cambio climático y vincular a los actores relevantes.

Al respecto, Chile realizó su primer ejercicio de Evaluación de Necesidades Tecnológicas (TNA, por su sigla en inglés) en 2003 en respuesta a los compromisos adquiridos con la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC). Esta primera evaluación, realizada a través de una consultoría (Deuman Ingenieros, 2003), se enfocó en los sectores transportes, industrial y de generación eléctrica e identificó opciones tecnológicas de mitigación, a nivel descriptivo y genérico. Además, se incluyó una descripción de proyectos y actividades vinculadas a la mitigación en esos sectores, destacando el uso de gas (licuado y natural) en transporte, la cogeneración en la industria y, el uso de energía eólica, minihidráulica, biomasa y solar en generación eléctrica. Todas las experiencias comprendían proyectos a pequeña escala, muy incipientes y destacados como alternativas promisorias a esas alturas de la década.

Durante 2009, contando con un contexto nacional de mayor conocimiento y concientización sobre la necesidad de adoptar tecnologías para el cambio climático, Corfo encargó un estudio cuyo objetivo fue establecer criterios y prioridades para la definición de una estrategia nacional de transferencia tecnológica para la mitigación y adaptación al cambio climático, sentando las bases para la discusión nacional sobre la evaluación de alternativas sectoriales en esta materia (Poch Ambiental, 2009).

Dicho estudio abordó cinco sectores económicos prioritarios para el país: minería del cobre, alimentos -incluyendo fruticultura, agricultura y alimentos procesados-, construcción, transporte y acuicultura. No consideró el sector energía, el que por su relevancia tendría una evaluación

particular fuera del marco del mismo. Se realizó un análisis de procesos de las faenas productivas en cada sector para priorizar subsectores, actividades y procesos, además, identificar y categorizar las necesidades tecnológicas. Con esto se estimaron costos, beneficios y potencial de mitigación o contribución a la adaptación, según correspondiera, seleccionando una tecnología de mitigación y una de adaptación para cada sector, con el fin de enfocar esfuerzos y diseñar una estrategia de desarrollo y transferencia específica (Tabla 1).

**TABLA 1.** Resumen de tecnologías identificadas para la mitigación y adaptación nacional en el estudio “Estrategia y potenciales de transferencia tecnológica para el cambio climático”

Sector	Tecnología de mitigación	Tecnología de adaptación
Minería del Cobre	Concentración solar térmica para el calentamiento de soluciones en la electro-obtención del cobre	Embalses superficiales para crecidas
Construcción	Calefacción residencial a pellets (biomasa)	Sistemas de captación y aprovechamiento de aguas pluviales
Transporte	Mejoras aerodinámicas de vehículos pesados (camiones)	Capacitación para diseño de infraestructura (caminos y puentes)
Alimentos	Agricultura de precisión	Desarrollo genético de variedades resistentes
Acuicultura	Biodigestión desechos orgánicos	Sistemas integrados de recirculación de aguas

Fuente: Poch Ambiental, 2009

Los sectores se seleccionaron considerando una serie de variables generales (importancia macroeconómica relativa, centralidad respecto a redes productivas, ambiente favorable), de potencial de mitigación y de vulnerabilidad climática en las zonas geográficas donde operan. La selección de una tecnología específica en cada sector consideró su aporte a la mitigación, la adaptación, el nivel de inversión y su contribución al desarrollo sustentable. Ya que cada sector presenta variables de contexto y procesos internos diferentes, no es relevante la comparación intersectorial en este resumen de resultados, porque podría restar interés en sectores o tecnologías que contribuyen menos a la mitigación (o que presentan una vulnerabilidad menor desde su adaptación) a pesar de ser muy relevantes en el sector o en el contexto general del país.

El mismo estudio entregó recomendaciones de política y estrategia de implementación, las que abarcan la integración de las políticas de cambio climático con las de innovación y desarrollo tecnológico, ya que las oportunidades para la transferencia de tecnologías no han sido del todo internalizadas en sectores claves. También destacó la necesidad del involucramiento del sector privado, sosteniendo que su inversión hará posible una verdadera transformación del sistema productivo y energético global, y permitirá la implementación efectiva de sistemas de innovación orientados al cambio climático en países en desarrollo. Finalmente, se reconoce la importancia de la inversión pública, aunque se sugiere que no será suficiente para transitar a una economía baja en emisiones de GEI (Poch Ambiental, 2009; Stern, 2006).

Sobre la participación de actores en el proceso de transferencia de tecnologías, esta nueva evaluación de necesidades tecnológicas concluye que existe una falta de coordinación efectiva entre los distintos agentes que debiesen participar en la generación, implementación y difusión de tecnologías para el cambio climático (científicos, academia, sector privado y sector público, entre otros). Se reconoce la necesidad de promover el desarrollo de capacidades innovadoras locales para la invención, desarrollo y despliegue de conocimientos y tecnologías adaptadas al contexto nacional (Tabla 2).



Foto: Ministerio del Medio Ambiente. Gobierno de Chile

**TABLA 2.** Principales conclusiones sobre una estrategia de transferencia tecnológica en Chile según el estudio “Estrategia y potenciales de transferencia tecnológica para el cambio climático”

Tipología de análisis	Conclusiones
Contexto nacional y marcos de política	La transferencia tecnológica para el cambio climático no ha sido internalizada en los sectores claves del país. A nivel de políticas, por ejemplo en la Estrategia Nacional de Cambio Climático y el PANCC, hay una escasa mención a la transferencia de tecnologías y su rol en la mitigación de emisiones y en la adaptación a los efectos del cambio climático.
	El Centro de Energías Renovables (CER) promueve y facilita el desarrollo de la industria de las ERNC en el país. Evalúa las necesidades tecnológicas existentes, lo cual debe ser un ejercicio reflexivo permanente, que permita su revisión y adaptación a través del tiempo. Estas evaluaciones debiesen transformarse en el primer eslabón de una cadena que permita el establecimiento de ‘cartas de navegación’, seguido de planes de acción sobre tecnologías bajas en emisiones. Por otra parte, el Programa País de Eficiencia Energética tiene como misión consolidar el uso eficiente como una fuente de energía, contribuyendo al desarrollo energético sustentable de Chile (CER, s.f).
Estrategias de fortalecimiento para la transferencia tecnológica	El enfoque para la formulación de una estrategia de transferencia tecnológica para el cambio climático debe basarse en una política con objetivos de largo plazo, con la consideración de importación de tecnologías (equipamiento y conocimiento) y el desarrollo de capacidades tecnológicas endógenas, permitiendo la adaptación tecnológica a las condiciones locales y la generación de tecnología que pueda ser competitiva a nivel internacional.
	Se requiere apalancar recursos privados y lograr un mayor involucramiento de este sector en la generación tecnológica.
	La integración de medidas y políticas de transferencia tecnológica debe estar especialmente alineada a las estrategias y sistemas de innovación del país.
Respecto de los aspectos claves para la negociación de futuros acuerdos internacionales	Se deben crear mecanismos apropiados para el desarrollo de capacidades tecnológicas a lo largo de la cadena de investigación, desarrollo, demostración y despliegue. Para ello, la colaboración internacional es clave. Esto permite fomentar el desarrollo de capacidades de innovación locales al facilitar el acceso a conocimientos tácitos y otras habilidades relevantes.
	El fomento a transferencia de tecnologías requerirá tratar el tema de la propiedad intelectual. Sin embargo, el acceso a ella no es suficiente para fomentar capacidades de innovación locales. Se debe poner mayor énfasis en la transferencia de conocimientos tácitos.
	La catalogación de países de acuerdo a su nivel de desarrollo y las implicancias de esto en sus compromisos de mitigación y adaptación al cambio climático deberá reconsiderarse en acuerdos futuros, ya que no es políticamente aceptable que a países con contextos económicos, sociales y ambientales tan diferentes se les exijan las mismas medidas.

Fuente: Poch Ambiental, 2009

## 2.3 PROGRAMAS PILOTOS Y OTRAS EXPERIENCIAS DE TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA EN CHILE ORIENTADAS AL CAMBIO CLIMÁTICO

La última década ha sido un periodo de experimentación tecnológica desde etapas iniciales donde se ha mejorado la identificación de oportunidades para enfrentar el cambio climático, el desarrollo de conocimientos tecnológicos específicos, la participación en mercados emergentes a nivel internacional y la generación de un régimen regulatorio, normativo y de apoyo a la transferencia tecnológica.

Las iniciativas públicas y privadas más relevantes en este ámbito se presentan a continuación. No se incluyen actividades de investigación y desarrollo vinculadas a procesos de transferencia tecnológica, ya que se abordaron en la subsección evaluación de necesidades tecnológicas.

### 2.3.1 Actividades desarrolladas en el sector público

Corfo es un organismo ejecutor de las políticas del Gobierno de Chile en el ámbito del emprendimiento y la innovación. Actúa mediante herramientas e instrumentos

compatibles con los lineamientos de una economía social de mercado, creando las condiciones para construir una sociedad de oportunidades. Vinculada a la promoción de tecnologías ambientales (incluyendo la mitigación y adaptación al cambio climático) y en línea con la política de innovación durante la última década, CORFO ha creado una serie de instrumentos de fomento e incentivo para la adopción en Chile de Energías Renovables No Convencionales (ERNC) y el desarrollo de la Eficiencia Energética (EE) en distintos sectores emisores de GEI del país.

Los siguientes son instrumentos de apoyo (cofinanciamiento) que Corfo mantuvo disponible en 2009 para proyectos vinculados a la mitigación y adaptación al cambio climático. Se dividen en instrumentos de apoyo a etapas de pre-inversión de proyectos ERNC (Tabla 3), instrumentos de apoyo a la inversión de proyectos ERNC (Tabla 4) y otros instrumentos de apoyo de CORFO en innovación, financiamiento e inversión. También se detalla el número y tipo de proyectos y los montos de inversión considerados (incluyendo el financiamiento por medio de Corfo).

**Instrumentos de apoyo a etapas de pre-inversión de proyectos ERNC**

- Todochile: Cofinanciamiento para preinversión de proyectos de generación eléctrica y biocombustibles en regiones.
- Preinversión ERNC RM: Cofinanciamiento para preinversión de proyectos de generación eléctrica de la Región Metropolitana.
- Cofinanciamiento en etapas avanzadas: Cofinanciamiento para proyectos de generación eléctrica de los costos de estudios de ingeniería básica y de detalle, estudios de conexión eléctrica y evaluación de impacto ambiental o declaración de impacto ambiental, entre otros.

**TABLA 3.** Proyectos en ERNC apoyados por la Corfo en su etapa de preinversión

Principales indicadores de resultados para proyectos apoyados en etapa de preinversión				
	Proyectos	Potencia	Inversión*	Aporte CORFO
	Nº	MW	MM US\$	MM US\$
<b>Operación</b>	<b>5</b>	<b>32,9</b>	<b>51,65</b>	<b>0,18</b>
Hidráulicos	4	30,6	45,9	0,13
Eólicos	1	2,3	5,75	0,04
<b>Construcción</b>	<b>16</b>	<b>129,5</b>	<b>256,8</b>	<b>0,89</b>
Hidráulicos	13	102,5	204,2	0,67
Eólicos	1	10,5	21	0,02
Biomasa	2	16,5	31,6	0,20
<b>TOTAL</b>	<b>21</b>	<b>162,4</b>	<b>308,45</b>	<b>1,07</b>

Fuente: CORFO, 2010.  
\* Inversión estimada en millones de US\$

*a) Instrumentos de apoyo a la inversión de proyectos ERNC*

- Crédito Corfo medioambiental: Crédito financiado con fondos nacionales y del KfW de Alemania y operado por la banca nacional, con condiciones preferentes para proyectos de inversión, entre otros de ERNC.

- Crédito Corfo ERNC: Crédito financiado por la Corfo y operado por la banca, con condiciones preferentes para inversiones en generación y transmisión eléctrica con ERNC (eólica, biomasa o hidráulica de pequeña escala).



TABLA 4. Proyectos con crédito Corfo-ERNC

	Proyectos	Potencia	Inversión
Fuente	Nº	MW	MM US\$
Hídricos	11	75,5	0,188
Solar	1	1	0,007
Biomasa	2	16	0,017
Transmisión	1	-	0,007
<b>TOTAL</b>	<b>15</b>	<b>92,5</b>	<b>0,220</b>

Fuente: CORFO, 2010

*b) Otros instrumentos de apoyo de Corfo en innovación, financiamiento e inversión*

**Innovación:**

- Subsidio al emprendimiento: Apoya la definición y formulación de proyectos de nuevos negocios, competitivos y con expectativas de alto crecimiento, su despegue y puesta en marcha.
- Subsidio a la innovación empresarial: Apoya iniciativas de innovación y desarrollo tecnológico bajo esquemas de gestión empresarial individuales o asociativos, que potencien la competitividad de las empresas, a través de la incorporación de procesos, productos y servicios nuevos o mejorados.
- Subsidio de interés público y precompetitivo: Potencia la capacidad competitiva de sectores productivos, con soluciones a problemas complejos de aplicación productiva e iniciativas que mejoren las condiciones de operación de mercados y sectores productivos.
- Subsidio a la transferencia tecnológica: Apoya iniciativas orientadas a mejorar el conocimiento y las condiciones de acceso a tecnologías de gestión y producción relevantes para las empresas nacionales.

**Financiamiento:**

- Capital de riesgo: Diseñados para fomentar el desarrollo de la industria de capital de riesgo en Chile y la participación de inversionistas privados en los fondos de inversión, a fin de incentivar la inversión privada en pequeñas y medianas empresas.

**Inversión:**

- Subsidio a la alta tecnología: Orientado a cubrir parte de los costos de asentamiento de una empresa extranjera

de alta tecnología en nuestro país. Entre éstos se cuentan el apoyo para la realización del plan de negocios, la gestión para la puesta en marcha, la formación de recursos humanos, inversión en activos fijos y capacitación de alta especialización, entre otros.

La Comisión Nacional de Energía (CNE), actualmente Ministerio de Energía, fue en el periodo de reporte también un organismo clave en la ejecución de iniciativas de transferencia tecnológica. Una de las más llamativas ha sido ejecutada en el marco del Programa de Electrificación Rural (PER), creado el año 1994 y actualmente parte de la división de acceso y equidad energética del Ministerio de Energía.

Por otro lado, a través de las divisiones de energías renovables no convencionales y desarrollo sustentable del Ministerio de Energía (que correspondían al área de medio ambiente y energías renovables no convencionales de la CNE) se han realizado estudios e iniciativas para aumentar el nivel de conocimientos e información sobre tecnologías de mitigación del cambio climático vinculadas al sector energía. Un ejemplo son las actividades en colaboración con fondos bilaterales (GTZ), por medio de las cuales se han generado guías para la evaluación ambiental de proyectos ERNC, para iniciativas de generación eléctrica con recursos eólicos (2006) y a partir de biomasa (2007) y, para la formulación de proyectos MDL en el sector energía (también publicado en 2007).

Durante los últimos años, la CNE también colaboró en la reducción de barreras de información sobre disponibilidad y potencial de una serie de recursos naturales renovables para fines de generación energética. Al respecto, se ha venido elaborando, con apoyo del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF, por sus siglas en inglés) y en colaboración con el Ministerio de Bienes Nacionales, un levantamiento del potencial eólico que ha permitido crear un

mercado para este tipo de tecnología en el país. Respecto del uso de biomasa, en 2007 se estudió la disponibilidad de residuos de la industria primaria de la madera para el uso energético y, el año 2008, el potencial de generación de energía con este tipo de residuos a partir del manejo forestal en Chile. Sobre los pequeños aprovechamientos hidroeléctricos, la CNE, en conjunto con la Comisión Nacional de Riego, realizó un catastro de proyectos hidráulicos asociados a las obras de riego. En relación con la generación de biogás, se realizaron estudios de identificación y clasificación de los tipos de biomasa disponibles en Chile para la generación de biogás, con cooperación de GTZ y de Infor.

### 2.3.2 Actividades desarrolladas en el sector privado

La estrategia y el PANCC han asignado especial relevancia al rol que el sector privado puede desempeñar en la economía para transitar hacia un crecimiento bajo en emisiones. En este contexto, junto con la formulación de políticas sectoriales y actividades de apoyo desde el sector público, los instrumentos de mercado se consideran fundamentales y han jugado un papel clave en la ejecución de inversiones en el país que transfieren tecnologías bajas en emisiones durante la última década.

Chile ha participado muy activamente en la implementación del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) del Protocolo de Kioto, manteniéndose como un país relevante en cuanto al número de proyectos en comparación con el tamaño de su economía nacional.

Si bien en el capítulo sobre mitigación se incluyó información sobre el MDL, es relevante su análisis también en éste, ya que es considerado como el mecanismo más efectivo de transferencia tecnológica entre países desarrollados a países en desarrollo en el marco del Protocolo de Kioto. Sin embargo, no es fácil generalizar conclusiones sobre la efectividad de la transferencia de tecnologías asociadas a los proyectos MDL en Chile, ya que los proyectos involucran procesos, actores, tecnologías y marcos institucionales diferentes.

Las tecnologías de recuperación de biogás de rellenos sanitarios y de manejo de estiércol animal (cerdos principalmente) y las de generación energética (hidroeléctrica y biomasa) lideran la reducción de emisiones de GEI según los proyectos MDL de Chile. Respecto a las tecnologías utilizadas, la mayoría de estos proyectos las importa, por lo

que no ha habido desarrollo tecnológico de equipos en el país. Según sugieren los expertos, una razón sería el tamaño del mercado nacional. Sin embargo, las razones son más complejas y tienen que ver con la propiedad intelectual, aversión a riesgos de desarrollos tecnológicos a partir de ingeniería inversa u otras más enraizadas en los incipientes pasos que se están dando para desarrollar un sistema de innovación, el que aún no rinde los resultados que procesos de largo plazo requieren.

Expertos consultados consideran que ciertas tecnologías, como por ejemplo la biodigestión anaeróbica (para la recuperación de metano y su posterior uso energético) es una de las más promisorias. Existe consenso que a nivel local se ha logrado desarrollar la tecnología complementaria necesaria para la implementación y el diseño de proyectos, tanto de equipos como de conocimientos. Al respecto, toda la ingeniería básica y de detalles, los componentes mecánicos, piping y obras civiles de proyectos MDL se realiza en el país, con capacidades tecnológicas locales. Adicionalmente, han existido transferencias de conocimientos tecnológicos para operar, mantener y utilizar la tecnología, incluyendo las capacidades de gestión y toma de decisiones para seleccionar la más adecuada, adaptarla a condiciones locales y permitir que sea utilizada a un nivel de rendimiento óptimo. Estas capacidades, según los expertos consultados, existen en el país y son cada vez más robustas.

Tal como se destaca en el PANCC (Conama, 2008), junto con el desarrollo de proyectos tecnológicos, la innovación del sector financiero y empresarial es clave para concretar inversiones en proyectos de mitigación y los flujos asociados a la venta de reducciones certificadas de emisiones. Un ejemplo en el país ha sido la incipiente colaboración entre la banca privada nacional y Corfo para otorgar créditos a proyectos ERNC, según se ha descrito previamente.

## 2.4 VÍNCULOS ENTRE ACTIVIDADES DE TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA CON PROCESOS DE PLANIFICACIÓN A NIVEL NACIONAL

Las interrelaciones de los procesos de aprendizaje y desarrollo de conocimientos, acompañados de avances en la producción de equipos tecnológicos, junto con los contextos socio institucionales en los que la tecnología es producida, adoptada y usada, demuestran que el determinismo tecnológico es demasiado simple para entender la vinculación entre tecnología y desarrollo sustentable.

A manera de ejemplo, en el sector energético nacional se realizaron modificaciones a la Ley General de Servicios Eléctricos en 2004 y 2005. Éstas afectaron directamente el sistema tecnológico, de desarrollo y transferencia de conocimientos, de equipos para la mitigación de emisiones, a la vez de acelerar la introducción de las ENRC.

Aunque estas modificaciones legales no se refieren directamente al proceso de transferencia tecnológica para el cambio climático, los objetivos de largo plazo que establecen han creado un ambiente propicio para procesos de desarrollo de conocimientos tecnológicos, además de la facilitación de la transferencia y adopción de equipos de generación eléctrica más bajos en la generación de emisiones de GEI. Los cambios legislativos en sí representan un proceso de aprendizaje y cambio político desde una perspectiva reflexiva, que han permitido transformaciones mayores a nivel socio-cultural y económico, permitiendo, por ejemplo, el rápido surgimiento de la industria de energía eólica en el país.

En conclusión, si bien la integración del cambio climático en el quehacer político del país -y específicamente la transferencia tecnológica- ha progresado en la última década, aún falta por instalar la temática en la agenda política de más alto nivel, trasladando su importancia desde la esfera ambiental a la de políticas de innovación y desarrollo económico y social del país.

La transferencia de conocimiento, el desarrollo de habilidades y tecnologías locales y la transferencia tecnológica desde el exterior, deberán ser reforzados con nuevos mecanismos y roles de las personas e instituciones involucradas en el proceso, la incorporación de nuevos actores y la adaptación de procesos normativos, institucionales y socioeconómicos. La implementación efectiva de la transferencia tecnológica está vinculada a otros procesos asociados a la investigación, acceso a información, desarrollo de capacidades y conciencia pública general, tratados en mayor detalle en otras secciones de esta Segunda Comunicación Nacional.

### 3. OBSERVACIÓN SISTEMÁTICA DE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA Y EL CAMBIO CLIMÁTICO

En el país se realiza la observación sistemática del clima y su variabilidad a través del monitoreo de parámetros relevantes meteorológicos, atmosféricos, oceanográficos y terrestres. Para esto se cuenta con equipamiento moderno y medios de comunicación automática y con capacidades propias de operación y procesamiento de la información que actualmente se genera.

En esta sección se describen y analizan programas de observación sistemática de la variabilidad climática y del cambio climático que existen en Chile y de actividades de investigación asociada al estudio de la variabilidad climática en el país, ejecutados en la década 2000-2010. En específico, se abordan tres temas:

- El estado de programas de observación sistemática del clima a nivel nacional, destacando el rol de las organizaciones de investigación e instituciones de gobierno vinculadas.
- La participación y rol de instituciones nacionales en los sistemas de investigación y observación del clima a escala internacional.
- Las brechas identificadas en la investigación y observación meteorológica, atmosférica y oceanográfica, des-

tañando las áreas en las cuales un conocimiento e información adicional facilitaría una mejor comprensión del sistema climático a nivel nacional y regional.

#### 3.1 PROGRAMAS NACIONALES DE OBSERVACIÓN DEL CLIMA

Los programas de observación sistemática de variables relevantes para la investigación climática involucran aspectos meteorológicos y oceanográficos vinculados a distintas zonas climáticas presentes en el país. Estos apuntan a fines relacionados a los sectores de agricultura, navegación marítima, aérea y meteorología en general, no estando orientados al estudio sistemático del cambio climático.

A través de ellos, los avances en la última década han permitido que el país cuente con información valiosa, datos estadísticos monitoreados de forma periódica con equipamiento de tecnología moderna y con series de tiempo suficientes para estudios que involucran cambios en las tendencias climáticas con horizontes temporales del orden de algunas décadas.

Estos programas involucran el monitoreo del tiempo atmosférico que realiza la Dirección Meteorológica de Chile (DMC), el monitoreo oceanográfico y de glaciares y la

cooperación interinstitucional para el establecimiento de una red agro-meteorológica en Chile.

### 3.1.1 Monitoreo del tiempo atmosférico y variables climáticas por la Dirección Meteorológica de Chile

La Dirección Meteorológica de Chile (DMC) -[www.meteochile.cl](http://www.meteochile.cl)- es la institución de Gobierno dependiente de la Dirección General de Aeronáutica Civil, que observa el tiempo atmosférico. Actualmente, cuenta con un sistema de estaciones que monitorea cada hora variables relevantes por medio de la observación sinóptica (temperatura y presión atmosférica, precipitaciones, dirección e intensidad del viento, tipo y altura de la nubosidad, visibilidad y humedad relativa del aire). La DMC opera 25 estaciones con estándares internacionales desde Arica a la Base Frei en el Territorio Antártico Chileno. Adicionalmente, opera una red de cinco radiosondas que permite monitorear el perfil vertical de la atmósfera, con variables que incluyen temperatura, presión, humedad y viento. Esta red dispone de datos desde 1958, lo que representa un ejemplo de observación sistemática entre los países de la región. Treinta estaciones de la DMC forman parte del programa de vigilancia mundial de la atmósfera de la Organización Meteorológica Mundial (OMM). La DMC también mantiene una red de monitoreo de radiación UV, con 18 estaciones en el país.

La información generada ha permitido estudiar y correr modelos climáticos en el país, generando información nacional relevante relacionada a la investigación sobre cambio climático. También las variables meteorológicas relativas al seguimiento del fenómeno de El Niño/Oscilación del Sur (ENOS) son registradas e interpretadas por la DMC.

### 3.1.2 Monitoreo del nivel del mar, observación oceanográfica y fenómenos climáticos asociados

El Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada (Shoa) es otra institución del sector público que realiza monitoreos de variables relevantes para la observación del clima. Su misión principal es proporcionar información y asistencia técnica que permita la navegación segura en el mar territorial, vías lacustres, fluviales, mares interiores y alta mar contigua al litoral chileno ([www.shoa.cl](http://www.shoa.cl)). Este servicio mantiene el monitoreo permanente del nivel del mar, temperatura superficial del agua, del aire y presión

atmosférica en una serie de estaciones costeras ubicadas a lo largo de Chile continental, insular y el Territorio Antártico Chileno.

La recolección de datos por parte del Shoa partió alrededor de 1945 con mareógrafos automáticos. En 1999, cuando contaba con 17 estaciones en los puertos principales y puntos estratégicos del país, se inició un proceso de renovación del instrumental, permitiendo que actualmente el país disponga de una red instrumental digital, que transmite datos en tiempo real vía satélite, en 24 localidades y en tres estaciones digitales autocontenidas: dos localizadas en el Territorio Antártico Chileno y una en Isla San Pedro en el Golfo de Penas. Los planes de densificación y mejoramiento de sensores de la red mareográfica nacional continúan en desarrollo, esperando que hacia fines de 2011 existan 33 estaciones operativas.

Los datos disponibles permiten ejecutar estudios de variabilidad climática. Actualmente se cuenta con series de tiempo del orden de décadas en los puertos de Antofagasta, Valparaíso, Talcahuano, Puerto Montt y Punta Arenas. Sin embargo, las medidas de nivel del mar, al ser realizadas en estructuras portuarias, entregan un valor relativo a las placas tectónicas, por lo que sin contar con mediciones geodésicas de movimientos de éstas placas resulta imposible desacoplar las medidas relativas para obtener resultados concluyentes sobre variaciones sistemáticas del nivel del mar (Shoa, 2010).

El Servicio, además, efectúa desde 1999 un monitoreo del fenómeno de El Niño/Oscilación del Sur llevado a cabo mediante cruceros oceanográficos, que inicialmente sólo consideraban la costa central frente al puerto de Valparaíso. Desde 2002 se viene implementando una campaña conjunta con Perú y últimamente se ha sumado Ecuador, aunque las campañas de medición de este último país no se han realizado al mismo tiempo que las de Chile y Perú.

Desde 1999 hasta 2009, el monitoreo del fenómeno de El Niño/Oscilación del Sur se realizó semestralmente, con un crucero de investigación que recopila datos de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto de la columna de agua, de 0 a 1.000 metros de profundidad hasta las 200 millas marítimas frente a la costa chilena, desde la zona central hasta el extremo norte.

### 3.1.3 Monitoreo de glaciares

La Dirección General de Aguas (DGA, [www.dga.cl](http://www.dga.cl)) perteneciente al Ministerio de Obras Públicas, cuenta con una

Estrategia Nacional de Glaciares, elaborada en 2009, la que contempla un horizonte de implementación para los próximos 10 a 20 años. Dicha estrategia contiene lineamientos que permiten mejorar el conocimiento sobre lo que ocurre con los glaciares de Chile, pronosticar cambios glaciares futuros, determinar sus posibles impactos para la sociedad y el sistema natural, en particular en relación a los recursos hídricos que generan.

Como parte de su implementación, la DGA, a través de su Unidad de Glaciología y Nieves descrita institucionalmente en el capítulo de circunstancias nacionales, ejecuta desde el sector público distintas actividades en el ámbito del monitoreo de glaciares incluyendo el levantamiento de información y su sistematización para contar con un Registro Nacional de Glaciares, que espera tener completo para 2011. En particular, la DGA instaló dos refugios que durante el año permiten tomar muestras en zonas de influencia glaciar en los hielos patagónicos (campos de Hielo Norte y Sur) los que se encuentran operativos desde 2009 y, dos estaciones hidrometeorológicas para alta montaña: una en el Mapocho Alto y otra en el Maipo Alto. También ha estudiado la topografía superficial de glaciares a través de levantamientos aerotransportados en detalle, aplicando tecnología láser (Lidar). Además, ha efectuado en base a mediciones con radar terrestre, la estimación de volumen en cuatro glaciares (Jotabeche, Juncal Norte, San Francisco y Echaurren). En materia de glaciares blancos, en 2008 inventarió la Cordillera de Darwin en donde se delimitaron 2606 km<sup>2</sup> de hielo. En 2009 hizo lo mismo con las cuencas que conforman Chiloé continental en donde los glaciares catastrados ocupan una superficie de 737 km<sup>2</sup>. Finalmente, en 2010 se inventariaron 3.265 glaciares que ocupan una superficie total de 1.042 km<sup>2</sup> en cuatro cuencas ubicadas entre los ríos Palena y Pascua y se ha avanzado en el levantamiento catastral de glaciares cubiertos o glaciares rocosos en la cuenca de los ríos Copiapó, Elqui, Limarí, Choapa y Aconcagua para lo cual ya se dispone de un inventario general.

El desafío a partir de esta estrategia es incrementar en el país la capacidad instalada de investigación de glaciares, sistematizar su monitoreo, construir bases de datos accesibles, generar una capacidad de modelación que permita replicar los procesos acaecidos y pronosticar respuestas en base a distintos escenarios climáticos futuros.

### 3.1.4 Red agrometeorológica de Chile

En 2009 se inauguró un sistema que recopila y analiza datos de información meteorológica de 114 estaciones

automáticas de monitoreo distribuidas a lo largo del país ([www.agroclima.cl](http://www.agroclima.cl)). Esta nueva red opera particularmente en los valles agrícolas regados ubicados entre los ríos Elqui, en la región de Coquimbo y, Biobío, en la región del mismo nombre, complementando datos de estaciones de monitoreo meteorológico para el sector agrícola disponibles desde hace alrededor de 30 años, modernizando el equipamiento y permitiendo la colaboración de instituciones públicas y privadas para la toma de decisiones relevantes al sector agrícola.

El sistema es un esfuerzo conjunto de la Fundación para el Desarrollo Frutícola (formada por los miembros de la Asociación de Exportadores de Chile A.G., el Instituto de Investigaciones Agropecuarias del Ministerio de Agricultura y la DMC, contó con financiamiento del Fondo de Innovación para la Competitividad. La Fundación para el Desarrollo Frutícola es la entidad que opera la red de 114 estaciones, recibiendo los datos de todas las estaciones y permitiendo su difusión. Las otras estaciones que también conforman esta red continúan siendo operadas en forma individual.

Esta red entrega información en tiempo real que permite la alerta temprana en el sector agrícola, particularmente en lo relativo a la prevención de plagas, riesgos de sequía, inundaciones u otros eventos climáticos extremos, además de racionalizar el uso de productos fitosanitarios (SimFRUIT, 2009). La red está destinada a mejorar el sistema productivo agrícola del país y el monitoreo permite contar con información sobre temperatura, precipitación, viento, radiación solar, humedad atmosférica y otros parámetros de relevancia climática.

La información generada permite potencialmente realizar investigación aplicada sobre cambio climático a nivel nacional.

## 3.2 PARTICIPACIÓN Y ROL DE INSTITUCIONES NACIONALES EN OBSERVACIÓN DEL CLIMA A ESCALA INTERNACIONAL

Chile participa en diversos esfuerzos internacionales de observación del clima. Por nombrar algunos, el Shoa, la DMC, el Instituto de Fomento Pesquero y la Subsecretaría de Pesca integran la Comisión Permanente del Pacífico Sur, junto con instituciones de Colombia, Ecuador y Perú. En conjunto coordinan actividades de observación e investigación y mensualmente elaboran un Boletín de Alerta Climático en relación al fenómeno de El Niño/Oscilación

del Sur, que reporta las temperaturas superficiales del mar y nivel del mar. Los monitoreos realizados en estaciones específicas se reportan además a los centros de datos reconocidos por el sistema mundial de observación de nivel del mar (GLOSS), programa coordinado por la Comisión Oceanográfica Intergubernamental.

Adicionalmente, Chile aporta con 17 estaciones de monitoreo a la red Global Climate Observing System (GCOS) de la Organización Meteorológica Mundial de las Naciones Unidas para el estudio del medio ambiente. Para el caso de la red World Weather Watch de la OMM con fines de observación del tiempo atmosférico, la DMC contribuye con 25 estaciones de superficie y cinco de radiosonda. La selección de las estaciones para la red GCOS fue realizada por la OMM en base a un criterio espacial geográfico y la data histórica disponible de las estaciones. La presencia chilena en dicha red incluye observación atmosférica, oceanográfica y terrestre.

Entre Chile y Perú ha existido transferencia de capacidades y cooperación por medio de intercambios de profesionales del Shoa y la Dirección de Hidrografía y Navegación de Perú, respecto al funcionamiento y operación de instrumentos y programas de software avanzados para el monitoreo del océano. En los últimos dos años, Ecuador se ha sumado al monitoreo conjunto con Perú y Chile.

### 3.3 BRECHAS EN LA OBSERVACIÓN DEL CLIMA —

En los últimos años, el país ha avanzado en la instalación de equipamiento moderno y las instituciones que participan del monitoreo del clima cuentan con recursos técnicos y profesionales para realizar sus funciones con exce-

lencia. Sin embargo, todas las actividades de observación del clima se realizan con otros fines, ya sea productivos, de comunicación, transporte u otros. Se requiere que la observación sistemática del cambio climático sea internalizada en la misión y funciones desarrolladas por las distintas instituciones del país y que se mejore la coordinación entre observación básica e investigación y análisis entre instituciones públicas.

Asimismo, una coordinación interinstitucional debiese detectar prioridades de observación y establecer los vínculos y mecanismos para permitir el desarrollo de investigación dentro de las instituciones públicas del Estado y fomentar la cooperación con la comunidad académica y científica del país.

Por otro lado, existe una brecha respecto a la localización geográfica de las estaciones de monitoreo. Se requiere una mayor densificación en la zona austral (Patagonia) y en zonas altas de la cordillera (sobre los 2.500 msnm), principalmente para el estudio de variables asociadas a cambios en la criósfera y en los ecosistemas australes.

Finalmente, respecto del tipo de observación se deben realizar esfuerzos de monitoreo de variables sobre biodiversidad y otras características de biomas propios del país. Los cambios climáticos están relacionados con otros fenómenos de cambios ambientales globales, como la pérdida de biodiversidad, la acidificación de aguas, el cambio en el ciclo del nitrógeno global y la desertificación, por nombrar algunos. En este sentido, otro factor limitante es la falta de información sistematizada, disponible y en formato digital.



Foto: Ministerio del Medio Ambiente. Gobierno de Chile

## 4. INFORMACIÓN SOBRE PROGRAMAS DE INVESTIGACIÓN

En la presente sección se describen y analizan programas de investigación sobre cambio climático en Chile vinculados con distintos ámbitos, como la ciencia del cambio climático, la vulnerabilidad y adaptación, la mitigación de emisiones y, en forma incipiente, el desarrollo de factores de emisión.

En específico, se abordan las actividades relacionadas con:

- Los programas de investigación sobre cambio climático existentes en el país.
- El nivel de participación de actores nacionales en investigación con instituciones bilaterales o multilaterales.
- Información sobre las necesidades específicas y prioridades identificadas para el fortalecimiento de los programas de investigación.

### 4.1 PROGRAMAS DE INVESTIGACIÓN EN EL PAÍS

#### 4.1.1 Principales proyectos ejecutados en la década 2000-2010 en variabilidad climática

Durante el periodo de reporte que abarca esta Segunda Comunicación Nacional, la principal investigación correspondió al denominado ejercicio de “downscaling” o de estudio de la variabilidad climática a nivel local (U. de Chile/Depto. Geofísica, 2007). Ésta propone un escenario futuro nacional para los cambios asociados a la evolución del clima y establece las variaciones que están ocurriendo. En términos de impacto, su difusión tuvo a nivel nacional un impacto comparable a los resultados que -a principios de 2007- presentó el IPCC al mundo en su cuarto reporte de evaluación, ya que por primera vez el tema del cambio climático fue considerado en Chile como un fenómeno comunicacional de amplio interés ciudadano y utilizado para la definición de política pública en el país.

Para su realización se utilizó el modelo regional PRECIS (Providing Regional Climates for Impact Studies) desarrollado por la MetOffice del Reino Unido. Si bien este estudio representa un gran avance en términos de la investigación nacional sobre cambio climático, sus conclusiones deben ser tomadas como un análisis de proyección con las restricciones que implica utilizar un modelo que no es del todo apropiado para climas de altura (sobre los 2.500 msnm).

Otro proyecto relevante fue “Variabilidad climática en Chile: evaluación, interpretación y proyecciones”, ejecutado por investigadores de la Universidad de Chile, la Universidad de Concepción y la DMC entre los años 2006 y 2008, con financiamiento de Conicyt y el Banco Mundial. Este proyecto tuvo tres objetivos:

- Evaluar la variabilidad del sistema climático regional durante las décadas más recientes en las distintas escalas temporales, comparándolo con las fluctuaciones climáticas a nivel global.
- Identificar mecanismos físicos que explican aspectos no conocidos de la variabilidad del sistema climático regional, mediante la realización de estudios de diagnóstico.
- Evaluar las condiciones más probables del sistema climático regional en un escenario futuro caracterizado por un efecto invernadero intensificado.

El proyecto ha permitido la formación de investigadores en ciencias atmosféricas y oceanográficas con el fin de fortalecer la capacidad científica nacional, mediante el financiamiento de tesis de postgrado y estudios de posdoctorado. Asimismo, ha consolidado relaciones de colaboración internacional, generando un gran número de publicaciones ([www.dgf.uchile.cl/ACT19](http://www.dgf.uchile.cl/ACT19)).

#### 4.1.2 Conicyt y la investigación nacional en cambio climático

Conicyt se orienta hacia dos grandes objetivos: el fomento de la formación de capital humano y el fortalecimiento de la base científica y tecnológica del país. Ambos pilares son potenciados de manera transversal por un área de información científica y una de vinculación internacional. De esta forma, dirige sus esfuerzos al objetivo final de contribuir al progreso económico, social y cultural del país a través de programas de apoyo, de manera de promover el desarrollo de ámbitos y desafíos diferenciados. En el cumplimiento de este rol, es el principal organismo público que financia proyectos de investigación científica y tecnológica.

En la Tabla 5 se presenta una selección de proyectos ejecutados durante la década 2000-2010 financiados por Conicyt y vinculados a la temática del cambio climático.

**TABLA 5.** Selección de proyectos en cambio climático financiados por Conicyt en el periodo 2000-2010

Categoría	Nombre del estudio/proyecto	Concurso Conicyt	Institución responsable
Ciencia del clima	Sistema de estimación de eventos extremos de lluvia, para la prevención y mitigación de los riesgos de avenidas y caudales circulantes, en un contexto de variabilidad y cambio climático (2008).	XVI Concurso de I+D FONDEF 2008	Universidad de Talca
	Modelación regional del clima futuro y su impacto en recursos naturales (2006)	Concurso de redes de colaboración para anillos de investigación y núcleos científicos milenio	Universidad de Chile
	Variabilidad climática en Chile: evaluación, interpretación y proyecciones (2004)	Primer concurso nacional de proyectos de anillos de investigación en ciencias y tecnología 2004 y I concurso de apoyo a la cooperación internacional de excelencia 2006	Universidad de Chile
	Cambios climáticos durante los últimos 1.000 años en los andes del sur de Chile (41grados -51 grados) (2000)	Fondecyt regular	Universidad Austral de Chile
Vulnerabilidad y adaptación	Evidencias del cambio climático en centros urbanos en Chile: implicancias sobre los riesgos naturales y la capacidad adaptativa (2010)	Fondecyt regular	Pontificia Universidad Católica de Chile
	Efectos del cambio en el uso de suelo y cambio climático sobre los recursos hídricos. Nuevas condicionantes para la gestión integrada de cuencas hidrográficas (2009)	Fondecyt regular	Universidad Austral de Chile, Universidad de Concepción
	Impacto del cambio climático en el alfabetismo científico y la conciencia sustentable de las elites en Chile (2009)	Fondecyt regular	Universidad de Santiago de Chile
	Anillo en ciencias sociales - SOC28: impactos sociales y ambientales del cambio climático global en la Región del Biobío: desafíos para la sostenibilidad del siglo XXI (2008)	Apoyo a la vinculación internacional de centros y grupos de investigación asociativa nacionales	Universidad de Concepción
	Observación y modelización espacial del clima en viñedos chilenos en un contexto de cambio climático (2008)	Programa de cooperación científica ECOS-Conicyt	Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
	Impactos sociales y ambientales del cambio climático global en la Región del Biobío: desafíos para la sostenibilidad del siglo XXI (2007)	II Concurso de anillos en ciencias sociales modalidad abierta y modalidad en innovación de políticas públicas	Universidad de Concepción
Cambio climático global en ambientes de alta-montaña: consecuencias del aumento de la temperatura sobre el reclutamiento, desempeño fotosintético e importancia de las interacciones positivas en los andes (2006)	Fondecyt-Incentivo a la cooperación internacional	Universidad de Concepción	



Categoría	Nombre del estudio/proyecto	Concurso Conicyt	Institución responsable
Vulnerabilidad y adaptación	Estabilidad y comportamiento reciente de glaciares en la península Antártica - las interacciones con las plataformas de hielo (2006)	Segundo concurso anillos de investigación en ciencia antártica	Centro de Estudios Científicos
	Glaciología y cambio climático (2006).	Primer concurso de apoyo a la cooperación internacional de excelencia	Centro de Estudios Científicos
	Heterogeneidad ambiental en ecosistemas mediterráneos y susceptibilidad de las especies vegetales al aumento de la sequía como consecuencia del cambio climático (2005)	Concurso programa de cooperación científica CSIC - Conicyt	Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Universidad de Concepción
Mitigación	Caracterización del balance de carbono: el caso de la fruticultura chilena de exportación y posibilidades de mitigar las emisiones de CO2 (2007)	XV Concurso de investigación y desarrollo (I+D)	Universidad Santo Tomás
	Modelación de la distribución actual y potencial de especies arbóreas de los bosques templados de Chile asociado al cambio climático (2007/2008)	Fondecyt-Incentivo a la cooperación internacional	Pontificia Universidad Católica de Chile
	Modelación de la distribución actual y potencial de especies arbóreas de los bosques templados de Chile asociado al cambio climático (2006)	Fondecyt-Regular de iniciación en investigación	Pontificia Universidad Católica de Chile
	Creación de una unidad de proyectos y transacción de carbono (2001)	Programa de proyectos de T.T. - Primera fase	Instituto Forestal, Universidad Austral de Chile

Fuente: Conicyt, 2010, web institucional

El Programa Fondo de financiamiento de centros de excelencia en investigación (Fondap) de CONICYT, fue creado en 1997 como un instrumento de desarrollo científico para articular la actividad de grupos de investigadores con productividad demostrada y la formación de capital humano avanzado en áreas del conocimiento de importancia para el país y donde la ciencia básica nacional haya alcanzado un alto nivel de desarrollo. Desde su creación, Fondap ha financiado 9 centros de excelencia, encontrándose al 2010 dos proyectos en ejecución bajo este programa que realizan investigación en materias relacionadas con el cambio climático: el Centro de Estudios Avanzados en Ecología y Biodiversidad (Caseb), residente en la Pontificia Universidad Católica de Chile y el Centro de Investigación Oceanográfico en el Pacífico Sur-Oriental (Copas) de la Universidad de Concepción.

Conicyt también tiene como una de las principales iniciativas de apoyo a la investigación su programa regional, instaurado el año 2000 con el fin de permitir la creación de centros regionales de desarrollo científico y tecnológi-

co a lo largo de todo Chile y facilitar la formación de capital humano avanzado en investigación de temáticas en ciencia básica y aplicada. Este programa reúne a actores de los gobiernos regionales, universidades y empresarios de cada región. Aunque la investigación desarrollada por estos centros no se focaliza en temas de cambio climático, el apoyo facilitado a la fecha ha contribuido a la investigación nacional en la materia. Destaca especialmente el apoyo al Centro de Estudios Avanzados de Zonas Áridas (Ceaza) de las universidades de La Serena y Católica del Norte y el Instituto de Investigaciones Agropecuarias en la Región de Coquimbo (Inia-Intahuasi), cuyo objetivo principal es estudiar el impacto de las oscilaciones climáticas sobre el ciclo hidrológico y la productividad biológica en las zonas áridas del norte-centro de Chile. También aparece en este período el Centro de Estudios del Cuaternario Fuego-Patagonia y Antártica (Cequa) ubicado en la Región de Magallanes y Antártica Chilena, congregando a la Universidad de Magallanes, el Instituto Antártico Chileno y el Instituto de Fomento Pesquero. En la actualidad existen otros 12 centros regionales distribuidos en todo Chile.

**TABLA 6.** Centros nacionales que realizan investigación en cambio climático, que han recibido aportes financieros de Conicyt 2000-2010

Centro	Concurso Conicyt
Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas (Ceaza) (2007)	I Concurso de proyectos de equipamiento para el fortalecimiento de centros regionales de desarrollo científico y tecnológico
Centro de Estudios Científicos (Cecs) (2006)	II Concurso anillos de investigación en ciencia Antártica
Centro de Estudios del Cuaternario de Fuego-Patagonia y Antártica (Cequa) (2007)	I Concurso de proyectos de capital humano avanzado para fortalecimiento de centros regionales
Centro del Desierto de Atacama (CDA) (2006)	I Concurso de apoyo a la cooperación internacional de excelencia
Centro de Investigación de Ecosistemas de la Patagonia (CIEP) (2004)	III Concurso creación de consorcios regionales I+D cooperativo en el marco del programa bicentenario de ciencia y tecnología

Fuente: CONICYT, 2010

#### 4.2 PARTICIPACIÓN DEL PAÍS EN ACTIVIDADES DE INVESTIGACIÓN CON INSTITUCIONES INTERNACIONALES BILATERALES O MULTILATERALES

Durante la década 2000-2010, investigadores chilenos han participado en forma permanente en diversas redes orientadas a la investigación sobre sustentabilidad ambiental y cambio global a escala latinoamericana e internacional. A continuación se presentan cuatro ejemplos.

tadas a la investigación sobre sustentabilidad ambiental y cambio global a escala latinoamericana e internacional. A continuación se presentan cuatro ejemplos.

##### 4.2.1 Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria (Fontagro)

Fontagro es un consorcio entre países iberoamericanos para financiar investigación e innovación científica y tecnológica en el sector agropecuario, contribuyendo a la reducción de la pobreza, el aumento de la competitividad de las cadenas agroalimentarias y al manejo sustentable de los recursos naturales en la región. Lo componen Argentina, Bolivia, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador, España, Honduras, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, República Dominicana, Uruguay y Venezuela. La investigación realizada es de interés regional e incluye, entre otros, el manejo de agua y suelos; el mejoramiento de la eficiencia productiva (agricultura viable de pequeña escala, sostenibilidad de cadenas de valor); la caracterización, mejoramiento y optimización recursos genéticos; tecnología en cadenas agroalimentarias; sanidad e inocuidad de productos y alimentos y, políticas, actividades sectoriales y fortalecimiento institucional (Fontagro s.f.).

Desde su fundación en 1998, instituciones e investigadores chilenos han participado en proyectos de investigación orientados a la adaptación nacional al cambio climático. Un resumen de ellos se presenta en la Tabla 7.

**TABLA 7.** Proyectos financiados por Fontagro, vinculados al cambio climático, en que han participado instituciones o investigadores chilenos

Proyecto	Objetivo	Periodo de ejecución	Participante de Chile
Evaluación de los cambios en la productividad del agua frente a diferentes escenarios climáticos en distintas regiones del Cono Sur	Contribuir al desarrollo de estrategias productivas que permitan aumentar la productividad del agua.	2009-2012	INIA
Variabilidad y cambio climático en la expansión de la frontera agrícola en el Cono Sur: estrategias tecnológicas y de políticas para reducir vulnerabilidades	Contribuir a la adaptación al cambio climático de los sistemas de producción agrícola actuales y en expansión de la región del cono sur a través de la identificación de vulnerabilidades y de medidas de adaptación.	2009-2012	INIA
Aumento de la competitividad de los sistemas productivos de papa y trigo en Sudamérica ante el cambio climático	Aumentar la competitividad de los sistemas productivos de papa y trigo ante el cambio climático en Sudamérica, a través la selección y desarrollo de genotipos con mayor tolerancia a la sequía y a altas temperaturas.	2009-2012	INIA

Fuente: <http://www.fontagro.org/>.

## 4.2.2 Instituto Interamericano para la Investigación del Cambio Global (IAI)

Chile es miembro del IAI y forma parte de su consejo ejecutivo a través de Conicyt. Esta organización intergubernamental está dedicada a la búsqueda de la excelencia científica, la cooperación internacional y el intercambio abierto de información científica con el fin de mejorar la comprensión de los fenómenos del cambio global y sus implicancias socioeconómicas (IAI s.f.).

Para cumplir con su misión, el IAI promueve el intercambio entre científicos y responsables de políticas para in-

crementar las capacidades científicas en la región y brindar información útil y en los tiempos apropiados para los responsables de formular políticas. Su objetivo primario es fomentar la investigación más allá del alcance de los programas nacionales, mediante la realización de estudios comparativos y dirigidos en temas importantes para la región en su totalidad (IAI s.f.).

Los proyectos financiados por el IAI en que han participado instituciones o investigadores chilenos se presentan en la Tabla 8.

**TABLA 8.** Proyectos financiados por el IAI, vinculados al cambio climático, en que han participado instituciones o investigadores chilenos

Proyecto	Objetivo	Periodo de ejecución	Participante de Chile
Hacia la evaluación de prácticas de adaptación ante la variabilidad y el cambio climático	Desarrollar e implementar un índice para evaluar prácticas de adaptación a la variabilidad y cambio climático, el Índice de Utilidad de Prácticas de Adaptación (UIPA).	2006-2007	Universidad de Chile
Adaptación a los impactos de la contaminación del aire y los extremos climáticos en la salud en ciudades latinoamericanas	Investigar los efectos independientes y combinados de la exposición a condiciones meteorológicas relacionadas con el estrés y la contaminación del aire y la vulnerabilidad humana a las condiciones de salud en cuatro ciudades de América Latina (Buenos Aires, Bogotá, Ciudad de México, y Santiago de Chile).	2007-2009	Universidad de Chile
Emisiones, mega-ciudades y clima de América del Sur.	Proporcionar emisiones y panoramas regionales sobre el cambio del clima para América del Sur, con énfasis sobre los impactos de y sobre megaciudades, establecer la base para el pronóstico meteorológico químico operacional para las megaciudades de América del Sur, y consolidar y ampliar una red activa de investigación y de formación de capacidades locales funcionales en América para modelar el sistema terrestre.	2006-2010	Universidad de Chile; Centro de Modelamiento Matemático (CMM); Universidad de Santiago de Chile; Universidad Nacional Andrés Bello; Universidad de Valparaíso
Documentación, comprensión y proyección de cambios en el ciclo hidrológico de la cordillera americana	Examinar los ciclos hidrológicos en diversas cuencas de Bolivia, Chile y Argentina, así como en la cordillera occidental de Norteamérica.	2006-2010	Universidad Austral de Chile
Consorcio internacional para el estudio de los cambios climáticos y globales relacionados con los océanos en América del Sur	Evaluar el rol de los frentes termohalinos en enriquecimiento biológico, identificar los mecanismos físicos que controlan los intercambios de masa, vorticalidad, energía y biogeoquímicos entre el océano profundo y la plataforma continental y sus variaciones desde la escala intrastacional a interanual.	2006-2010	Universidad de Concepción

Proyecto	Objetivo	Periodo de ejecución	Participante de Chile
Bajando la montaña: entendiendo la vulnerabilidad de las comunidades andinas a la variabilidad hidroclimatólogica y el cambio ambiental global	Examinar la capacidad de las instituciones para responder frente a los impactos del cambio climático, tanto en agricultura como en agua, en las cuencas de Mendoza (Argentina), Choquecota (Bolivia) y Elqui (Chile).	2007-2009	Universidad de Chile, Universidad Católica del Norte, Instituto de Ecología Política, Universidad de La Serena
Cambio climático y riego en la agricultura: hacia una mejor comprensión de las fuerzas motoras y las retroacciones entre los tomadores de decisiones, el ambiente biofísico y sus impactos en el ciclo hidrológico y el uso de la tierra.	Analizar los impactos del cambio climático en la agricultura de riego y determinar mecanismos de retroalimentación entre agricultores y las relaciones entre demanda y oferta hídrica.	2007-2009	Pontificia Universidad Católica de Chile, Dirección Meteorológica de Chile

Fuentes: <http://www.iaii.int/>; <http://www.shnoceano.gob.ar> y <http://saemc.cmm.uchile.cl>.

### 4.2.3 Comisión Económica para América Latina y el Caribe (Cepal)

En los últimos años la Cepal ha tenido un fuerte involucramiento en el análisis y estudio de los temas del cambio climático y de sus impactos regionales. Contando con la colaboración y apoyo financiero del BID y de los gobiernos de Alemania, Reino Unido, Dinamarca, España, y la Unión Europea, coordinó entre 2009 y 2010 el Estudio Regional de la Economía del Cambio Climático para Sudamérica (ERECC-SA) ([www.eclac.cl/erecc/homepresent.html](http://www.eclac.cl/erecc/homepresent.html)). Esta iniciativa analizó las consecuencias socioeconómicas del cambio climático y buscó desarrollar políticas de mitigación y adaptación, junto con cumplir un rol de levantamiento de fondos para abordar acciones sobre cambio global. Chile participó en esta iniciativa en conjunto con Argentina, Bolivia, Colombia, Ecuador, Paraguay, Perú y Uruguay.

El equipo de investigadores chilenos que desarrolló el estudio para el país "La economía del cambio climático en Chile" (Cepal, 2009) estuvo compuesto por miembros del Centro de Cambio Global de la Universidad Católica, investigadores de Cepal y expertos nacionales e internacionales, contando también con el apoyo de un Comité Consultivo integrado por diversas instituciones del sector público, coordinado por la Conama y el Ministerio de Hacienda.

El estudio evaluó los impactos económicos del cambio climático sobre los recursos hídricos (con énfasis en la disponibilidad de agua de riego, hidroelectricidad y uso de agua en la minería), el sector silvoagropecuario, la biodi-

versidad y los ecosistemas, los recursos costeros y la salud. Adicionalmente, se estudiaron medidas de adaptación al cambio climático respecto a la disponibilidad de recursos hídricos, la silvicultura, la biodiversidad y la infraestructura. También se presentaron las emisiones históricas y proyectadas de GEI junto con medidas de adaptación en los sectores energía y no energía, presentando una discusión sobre costos y cobeneficios de estas medidas.

En la Tabla 9 se entrega una síntesis de algunos resultados. En particular, los costos acumulados para sectores productivos del país que tendrían que afrontar las modificaciones producto del cambio climático. Para los valores se consideraron evaluaciones en dos cortes temporales: los años 2050 y 2100, con cuatro diferentes tasas de descuento y para dos escenarios climáticos (aquellos definidos como A2 y B2 por el IPCC).



Foto: Ministerio del Medio Ambiente. Gobierno de Chile

TABLA 9. Síntesis de los costos económicos acumulados del cambio climático en Chile

Valores absolutos en millones de dólares								
Escenario horizonte	Tasa de descuento 6%		Tasa de descuento 4%		Tasa de descuento 2%		Tasa de descuento 0,5%	
	A2	B2	A2	B2	A2	B2	A2	B2
Año 2050	22.005	15.717	31.745	21.580	47.802	30.569	66.950	40.592
Año 2100	30.044	14.110	57.689	15.787	139.950	7.913	321.522	-25.914
En porcentaje del valor presente del PIB								
Escenario horizonte	Tasa de descuento 6%		Tasa de descuento 4%		Tasa de descuento 2%		Tasa de descuento 0,5%	
	A2	B2	A2	B2	A2	B2	A2	B2
Año 2050	0,66	0,48	0,69	0,47	0,70	0,45	0,71	0,43
Año 2100	0,73	0,34	0,82	0,23	0,96	0,06	1,09	-0,09

Fuente: Cepal, 2009.

Es importante destacar que este impacto debe ser visto como el rango inferior, ya que sólo los sectores con información completa fueron analizados y la evaluación se realizó estimando condiciones medias, no extremas. Por tanto, el impacto económico neto podría alcanzar un costo de más de 300.000 millones de dólares, dependiendo del horizonte considerado, de la tasa de descuento utilizada y del escenario de cambio climático evaluado. Esto equivaldría a una pérdida anual de aproximadamente un 1,1% del PIB hasta 2100.

Sin embargo, no todos los escenarios evaluados indican costos netos. Por ejemplo, la agregación de impactos del escenario B2 hasta 2100 usando una tasa de descuento del 0,5% indica beneficios netos en torno a los 25.000 millones de dólares. En términos generales, se puede observar que los impactos asociados al escenario A2 (el de mayor emisión de GEI) son mayores que los que se asocian al B2. Esto último incluso proyecta beneficios netos para el horizonte que considera los últimos 50 años del siglo XXI. En el caso del escenario A2, donde los impactos negativos se concentran a finales de siglo a menor tasa de descuento, el valor presente del impacto es mayor, al igual que es mayor al considerar un horizonte más lejano. Lo contrario ocurre con el escenario B2, donde se puede ver que los mayores efectos negativos se dan en el período intermedio y en el caso del horizonte lejano los mayores efectos negativos se presentan con una tasa de descuento más alta (CEPAL, 2009).

#### 4.2.4 Panel Intergubernamental de Cambio Climático

El Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) es el órgano principal de apoyo científico y técnico creado en 1988 por la Organización Meteorológica Mundial y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Está compuesto por expertos científicos en cambio climático de todo el mundo y su fin es la comprensión de los riesgos asociados a los impactos en el cambio climático, realizando evaluaciones periódicas del estado del conocimiento científico internacional sobre el cambio climático y produciendo reportes que sintetizan los resultados disponibles de la literatura científica internacional.

Como órgano intergubernamental, el IPCC se vincula a los países a través del Punto Focal Nacional. En el caso de Chile éste es ejercido por el Ministerio del Medio Ambiente. La participación nacional, sin embargo, no se limita al aporte del punto focal, sino que involucra a la comunidad científica y otros actores nacionales. Durante el período 2006–2010 se realizaron las siguientes actividades:

##### *Participación de investigadores chilenos en las actividades del IPCC*

Chile obtuvo tres nominaciones para co-autores en los únicos dos reportes especiales que se encuentra desarrollando el IPCC: el reporte especial "Fuentes de energía renovable y mitigación del cambio climático", a publicar en 2011 y el reporte especial "Manejando los riesgos de eventos extremos y desastres para avanzar en la adaptación al Cambio Climático", a publicar en 2012.

Adicionalmente, a inicios de 2010 el país envió la postulación de 19 expertos nacionales para su participación en la preparación del 5° Reporte de Evaluación del IPCC, cuya publicación está programada a partir del año 2013 hasta 2014. El IPCC nominó a siete científicos chilenos como coautores para este 5° Reporte, cubriendo todos los volúmenes que formarán parte del documento final<sup>2</sup>. Con esta nominación, Chile se convirtió en el cuarto país con más científicos nominados para el 5° Reporte de Evaluación del IPCC en Latinoamérica, detrás de México, Brasil y Argentina.

Por otro lado, el país está representado por uno de los 44 miembros de la plana directiva del IPCC, en la fuerza de trabajo sobre inventarios de emisiones. La representación nacional de científicos chilenos también abarca las juntas directoras de las comisiones técnicas de trabajo permanentes del IPCC sobre "Datos y escenarios para la evaluación de impactos del cambio climático" y en el "Comité editorial de la base de datos de factores de emisión del IPCC".

*a) Revisión y entrega de opinión a nombre del sector público en los documentos borradores preparados por el IPCC*

El punto focal nacional coordinó la revisión y entrega de opiniones a nombre del sector público de los documentos: 4° Reporte Global de Evaluación del IPCC, conformado por 3 volúmenes y un documento de síntesis, publicados por etapas en el año 2007 y el reporte técnico del IPCC: Cambio Climático y Agua, publicado en junio de 2008.

*b) Organización de reuniones del IPCC en el país*

Por primera vez en el año 2009 nuestro país fue anfitrión de dos reuniones oficiales de expertos del IPCC, que hasta esa fecha, entre los países sudamericanos, sólo se habían realizado en Brasil y Argentina. A ambas reuniones efectuadas en Santiago, asistieron aproximadamente 40 expertos de los cinco continentes (7ª Reunión del comité editorial de la base de datos de factores de emisión del IPCC y reuniones sectoriales de expertos del IPCC en factores de emisión para el sector silvoagropecuario y de emisiones asociadas al suelo).

## 4.3 CENTROS NACIONALES DE INVESTIGACIÓN EN ÁREAS LIGADAS AL CAMBIO CLIMÁTICO

### 4.3.1 Centro de Estudios Científicos (Cecs)

El Cecs ([www.cecs.cl](http://www.cecs.cl)), ubicado en Valdivia, tiene una línea de investigación permanente en glaciología. Cuenta con una nutrida agenda de proyectos de investigación conjunta con centros científicos de renombre mundial y participa constantemente con ponencias y coordinación de simposios internacionales y conferencias, además del desarrollo de diversas actividades y proyectos de investigación relacionados con el cambio climático. Dentro de éstos es posible mencionar:

- Inventario de glaciares como contribución al Registro Nacional de Glaciares elaborado por la DGA.
- Interacciones glacio-volcánicas y monitoreo glaciar en centros volcánicos activos.
- Estudios sobre dinámica reciente de glaciares tipo calving, evolución de glaciares patagónicos en conexión con procesos hidrográficos y geológicos.
- Vaciamiento de lagos proglaciales en Patagonia y modelamiento de eventos futuros.
- Estudios de hidrología glaciar en Campo de Hielo Norte, Patagonia.
- Fluctuaciones históricas de glaciares en Chile austral, cuyo objetivo es proveer las variaciones de largo plazo en el extremo sur del país.
- Estabilidad y comportamiento reciente de glaciares en la Península Antártica: Interacciones con las plataformas de hielo, cuyo objetivo fue investigar los impactos que en la dinámica glaciar han tenido los eventos de desintegración de las plataformas de hielo flotantes.
- Investigaciones glaciológicas en el Glaciar Unión, Antártica Occidental.
- Estudios glaciológicos en el interior de Antártica con diversos métodos de prospección geofísica.

<sup>2</sup> Respecto al Reporte Global de Evaluación anterior (aprobado en 2007) y cuyos autores fueron nominados el año 2003, Chile contribuyó con la participación de tres científicos nacionales como coautores.

### 4.3.2 Instituto Antártico Chileno (Inach)

El Inach financia y coordina diversos proyectos tecnológicos y científicos a través de líneas de financiamiento mediante concursos, con objeto de fomentar el desarrollo científico antártico chileno de calidad. Una de éstas es calentamiento global y evolución del clima, cuyo objetivo principal es estudiar el problema de la evolución del clima y el impacto del calentamiento global en la Antártica.

Los proyectos en desarrollo se pueden clasificar según su fuente de financiamiento:

- Programas PBC Y PIA: Estudio de glaciares de la península antártica y efecto de la radiación UV en especies endémicas.
- Proyectos Inach de terreno: Investigación sobre aerosoles finos; flora y calentamiento; biomarcadores de cambio climático; colobanthus y cambio global.
- Proyectos Inach especiales: Tefrocronología.
- Tesis Inach de pre y posgrado: Estudios sobre el efecto del cambio climático en aves marinas.
- Cooperación internacional: Investigación sobre el clima de Antártica y Sudamérica y estudio de sensores aerotransportados.

### 4.3.3 Centro de Cambio Global de la Pontificia Universidad Católica

El Centro de Cambio Global UC es la primera iniciativa al alero de una casa de estudios nacional con dedicación exclusiva al análisis de los temas asociados al cambio global en el país. Fue creado en 2008 por la alianza entre cuatro facultades de la Pontificia Universidad Católica de Chile: agronomía e ingeniería forestal, ciencias biológicas, ingeniería y, ciencias económicas y administrativas, concentrando sus esfuerzos en desarrollar investigación básica y aplicada sobre las dimensiones biofísicas y humanas del cambio global. Ha realizado diversos estudios en los ámbitos de mitigación de emisiones de GEI para los sectores de energía y no energía, vulnerabilidad y adaptación nacional y regional al cambio climático y de evaluaciones económicas del impacto del cambio climático. Este centro tiene proyectos financiados, entre otros, por Innova Chile y por Conicyt.

### 4.3.4 Universidad de Concepción

La Universidad de Concepción tiene diversos grupos que desarrollan investigaciones sobre tópicos relacionados con el cambio climático y sus efectos: el Centro de investigación oceanográfica en el Pacífico Sur-oriental (Centro COPAS) de la Facultad de ciencias naturales y oceanográficas; el Departamento de geofísica de la Facultad de ciencias físicas y matemáticas; el Centro de ciencias ambientales EULA-Chile; la Facultad de ciencias sociales y el Centro de investigación en ecosistemas de la Patagonia (CIEP). En su conjunto comprenden investigación en ciencias puras y aplicadas, tanto desde una perspectiva nacional como local de impactos en recursos de interés para el país asociados a la variabilidad climática y el cambio climático. A manera de compendio, la Universidad de Concepción ha preparado un reporte detallado al respecto (U. de Concepción, 2011).

## 4.4 NECESIDADES ESPECÍFICAS Y PRIORIDADES IDENTIFICADAS PARA EL FORTALECIMIENTO DE PROGRAMAS DE INVESTIGACIÓN

El país presenta desafíos relacionados con generar mecanismos permanentes y suficientes de financiamiento para ejecutar investigación y propiciar desarrollo tecnológico relevante para el cambio climático, destacando el rol que Conicyt puede jugar en el apalancamiento de fuentes de financiamiento adicionales a nivel nacional.

Con respecto a la mitigación, es necesario estudiar y adaptar tecnologías específicas para las condiciones locales. Un ejemplo tiene que ver con las quemadas agrícolas y el enorme potencial de utilización de los residuos agrícolas con fines energéticos y/o como fertilizantes. Para lograr avances en esta materia sería necesario acercar la investigación científica y tecnológica a los actores locales del mundo agrícola y generar relaciones entre los productores y centros de investigación y desarrollo tecnológico. Otra área de prioridad en la investigación es la de especies vegetales y el desarrollo de variedades y estudios en invernaderos para adaptaciones a variaciones en la temperatura, la concentración de CO<sub>2</sub>, cambios en los regímenes de precipitación, etc.

Al mismo tiempo, se requiere realizar más estudios prospectivos asociados a la variabilidad climática y a la vulnerabilidad sobre la población y ecosistemas. En los últimos años se han generado estudios sobre los impactos esperables del cambio climático en recursos y sectores del país

como la agricultura y silvicultura, disponibilidad de agua y energía. Esta nueva información, aunque es valiosa no es suficiente para una toma de decisiones completamente informada. Existe por lo tanto la necesidad de generar más conocimiento en esas áreas y en otras como las de la biodiversidad, biomas y ecosistemas con mayor vulnerabilidad al cambio climático.

Además, es importante desarrollar un conocimiento adecuado del forzamiento climático sobre ecosistemas áridos, la criósfera y una serie de biomas representativos del país y de gran importancia para la estabilización climática a escala global. Adicionalmente, un área clave es la de estudios oceanográficos, principalmente por el rol estabilizador del Pacífico Sur en los cambios ambientales globales.

Respecto de la adaptación al cambio climático, especial mención se ha hecho al rol que juega el agua, en todas sus formas (sistemas lacustres, ríos, nieve y hielos, aguas subterráneas, etc.) en cómo se sustente la vida y las actividades productivas en el Chile del siglo XXI (Reyes, 2010). La adaptación no sólo se refiere a los sistemas biofísicos, sino también a la interacción del sistema social y económico con el entorno. Particularmente se requiere de mayores esfuerzos por estudiar la adaptación al cambio climático en la agricultura, los recursos edáficos e hídricos. Chile es un país con cuencas hidrográficas muy particulares por su corta extensión y rápida pérdida de altura desde la cordillera al mar, generando condiciones de vulnerabilidad elevada.

## 5. INFORMACIÓN SOBRE EDUCACIÓN, FORMACIÓN Y SENSIBILIZACIÓN ACERCA DEL CAMBIO CLIMÁTICO

En la presente sección se describen y analizan los avances sobre programas de educación, formación y sensibilización pública sobre el cambio climático. Se destacan los cambios experimentados en la década 2000-2010 respecto de la participación pública y el acceso público a la información sobre cambio climático, además de los efectos esperados de programas educativos y de sensibilización. En específico, se abordan cuatro temas:

- El marco institucional e iniciativas para promover el desarrollo de programas educativos y sensibilización pública.
- Las iniciativas y programas ejecutados o planificados en la educación primaria, secundaria y terciaria.
- Las campañas de educación, formación y sensibilización pública realizadas.
- Una compilación de actividades de cambio climático realizadas en el período 2000-2009, obtenido a partir de la aplicación de la 1era. Encuesta nacional en cambio climático (CC&D, 2009).

### 5.1 MARCOS INSTITUCIONALES Y LEGALES PARA PROMOVER EL DESARROLLO DE PROGRAMAS EDUCATIVOS Y DE SENSIBILIZACIÓN PÚBLICA EN EL PAÍS

La promoción y, en muchos casos, la ejecución de programas de fomento a la creación de una cultura ambiental y educación ambiental en el país fue impulsada principalmente por la Conama (actual Ministerio del Medio

Ambiente) durante el período 2000-2010. Si bien estos esfuerzos institucionales son más amplios que la educación específica sobre cambio climático, es importante su mención, ya que son los pilares sobre los que se ha ido construyendo el accionar público en la materia.

En este ámbito, el Sistema Nacional de Certificación Ambiental de Establecimientos Educativos (SNCAE) desarrolla líneas de acción complementarias para fortalecer la educación ambiental, el cuidado y protección del medio ambiente y la generación de redes asociativas para la gestión ambiental local. Este es un programa coordinado por el Ministerio del Medio Ambiente, el Ministerio de Educación, la Corporación Nacional Forestal, la Asociación Chilena de Municipalidades, la Organización de Naciones Unidas para la Educación, Ciencia y Cultura, la Dirección General de Aguas y el Consejo para el Desarrollo Sustentable.

El SNCAE tiene por fin incentivar acciones destinadas a difundir la importancia de una cultura para la sustentabilidad y promover los valores y conservación del medio ambiente en los niños y jóvenes escolares con el propósito de contribuir al mejoramiento de la calidad de la educación chilena; promover en nuestro país la educación para el desarrollo sustentable y contribuir al cambio cultural a través de la promoción de conductas ambientalmente responsables. El SNCAE establece estándares ambientales que miden la presencia del componente ambiental en tres ámbitos del quehacer educativo: curricular pedagógico, gestión y relaciones con el entorno.



El segundo elemento destacable y que ha sido recientemente desarrollado, es la Política Nacional de Educación para el Desarrollo Sustentable, que establece principios, objetivos y líneas estratégicas orientadas a lograr una educación que promueva una ciudadanía activa en la construcción del desarrollo sustentable del país.

Esta política fue aprobada por el Consejo de Ministros de la Conama, el 9 de abril de 2009. Su objetivo general apunta al fortalecimiento de procesos educativos que instalen y desarrollen valores, conceptos, habilidades, competencias y actitudes en la ciudadanía, a nivel individual y colectivo, para construir y disfrutar de una sociedad sustentable. Entre las principales acciones desarrolladas se encuentran la promoción de las actividades existentes sobre educación ambiental, además de generar material informativo, de apoyo docente y ejecutar proyectos específicos sobre educación para la sustentabilidad con un enfoque en actores y contextos locales.

En otras instituciones del sector público, también existen esfuerzos sectoriales para promover la capacitación de sus funcionarios. Sin embargo, estas actividades resultan normalmente marginales o adicionales a las funciones tradicionales de estas entidades y no necesariamente complementarias a las actividades de otras que también coejecutan políticas en las mismas temáticas.

A lo largo de la década pasada, el financiamiento de actividades de educación y concientización sobre cambio climático provino en su mayoría desde fondos externos, principalmente desde organismos multilaterales de cooperación e investigación. Una excepción importante desde el punto de vista financiero y del alcance temático corresponde al Fondo de Protección Ambiental (FPA) que inicialmente fue administrado por la Conama y actualmente por el Ministerio del Medio Ambiente.

El FPA fue creado en 1997 a través del artículo V de la Ley 19.300 de Bases Generales de Medio Ambiente, es el primero y único en Chile que apoya y financia total o parcialmente actividades o proyectos ambientales desarrollados por organizaciones sociales orientados a la protección o reparación del medio ambiente, el desarrollo sustentable, la preservación de la naturaleza o la conservación del patrimonio ambiental. Desde su puesta en marcha se fundamenta como una herramienta de participación ciudadana y educación ambiental para la gestión ambiental. A través de la ejecución de este Fondo, se busca que las organizaciones sociales se involucren activa y constructivamente en la protección del medio ambiente.

En su operación, el Fondo ha asumido nuevos propósitos que responden a la complejidad y diversidad de los problemas ambientales y a los desafíos globales que se han incorporado a la agenda ambiental. Es así como a partir de 2008, el cambio climático y las energías renovables no convencionales se incorporaron como nuevas líneas de financiamiento. Las tres áreas temáticas que actualmente componen el Fondo son:

- Cambio climático: apoya, promueve e impulsa iniciativas y acciones que contribuyan a la prevención, disminución y reducción de gases de efecto invernadero; la adaptación a los efectos del cambio climático y la creación de capacidades y conciencia en torno al tema.
- Conservación de la biodiversidad: estimula proyectos para el cuidado y uso sustentable del patrimonio natural de sitios con valor para la conservación de la biodiversidad.
- Educación y medio ambiente: incentiva proyectos de educación ambiental comunitaria que promuevan procesos educativos para la formación de personas capaces de asumir individual y colectivamente la responsabilidad de crear una sociedad sustentable, con valores, conceptos, habilidades, competencias y actitudes favorables al medio ambiente.

A 2010, el FPA ha beneficiado más de mil proyectos de cinco mil organizaciones sociales como juntas de vecinos y otras, ONG y universidades y transfirió para ejecución más de \$6 mil millones ([www.fpa.mma.gob.cl](http://www.fpa.mma.gob.cl)). De ese total, cerca de \$2 mil millones han sido para el área de cambio climático, financiándose 315 iniciativas y proyectos a lo largo del país. Además, se produjo un video con las experiencias exitosas y replicables y se elaboró un boletín de difusión de acciones locales.



Foto: Ministerio del Medio Ambiente. Gobierno de Chile

Ejemplo de proyecto FPA bajo la línea de acción cambio climático	
<b>Nombre del proyecto</b>	Reutilización de aguas grises para creación de un área de protección de flora nativa regional.
<b>Ejecutor</b>	Centro general de padres y apoderados de la escuela básica Angelina Salas Olivares.
<b>Ubicación</b>	Chañaral, Región de Atacama.
<b>Justificación del proyecto</b>	Chañaral ubicada a 174 km. de Copiapó ha sido afectada por la contaminación de su bahía, producto de actividades de la gran minería del cobre. Esto provocó el embancamiento de la bahía y levantamiento de las arenas producto de la acción del viento. Esta situación podría ser mitigada mediante la arborización, sin embargo, la escasez de recursos hídricos hace imprescindible la creación de un plan de manejo de aguas adecuado. Lo anterior representa una medida de adaptación frente a la escasez presente y futura que pueda derivar de los efectos adversos del cambio climático.
<b>Descripción del proyecto</b>	Se planificaron actividades de sensibilización de la población mediante la recuperación de aguas grises para sustentar áreas verdes, fomentar el uso racional del recurso hídrico y disminuir el uso de agua potable. La escuela pretende implementar áreas verdes en el establecimiento, incorporando especies nativas que aporten a la educación sobre biodiversidad de la flora e idoneidad regional.

Para 2011 el Fondo se diversificará y ampliará sus acciones, se implementará un nuevo modelo de gestión y se convocará a cuatro fondos concursables que se denominarán: fondo gestión ambiental local; fondo especial con comunidades y asociaciones indígenas; fondo de redes ambientales y fondo de investigación e información. Los tres primeros podrán desarrollar iniciativas relacionadas con el cambio climático, ya sea para mitigar efectos, adaptación o instalación de capacidades.

Durante 2008 Conama creó el Sistema de Certificación Ambiental Municipal (Scam), cuyo objetivo es potenciar a los municipios como modelos de gestión ambiental integral con participación de los funcionarios y los vecinos. Un aspecto relevante es incorporar a la normativa municipal la dimensión ambiental y desarrollar acciones concretas para la protección del medio ambiente y disminuir las emisiones de GEI. A 2010, las regiones de Antofagasta, Valparaíso, Magallanes y Metropolitana se encuentran en proceso de certificación. Para 2012 se espera que el sistema esté operativo en todas las regiones.

No obstante el importante trabajo del Estado de Chile en promover el desarrollo de programas educativos y de sensibilización pública, es necesario reconocer que en el presente periodo, muchas iniciativas de apoyo a la educación y formación sobre cambio climático han sido impulsadas por organizaciones de la sociedad civil y organismos in-

ternacionales, a través de cursos, seminarios y talleres de educación no formal, principalmente desde 2007, según se detalla en este capítulo.



Foto: Ministerio del Medio Ambiente. Gobierno de Chile

## 5.2 INICIATIVAS Y PROGRAMAS EJECUTADOS O PLANIFICADOS EN LA EDUCACIÓN BÁSICA, MEDIA Y SUPERIOR

El desarrollo de programas de educación definidos para cambio climático es una actividad reciente en el país. A inicios de la década de 2000, no existían contenidos formales dentro del currículo escolar y la educación sobre cambio climático. En la educación superior (terciaria) sólo era considerada como parte de cursos más amplios sobre medio ambiente en carreras de carácter científico y tecnológico, como ingenierías y ciencias de la vida.

El primer esfuerzo por incorporar en forma específica estos contenidos en la educación básica (primaria) se ha venido realizando desde 2009, como respuesta a los lineamientos del PANCC. Este señala que un aspecto central en educación será relevar la problemática del cambio climático en la malla curricular de los distintos niveles, enmarcándose en un programa nacional de educación para el cambio climático.

Para apoyar este proceso, en 2009 la entonces Conama financió el desarrollo de una Guía de Apoyo Docente en Cambio Climático, enfocada al segundo ciclo de educación básica. Ésta busca aportar conocimientos a los docentes para que puedan incorporar contenidos sobre cambio climático en el currículo de formación de las respectivas áreas educativas. Para su elaboración se usó el marco curricular actual de la educación en Chile, en particular en la propuesta de ajuste curricular del Mineduc (versión junio 2009), en los diversos mapas de progreso del aprendizaje y en los aportes de la educación ambiental y para el desarrollo sustentable. Por ello, la guía es coherente con el modelo propuesto desde el SNCAE.



Foto: CONICYT. Gobierno de Chile

Junto con la presentación de la guía, se capacitó en su uso a 50 profesores y funcionarios de los departamentos de educación municipal de las comunas de San Bernardo, Recoleta y Maipú, de la Región Metropolitana. La capacitación fue certificada por el Centro de Perfeccionamiento, Experimentación e Investigaciones Pedagógicas del Ministerio de Educación de Chile (CPEIP) y contó con financiamiento del proyecto de la Segunda Comunicación Nacional.

Adicionalmente, el Ministerio del Medio Ambiente desde 2009 organiza anualmente en conjunto con el Ministerio de Educación los encuentros de educación ambiental "Habla Educador(a)", los que por tres días reúnen a cerca de 300 docentes del país para compartir y promover las experiencias pedagógicas, metodológicas y prácticas replicables en materias vinculadas a estos temas. Estos encuentros constituyen un espacio de entrega y recepción de experiencias, conocimientos y, al mismo tiempo, de diálogo y retroalimentación entre los(as) docentes. Desde sus inicios, uno de los temas incorporados ha sido el de cambio climático, debido al alto interés que genera entre los docentes.

También en el ámbito escolar, es destacable la iniciativa de la entonces Conama iniciada en 1999. El Programa Club de Forjadores Ambientales fue creado para fortalecer el liderazgo infantil en torno al mejoramiento ambiental, promoviendo el desarrollo de una cultura ambiental en sus establecimientos educacionales, hogares y comunidades. Su formación se apoyó en que existían grupos en los establecimientos educacionales que compartían objetivos, formas de trabajo y áreas temáticas, siendo las más frecuentes el tratamiento de residuos, la forestación y la creación de áreas verdes; constituyendo una instancia para el ejercicio y liderazgo infantil y una contribución a la educación y gestión ambiental de la comunidad escolar. El Club comprende una red de 1.500 establecimientos, con estudiantes de nivel básico y medio en todo el país.

En el marco de la Declaración Conjunta de la II Reunión de la Comisión Conjunta del Acuerdo de Cooperación Ambiental entre Chile y los Estados Unidos, el Ministerio de Educación implementa en distintos establecimientos educacionales de nuestro país, *el Programa GLOBE*. Esta iniciativa mundial provee una metodología y recursos que permiten abordar tanto aspectos curriculares como la estrategia de gestión ambiental local, basada en el territorio y específicamente las cuencas como unidad geográfica natural. Las investigaciones de GLOBE, además,

proveen de información relevante y precisa que puede ser utilizada para distintos fines, desde la fiscalización hasta la generación de estrategias ante impactos ambientales antrópicos, incluido el del cambio climático. Las líneas de investigación son atmósfera y clima, calidad de las aguas (hidrología), estudios de edafología y de cobertura biológica. Su sinergia permite abordar un plan de investigaciones de las relaciones bio-físicas que se producen en una cuenca. GLOBE es una herramienta que permite contribuir a mejorar la calidad de la educación en Chile, vinculando sus contenidos con los objetivos de la educación chilena, además de ser un instrumento importante para estimular el pensamiento creativo en los estudiantes, pues les permite resolver situaciones nuevas que se presenten como resultado de sus observaciones ambientales.

Respecto a programas de formación de educación superior y de posgrado, en Chile no existen programas específicos para la educación de profesionales exclusivamente en cambio climático, aunque algunos programas de posgrado poseen cursos en que se abordan varios temas de relación directa con el cambio climático. Desde el punto de vista de oportunidades de estudios de posgrado, el programa Becas Chile del Gobierno ([www.becaschile.cl](http://www.becaschile.cl)) financia magíster, doctorado y postdoctorado. Para la selección, uno de los criterios es que sus programas se encuentren entre las tres áreas prioritarias para el país: económicas, sociales y plataformas transversales. En esta última se incluyen estudios en energía, medio ambiente y biotecnología.

### 5.3 CAMPAÑAS GUBERNAMENTALES DE DIFUSIÓN Y SENSIBILIZACIÓN PÚBLICA

En 2009 se ejecutó la primera campaña nacional de sensibilización pública sobre cambio climático, denominada “Enfrenta el cambio climático”. Ésta apuntó a posicionar el tema y relevar la urgencia de actuar en el país para mitigar y adaptarse a los efectos del cambio climático y utilizó como medios de difusión la radio, la televisión y una web.

De modo complementario, aunque sin estar dirigidas a sensibilizar específicamente sobre el cambio climático, durante el período 2005-2009 se realizaron campañas públicas cuyos efectos influyen en los esfuerzos de mitigación del cambio climático, principalmente aquellas desarrolladas en el marco del uso racional de la energía, debido a condiciones de vulnerabilidad por sequía o para fomentar la seguridad energética, tales como “Gracias por tu Ener-

gía, sigamos haciéndolo bien” (2008) y “Únete a la buena energía de Chile” (2009), en el marco de las actividades del entonces Programa País de Eficiencia Energética.

### 5.4 COMPILACIÓN DE ACTIVIDADES DE CAMBIO CLIMÁTICO REALIZADAS EN EL PERIODO 2000-2009

En 2009 la consultora CC&D realizó el estudio “Levantamiento de información de catastro sobre acciones en cambio climático en Chile”, financiado por el proyecto de la Segunda Comunicación Nacional. Su objetivo general fue realizar un catastro de los estudios y publicaciones, trabajos y programas realizados entre los años 2000-2009 en Chile, en el área del cambio climático. Los resultados evidenciaron un aumento progresivo del número de actividades (acciones, capacitaciones y estudios), presentándose entre 2006 y 2009, un aumento significativo (Figura 2). El estudio indica que su posible causa corresponde a la creciente sensibilización de la sociedad respecto al tema.

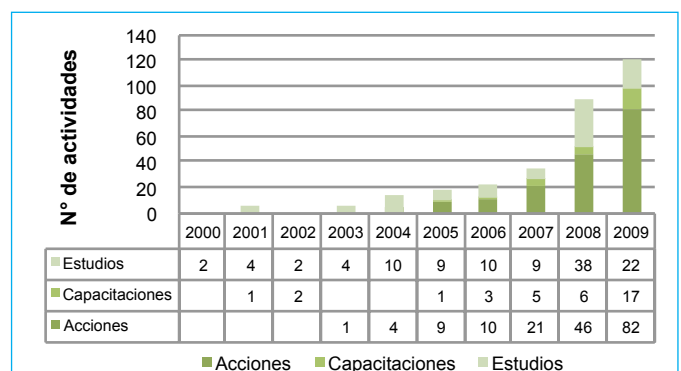


Figura 2. Evolución del número de actividades en Chile relacionadas al cambio climático por categorías (acción, capacitación, estudio), durante el periodo 2000-2009  
Fuente: CC&D, 2009

### 5.5 CARENCIAS, NECESIDADES Y PRIORIDADES EN LA EDUCACIÓN Y SENSIBILIZACIÓN PÚBLICA SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO

2007 marca un aumento en la consideración del cambio climático a nivel mundial, producto principalmente de la difusión del cuarto informe del IPCC. Esta tendencia también se replicó en Chile. La presentación de resultados de estudios nacionales sobre la vulnerabilidad climática permitió a los ciudadanos darse cuenta de cuán importante era abordar el cambio climático. Aun así, falta aumentar la cobertura de ciudadanos con conocimientos sobre el tema.

Por otra parte, existen amplias oportunidades de que esa importancia percibida se traduzca en acciones de la ciudadanía a favor de que el país tenga un desarrollo más bajo en carbono. Para esto, se deberá trabajar en procesos de aprendizaje más reflexivos, que involucren un cuestionamiento de los valores y prácticas imperantes, analicen las oportunidades de cambios de comportamiento y ofrezcan alternativas de solución sobre un enfoque en los problemas y responsabilidades. Por el momento, faltan las estructuras formales para la sensibilización y educación pública sobre el cambio climático, porque el tema ha sido

manejado por pocas instituciones y se carece de una difusión pública más sistemática.

La sensibilización pública en esta materia es esencial, ya que permite a la ciudadanía incorporar el concepto de cambio climático en el diario vivir y generar cambios de comportamiento. Por ejemplo, avanzar en la implementación de la política de educación para el desarrollo sustentable a través de programas de educación, sensibilización y formación específicos.

## 6. FOMENTO DE CAPACIDADES NACIONALES Y LOCALES EN CAMBIO CLIMÁTICO

En esta sección se describe cómo se están ejecutando algunas actividades de fomento de la capacidad a nivel nacional y local, vinculadas a la acción sobre cambio climático. Se incluye información sobre prioridades nacionales para su creación por parte del Gobierno, y avances en la creación de capacidades en el sector privado, en las organizaciones no gubernamentales y en las organizaciones comunitarias locales respecto al cambio climático. Ésta es complementaria con otras informaciones ya presentadas en el capítulo, en las que también se enumeran acciones de fomento a la creación de capacidades.

### 6.1 PRIORIDADES NACIONALES PARA LA CREACIÓN Y FOMENTO DE CAPACIDADES

La creación y fomento de capacidades sobre cambio climático es uno de los tres ejes prioritarios de la Estrategia nacional de cambio climático de 2006 (junto a los de mitigación y adaptación). En base a esta prioridad, posteriormente, el PANCC incluyó un lineamiento general en términos de creación de capacidades para “difundir y crear conciencia en la ciudadanía frente a los problemas ambientales y, en particular, a aquéllos derivados del cambio climático, fomentando la educación, sensibilización e investigación en esta temática en Chile” (Conama, 2008). El Gobierno espera que la aplicación de este lineamiento genere información de calidad y accesible en cambio climático, lo que -a su vez- mejorará la toma de decisiones públicas y privadas y aportará a la formulación de la posición de nuestro país en el concierto internacional.

Las capacidades pueden ser entendidas en el marco de las necesidades, opciones y prioridades que han promovido su creación y fomento durante la segunda mitad de la década 2000-2010. En general, éstas han estado enfo-

cadadas a mejorar la difusión, educación e investigación sobre cambio climático, mejorar la calidad de la información disponible y de las capacidades de observación del clima, junto con desarrollar capacidades institucionales para enfrentar los desafíos de mitigación y adaptación, desarrollar y transferir tecnologías de mitigación y adaptación, reforzando la cooperación internacional y estableciendo sinergias entre cambio climático y otros problemas ambientales globales.

### 6.2 CREACIÓN DE CAPACIDADES EN EL SECTOR PRIVADO

Se presentan tres iniciativas iniciadas en 2009 en las que el sector privado ha asumido un rol preponderante, a través de alianzas con la comunidad académica y el sector público en el estudio y análisis de las implicancias del cambio climático para el país.

El proyecto “Fortalecimiento de capacidades del cambio global para enfrentar los desafíos del cambio climático en Chile”, considera en forma innovadora entre sus socios financiadores a instituciones de los sectores público (Innova-Corfo y el Ministerio del Medio Ambiente) y privado (la empresa eléctrica Colbún S.A.). Empezó su ejecución en 2009 y tiene un plazo de implementación de tres años, siendo su entidad ejecutora el Centro de Cambio Global UC con el apoyo del Stockholm Environment Institute. El proyecto busca el “desarrollo de análisis integrados y sistemas de apoyo a la toma de decisiones, para la gestión de los impactos del cambio global sobre sectores productivos” (<http://cambioglobal.uc.cl/fortalecimiento>). El proyecto considera investigación en análisis de riesgo, toma de decisiones y representación de incertidumbre asociado al cambio climático; modelación hidrológica-recursos

hídricos-uso de suelo-energía; monitoreo ambiental, uso de imágenes satelitales; captura de carbono en suelos y ecosistemas forestales y de gestión de huella de carbono y relaciones entre grandes ciudades y cambio global.

La segunda iniciativa cuenta con un apoyo principal por parte del sector privado nacional y consiste en la conformación del capítulo chileno del Centro de Líderes Empresariales para el Cambio Climático (CLG-Chile) residente en la facultad de Economía y Negocios de la Universidad de Chile y que trabaja en colaboración con la Cámara Chileno Británica de Comercio. Este centro se creó en el país en 2009 por la visita a Chile de su Alteza Real el Príncipe Carlos del Reino Unido y es parte de una alianza que coordina la Universidad de Cambridge con centros similares (Corporate Leaders Group) alrededor del mundo. En Chile, participan más de 10 empresas nacionales con el fin de “impulsar la generación de políticas y acciones que permitan tener éxito frente al desafío del cambio climático, a la vez que permitan a las empresas chilenas aprovechar las oportunidades de negocio que se presentan al moverse a una economía menos intensiva en carbono”. ([www.clgchile.cl/conozca.html](http://www.clgchile.cl/conozca.html)).

Finalmente, también en 2009 la Cámara de la Producción y el Comercio de Chile financió un estudio, ejecutado por el Centro de Innovación en Energía de la Universidad Adolfo Ibáñez, sobre el potencial impacto en el crecimiento económico del país de medidas de reducción de emisión de gases invernadero aplicadas a través de impuestos a las emisiones de CO<sub>2</sub> o sobre la base de reconocer el valor de mercado de los permisos transables (considerando a Chile como un tomador de precios). Se determinó que la reducción de emisiones, tendría un costo económico considerable en el país y que este impacto se distribuiría desigualmente en los distintos sectores de la economía.

### 6.3 CREACIÓN DE CAPACIDADES EN LAS ORGANIZACIONES NO GUBERNAMENTALES (ONGS)

Las organizaciones de la sociedad civil han sido fundamentales en el desarrollo de una cultura de sustentabilidad ambiental en Chile. A pesar de la falta de recursos regulares y de mecanismos formales y funcionales de participación de la sociedad civil en la definición de políticas de cambio climático, algunas ONG nacionales han promovido un trabajo sistemático en el tema, alcanzando un nivel que les permite ser uno de los canales válidos de información, reflexión y debate sobre cambio climático en el país.

El interés de las ONGs chilenas en el cambio climático ha ido aumentando en paralelo con el interés internacional y nacional a lo largo de la década. En Chile a 2010, existe un número significativo de ONGs que participan en la temática nacional sobre el cambio climático, apoyando en algunos casos en forma importante la creación y fomento de capacidades nacionales en cambio climático. A continuación, se presentan algunos de los aportes realizados por ellas.

El Programa Chile Sustentable ([www.chilesustentable.net](http://www.chilesustentable.net)) ha producido desde 2002 una cantidad importante de publicaciones relacionadas con el cambio climático, enfocándose principalmente en la promoción de eficiencia energética y de energías renovables no convencionales y el análisis de la política chilena frente a los recursos hídricos y su sustentabilidad.

La ONG Fundación Terram ([www.terram.cl](http://www.terram.cl)), también cuenta con especialistas en el tema de cambio climático y sustentabilidad y son activos en la preparación de documentos de análisis y materiales de difusión sobre el tema. Esta ONG, elaboró y publicó en 2010 una cartilla ciudadana de cambio climático, cuyo objetivo es que la ciudadanía se informe y comprenda su problemática, con el fin de que se conviertan en actores partícipes de las discusiones y soluciones a distintos niveles.

Fundación Chile ([www.fundacionchile.cl](http://www.fundacionchile.cl)) es una organización privada sin fines de lucro que aporta a mejorar la investigación, innovación y tecnología del país. Es la primera organización de innovación tecnológica de Latinoamérica con la categoría de carbono neutral. Esto significa que 1.600 toneladas de CO<sub>2</sub> emitidas en un año fueron compensadas mediante la compra de certificados de reducción en el mercado voluntario. Esta organización ha hecho esfuerzos también en reducir su propia huella de carbono.

Fundación Casa de la Paz ([www.casadelapaz.cl](http://www.casadelapaz.cl)) ha desarrollado la promoción del uso adecuado de la energía, enfocada principalmente en el uso de ERNC y la eficiencia energética. Durante 2009, participó en el programa "Fomento de la eficiencia energética", en la comuna de Lo Espejo. El proyecto contempló la construcción de viviendas sociales equipadas con sistemas y artefactos eficientes energéticamente, con el propósito de instalar un modelo de habitabilidad urbana sustentable e instruir a la comunidad en materia de consumo eficiente y preservación ambiental. En esta línea ejecutó durante 2010 un proyecto en la Región de Antofagasta, llamado "Sierra Gorda: La primera comuna en disminuir su huella de carbono". Mediante la participación organizada de diversos actores locales, comunales y trabajadores de la Minera Spence S.A., esta iniciativa se ha propuesto promover el uso eficiente de la energía a través de la utilización de artefactos domésticos dependientes de energías renovables no convencionales para su funcionamiento, como los colectores solares para el calentamiento del agua.

La Alianza por la Justicia Climática ([www.webcodeff.cl](http://www.webcodeff.cl)) es una asociación conformada por un amplio conjunto de organizaciones de la sociedad civil, preocupadas por las graves consecuencias del calentamiento global y, en particular, por los efectos que éste provoca en las comunidades hoy más directamente afectadas. La alianza está conformada por Acción Ecológica, Acción por la Tierra, Comité Nacional pro Defensa de la Fauna y la Flora (Codeff), Defendamos la Ciudad, Chile Sustentable, Defensores del Bosque Chileno, Observatorio Ciudadano, Observatorio Latinoamericano de Conflictos Ambientales (Olca) y la Red de Defensa de la Precordillera de Santiago. La alianza desarrolla un trabajo de seguimiento a las políticas públicas nacionales e internacionales sobre los acuerdos y mecanismos internacionales en cambio climático. También establece relaciones de discusión y trabajo con actores relevantes en cambio climático, como autoridades y especialistas del sector público, investigadores, dirigentes sociales y gremiales. A la vez realiza actividades de extensión, capacitación, planificación participativa, campañas comunicacionales y manifestaciones públicas sobre esta problemática y sus propuestas de cómo enfrentarlas.

Anticipándose a las Conferencias de las Partes de 2009 y 2010 de la CMNUCC en Dinamarca y México, diversas ONGs se unieron para elaborar sus propios documentos técnicos, como el Tratado Climático de Copenhague, con los que representaron sus posturas frente a los procesos de negociación que ocurren en la Convención.

## 6.4 CREACIÓN DE CAPACIDADES EN ORGANIZACIONES COMUNITARIAS LOCALES .

Las organizaciones comunitarias locales, entendiendo por ello a las organizaciones territoriales y funcionales (Ley N°19.418 de 1995 sobre juntas de vecinos y demás organizaciones comunitarias) tienen como finalidad resolver problemas comunes y como propósito desarrollar gestión de capacidades de manera participativa que permitan a la comunidad ser parte directa del mejoramiento de su calidad de vida, identificando sus necesidades y abordando sus propios intereses. Dichas organizaciones, en forma autodidacta han manifestado su interés y disposición por abordar problemas relacionados con el cambio climático en sus localidades. Esta expresión de voluntad se manifiesta en el alto interés por participar en los limitados fondos nacionales disponibles para esta temática como es el caso del Fondo de Protección Ambiental, detallado previamente en este capítulo. Para 2011, el 43% de más de mil postulaciones recibidas en esta línea de financiamiento correspondía al ítem de cambio climático. Las iniciativas se enmarcan principalmente en difundir y comunicar las implicancias del cambio climático para sus comunidades y en gestionar formas sencillas, pero significativas, para adaptarse a dichos cambios (Ministerio del Medio Ambiente/ División de Educación Ambiental, 2010).



Foto: Ministerio del Medio Ambiente. Gobierno de Chile

## 7. RECURSOS FINANCIEROS Y APOYO TÉCNICO PARA LA REALIZACIÓN DE ACTIVIDADES RELACIONADAS CON EL CAMBIO CLIMÁTICO

La colaboración internacional, tanto financiera como técnica, que ha recibido Chile durante la década del reporte ha sido fundamental en el desarrollo, promoción y fortalecimiento de actividades ligadas al cambio climático en el país.

En este capítulo se informa sobre los recursos financieros y el apoyo técnico para la realización de actividades relacionadas con el cambio climático que ha aportado el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM) o GEF por sus siglas en inglés; los acuerdos internacionales de cooperación medioambiental firmados por el Gobierno de Chile y el financiamiento que ha proveído este mismo para la gestión del cambio climático a nivel nacional.

### 7.1 EL APOYO DEL FMAM AL CAMBIO CLIMÁTICO EN CHILE

La principal fuente de financiamiento de proyectos en cambio climático en el período considerado en esta comunicación nacional ha sido el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF por sus siglas en inglés). Los proyectos ejecutados y en ejecución en Chile han contado con el apoyo de diversas agencias de implementación, principalmente el PNUD, el Banco Mundial y el Banco Interamericano de Desarrollo. Los proyectos financiados por el GEF en el período 2000 a 2010 se detallan en la Tabla 10.

**TABLA 10.** Proyectos financiados por el GEF en temas de cambio climático durante el periodo 2000-2010

Proyecto	Descripción	Periodo de ejecución	Entidad Ejecutora	Agencia de implementación
<b>Reducción de GEI</b>	El proyecto se concentra en dos instalaciones mineras para iniciar sub-empresas de servicios energéticos, cuyos beneficios están ligados al nivel de ahorro en energía que logran obtener sus clientes. El proyecto también realiza un estudio de factibilidad en detalle para evaluar aspectos técnicos y económicos para una planta piloto de metanol a partir de biomasa en Chile.	1995-2003	Conama	PNUD
<b>Eliminación de obstáculos a la electrificación rural con energías renovables</b>	Existe un estimado de 170.000 viviendas sin electricidad en áreas rurales de Chile. Debido a que muchas de éstas se ubican en áreas aisladas, más allá de un alcance rentable para el sistema eléctrico, comunas o sistemas individuales, deberán ser electrificados. Mientras que los generadores a gasolina y Diesel son opciones tradicionales para la electrificación de áreas aisladas, tecnologías de energías renovables como fotovoltaicas, eólicas e hidráulicas podrían ser menos costosas en ciertas localidades. El gobierno de Chile pretende implementar un proyecto comprensivo para derribar estas barreras y así convertir estas tecnologías renovables en opciones prácticas y viables para la electrificación rural.	2001-2007	CNE	PNUD



Proyecto	Descripción	Periodo de ejecución	Entidad Ejecutora	Agencia de implementación
<b>Transporte sustentable y calidad del aire para Santiago</b>	El proyecto favorece la reducción de emisiones de GEI asociadas al transporte terrestre en Santiago mediante la promoción de formas de transporte más eficientes y menos contaminantes. Con este propósito el proyecto apoyará el Plan de Transporte Urbano para Santiago en el periodo 2000-2010 el cual es consistente con los objetivos principales de GEF en su programa operacional de transporte sustentable.	2003-2008	CGTS	BIRF-Banco Mundial
<b>Capacidad nacional de autoevaluación de la gestión del medio ambiente mundial</b>	Identificar las necesidades del país, limitaciones y oportunidades relacionadas con los compromisos internacionales asumidos en relación a la conservación de la biodiversidad, degradación de la tierra y de proceso del cambio climático.	2003-2005	Conama	PNUD
<b>Chile: Actividad de apoyo al cambio climático (financiamiento adicional para la creación de capacidad en sectores prioritarios)</b>	Financiamiento adicional para el fortalecimiento de capacidades en áreas prioritarias asociadas al cambio climático.	2001-2002	Conama	PNUD
<b>Manejo sustentable de la tierra</b>	Desarrollar un programa de incentivo nacional para generar una planificación y prácticas de manejo sustentable de tierras con el fin de combatir degradación de tierras, conservar la biodiversidad de importancia global y proteger los recursos de carbono vitales.	2012-2018	Odepa, Ministerio de Agricultura	BIRF
<b>Promoción y fortalecimiento del mercado de eficiencia energética en el sector industrial.</b>	Promover y fortalecer la eficiencia energética en el sector industrial de Chile mediante el establecimiento de la base para el desarrollo de un mercado de eficiencia energética.	2009-2011	PPEE	BID
<b>TT-Piloto (GEF-4): Promoción y desarrollo local de tecnologías solares en Chile</b>	Apoyar al Gobierno de Chile y a CNE para el desarrollo de una industria de tecnología solar, tanto para calefacción de aguas como para generación de energía en Chile. Los objetivos específicos son: (i) promover transferencia tecnológica, fortalecimiento institucional y formación de capital humano en tecnología solar; (ii) fomentar el desarrollo de proyectos de demostración usando tecnologías solares para calefacción de aguas y generación eléctrica y (iii) apoyar el diseño de incentivos, mecanismos de financiamiento y campañas de conciencia pública para la promoción de proyectos de tecnología solar para calefacción de agua y generación de electricidad. (US\$ 3 millones; Costo total: 35,1 millones dólares)	2010-2014	CNE	BID

Proyecto	Descripción	Periodo de ejecución	Entidad Ejecutora	Agencia de implementación
Fomentar el establecimiento y consolidación del mercado de servicios de energía en Chile.	Contribuir a la creación de un mercado de eficiencia energética en Chile mediante la promoción de la participación activa de empresas de ingenieros y compañías de servicios de energía como intermediarios en el desarrollo de proyectos de ahorro eficiencia energética. (US\$ 2,6 millones; Costo total: US\$ 15,3 millones)	2010-2018	PPEE	BID

Fuente: <http://www.thegef.org/>

### 7.1.1 Apoyo para la elaboración de las comunicaciones nacionales

La primera y la segunda comunicación nacional fueron financiadas en forma principal con el presupuesto que el FMAM otorga a los países para dar cumplimiento al artículo 12 de la CMNUCC.

En el caso de la Segunda Comunicación Nacional, el monto asignado de US\$ 420.000 fue menor al costo real necesario para realizar todas las actividades para elaborar este documento. No obstante, debido al fuerte compromiso del país, los ministerios de Medio Ambiente y Agricultura proveyeron de fondos de sus partidas presupuestarias para completarla en forma exitosa y así cumplir con el plazo tope de entrega estipulado por el FMAM para Chile (agosto de 2011) (Tabla 11).

La significativa caída del precio del dólar en Chile en el periodo de preparación de esta comunicación nacional, mermó la posibilidad de desarrollar todas las actividades y estudios concebidos originalmente en el proyecto.

Es importante mencionar el positivo aporte del PNUD-Chile como agencia implementadora en la ejecución del proyecto de la Segunda Comunicación Nacional. Se considera apropiado señalar que, a pesar del tamaño del proyecto, algunos procedimientos de licitación del PNUD resultaron poco flexibles lo que redundó en alargar licitaciones para las cuales procesos de asignación directa hubiesen sido más rápidos. En este sentido, aún ocurre que en temas específicos de cambio climático no se cuenta en el país o a nivel regional con una masa crítica de empresas consultoras especialistas, lo que impide que puedan llegar un mínimo de tres propuestas en algunos casos.

**TABLA 11.** Aportes financieros ministeriales para la elaboración de la Segunda Comunicación de Chile en Cambio Climático

Ministerio	Monto (US\$)	Monto (US\$)	Observaciones
Agricultura	261.000	2007-2009	Sólo considera gastos en estudios utilizados y reportados en la 2CN
Medio Ambiente	196.000	2009-2010	

Fuente: Ministerios del Medio Ambiente y Agricultura

## 7.2 IMPACTO DE ACUERDOS INTERNACIONALES DE COOPERACIÓN MEDIOAMBIENTAL EN EL ÁREA DE CAMBIO CLIMÁTICO

El país mantiene una activa cooperación bilateral con países desarrollados que han apoyado la ejecución de proyectos ambientales y, en especial, de cambio climático en los últimos 10 años. A continuación se describen algunos de sus resultados.

### 7.2.1 Alemania

El cuidado del medio ambiente constituye desde hace varios años un área prioritaria de cooperación en las relacio-

nes entre Chile y Alemania. Aparte de los programas de cooperación bilateral clásica, también están a disposición dos fondos especiales, uno de ellos es facilitado por el Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ) y el otro por el Ministerio Federal del Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza y Seguridad Nuclear (BMU). Las temáticas prioritarias, se relacionan con el uso eficiente de la energía y fomento de la eficiencia energética, promoción de ERNC, protección del clima y manejo sustentable de residuos, entre otros. Las actividades abarcan aportes financieros no reembolsables, préstamos de la cooperación financiera para el desarrollo y aportes de cooperación técnica alemana para fomentar el sector de

ERNC/EE en Chile y la protección del medio ambiente. Las oficinas de cooperación financiera (KfW) y técnica (GTZ) coordinan estrechamente sus actividades en esta área.

### 7.2.2 Estados Unidos

En este periodo destacan dos líneas de cooperación con impacto en el ámbito del cambio climático.

- Conicyt-Department of State: busca potenciar la cooperación en ciencia y tecnología en temas de astronomía, cambio climático, energías renovables, ciencias de la salud, ciencias de la tierra, agroalimentos y ciencias forenses. Estas áreas que se verán fortalecidas con el Tratado de Libre Comercio entre ambos países y la ejecución de proyectos exitosos.
- Programa DoE-Conama: permitió financiar actividades y estudios locales en cambio climático, en particular el estudio de variabilidad climática en Chile para el siglo XXI.
- Acuerdo Chile-California: se contempla trabajar en forma conjunta en proyectos e investigación en una amplia gama de temas, entre los que se incluyen el cambio climático, la biodiversidad y ecosistemas, calidad del aire, recursos hídricos, desarrollo sustentable, manejo de desechos integrados y tóxicos, educación ambiental y participación de la sociedad civil, responsabilidad ambiental corporativa, bienes y servicios ambientales y cumplimiento de marcos regulatorios.

### 7.2.3 Japón

Mediante la cooperación entre los Gobiernos de Chile y Japón, a través de la Agencia de Cooperación Internacional japonesa (JICA) se han desarrollado varios proyectos vinculados con los temas de la vulnerabilidad al cambio climático, la mitigación de emisiones y la creación y fomento de capacidades en temas relacionados con el cambio climático. En el marco de esta cooperación se han ejecutado y se continúan ejecutando los siguientes proyectos:

- Estudio para el desarrollo de capacidad y promoción de forestación y reforestación en MDL.
- Desarrollo de un modelo de educación ambiental para fortalecer las capacidades locales.
- Conservación del medio ambiente y desarrollo rural participativo en el secano mediterráneo (Inia).

- Producción bovina sustentable en la pequeña y mediana agricultura (Uach).
- Restauración para un manejo sustentable de cuencas hidrográficas (Conaf).

Adicionalmente, JICA mantiene un programa de capacitación y diálogo y, programas de pasantías e intercambios técnicos de profesionales chilenos y japoneses. Una de estas líneas de capacitación está dedicada al tema del cambio climático, permitiendo que profesionales del Gobierno de Chile hayan asistido a actividades impartidas en Japón sobre aspectos como la vulnerabilidad y adaptación al cambio climático e instrumentos financieros del Protocolo de Kioto.

### 7.2.4 España

El Gobierno de España coordina la Red Iberoamericana de Oficinas de Cambio Climático (RIOCC) a la cual pertenece Chile desde su creación en el IV Foro Iberoamericano de Ministros de Medio Ambiente en 2004. Sus objetivos principales son mantener un diálogo fluido permanente para conocer mejor las prioridades, dificultades y experiencias de los países iberoamericanos en políticas de cambio climático; propiciar la implementación efectiva de las decisiones de la CMNUCC en particular aquellas sobre adaptación y mitigación; promover la creación de capacidades y conocimientos incluyendo, entre otras materias, la transferencia de tecnología, la observación sistemática y las opciones de adaptación al cambio climático; contribuir al acercamiento de posturas en los foros internacionales de negociación sobre cambio climático y desarrollo sostenible; promover la integración del cambio climático en las estrategias de ayuda oficial al desarrollo, sin que ello signifique la disminución de los flujos ya existentes de cooperación bajo ese criterio; facilitar la relación entre los sectores público y privado de nuestros países de modo que sea posible incrementar los beneficios que ofrecen los proyectos del Mecanismo de Desarrollo Limpio, trabajando conjuntamente en la identificación y remoción de sus barreras; promover la competitividad de la región y el acceso al mercado, de manera que se facilite la identificación y desarrollo de la oferta y demanda y, propiciar la firma y aplicación de acuerdos de entendimiento.

Gracias a esta red se dispone de un instrumento de diálogo permanente sobre mitigación y adaptación en materia de cambio climático y se han canalizado permanentemen-

te numerosas iniciativas de cooperación entre todos sus miembros.

### 7.2.5 La Unión Europea

La Declaración de Lima firmada en 2008 con motivo de la V Cumbre entre América Latina, el Caribe y la Unión Europea incluye entre sus conclusiones a Euroclima, programa conjunto de cooperación regional en medio ambiente dedicado especialmente al cambio climático, formulado con el fin de compartir conocimiento, fomentar un diálogo estructurado, regular a todos los niveles y asegurar sinergias y coordinación de las acciones actuales y futuras entre los gobiernos de los países firmantes. Este programa permite a los responsables latinoamericanos y la comunidad científica acceso a un mejor conocimiento del tema del cambio climático y sus consecuencias, las cuales puedan contribuir en la formulación de estrategias de desarrollo sostenible. Este proyecto es financiado por la Oficina de Cooperación EuropeAid.

Los objetivos del programa son reducir la vulnerabilidad de la población ante los efectos del cambio climático en conexión con la lucha contra la pobreza y el fomento del desarrollo sostenible, mejorando la comprensión de los efectos de una actuación nacional en el resto de la región; reducir las desigualdades sociales, especialmente las relacionadas con el cambio climático y facilitar el desarrollo social sostenible; reducir las consecuencias socioeconómicas del cambio climático a través de adaptaciones rentables y capaces de generar sinergias subregionales y regionales y, reforzar el diálogo de integración regional con el propósito de crear un mecanismo permanente de consulta para una revisión conjunta de objetivos comunes.

### 7.2.6 Canadá

Chile y Canadá han trabajado juntos para promover la investigación entre centros de estudio para observar en forma conjunta los impactos del cambio climático en el agua y glaciares en ambos países, así como en las regiones polares. En particular, se ha ejecutado entre los años 2004 y 2010 el proyecto "Conservación del agua en comunidades rurales de la Región de Coquimbo", desarrollado por las universidades de La Serena en Chile y de Regina en Canadá.

## 7.3 FINANCIAMIENTO NACIONAL GUBERNAMENTAL PARA LA GESTIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO

Respecto al financiamiento nacional para la gestión del cambio climático por parte del Gobierno de Chile, si bien desde los años 90 el Gobierno de Chile contó con profesionales en los ministerios y la Conama, abordando el tema de cambio climático, sólo a partir del año 2008 se estableció una línea específica de financiamiento dentro del presupuesto permanente de Conama para la ejecución de estudios en cambio climático. Durante los años 2009 y 2010, se incrementaron progresivamente los recursos tanto financieros como humanos, hasta la conformación en el año 2010 de una Oficina de Cambio Climático, dependiente de la Subsecretaría del Medio Ambiente del Ministerio de Medio Ambiente, lo que significa una dependencia directa con las más altas autoridades ambientales del país. A esto debe agregarse asignaciones presupuestarias específicas para cambio climático que progresivamente se han incrementado en los ministerios de Agricultura y Energía.

## 8. SEGUIMIENTO DE LAS CONCLUSIONES PRESENTADAS EN LA PRIMERA COMUNICACIÓN NACIONAL DE CAMBIO CLIMÁTICO

Cuando Chile presentó en 2000 su Primera Comunicación Nacional de Cambio Climático, incluyó un acápite titulado “Conclusiones finales y acciones a emprender” un conjunto de iniciativas en materia de cambio climático que en ese momento se consideraban como relevantes para llevar a cabo en el país en los siguientes años. A partir de ese

listado, se presentan en la Tabla 12 diversas actividades y productos correspondientes a las acciones indicadas en cada área y su estado de avance, ya sea finalizado (F) o parcial (P) realizadas por el Gobierno de Chile hasta el año 2010.

**TABLA 12.** Resumen de acciones identificadas en la Primera Comunicación Nacional de Cambio Climático y acciones realizadas para su cumplimiento

Descriptor	Acciones	Avance	Observaciones
<b>Plan de acción nacional</b>	Definir un plan de acción nacional en cambio climático, para guiar los lineamientos del Gobierno en torno al cambio climático.	F	En 2006 se definió la Estrategia Nacional de Cambio Climático y en el año 2008 fue publicado el PANCC.
<b>Utilización del MDL</b>	Explorar oportunidades que pudieran surgir de la aplicación de mecanismos financieros de la Convención Marco y el Protocolo de Kioto.  Desarrollar una institucionalidad para utilizar el MDL en Chile.	F	Chile estableció su Autoridad Nacional Designada en 2003, cuya coordinación y representación actualmente está a cargo de MMA.  Se han firmado acuerdos de cooperación con países industrializados en materias relativas al MDL y la transferencia tecnológica, lo cual ha sido clave para el desarrollo de proyectos MDL, en particular en el sector de las ERNC.
<b>Capacitación técnica e institucional para identificar proyectos y realizar estudios específicos</b>	Sector de uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y forestal:  *Mejorar el entendimiento de los procesos que han conducido a una mayor emisión de CO <sub>2</sub> en el sector.  *Mejorar el entendimiento de captura de carbono en superficies abandonadas (especialmente regeneración de bosque nativo, y vegetación arbustiva)  *Proponer acciones que mejoren la eficiencia en el consumo de leña.	P	Se han realizado estudios para evaluar opciones de mitigación en el sector silvícola y para suelos degradados (CGC-UC, 2011; Cepal, 2009) y estudios de vulnerabilidad y adaptación del sector silvoagropecuario y de los recursos hídricos y edáficos de Chile frente al cambio climático (Agrimed, 2008).  Otros estudios relevantes:  • “Evaluación socioeconómica del impacto del cambio climático en el sector silvoagropecuario”. PUC para Odepa, 2010.  • “Estudio de la variabilidad climática en Chile para el siglo XXI”. Universidad de Chile para Conama, 2007.

Descriptores	Acciones	Avance	Observaciones
	<p>Sector energía y procesos industriales:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* Identificar y evaluar opciones de mitigación en el sector transporte.</li> <li>* Evaluar costo/beneficio de la introducción de estándares de EE en electrodomésticos.</li> <li>*Explorar otras áreas (distintas de la electrificación rural)</li> </ul>	<p>F</p>	<p>Sectra finalizó en 2010 un estudio para evaluar opciones de mitigación en el sector transporte. Conama y el Ministerio de Energía también realizaron un estudio en este tema (2010). El Programa País de Eficiencia Energética (actual Agencia Chilena de EE) tiene una mesa de trabajo en el tema en el sector del transporte.</p> <p>El PPEE tiene una línea de trabajo en equipos de consumo residencial. También se ha avanzado en aplicar conceptos de EE para otros sectores.</p> <p>La Ley N°20.257 destinada a la promoción de las ENRC en Chile fue promulgada en 2008. A partir de 2005 existe un programa de apoyo a proyectos de generación eléctrica sobre la base de fuentes renovables, llevado a cabo por CNE y Corfo. Ha trabajado en más de 200 iniciativas, de las cuales a diciembre de 2010, se encuentran 29 operando o en construcción.</p> <p>El Centro de Energías Renovables fue creado el año 2009 en una iniciativa conjunta de la entonces CNE y Corfo.</p> <p>Estudios más relevantes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• “Análisis y desarrollo de una metodología de estimaciones de consumos energéticos y emisiones para el transporte”. Sistemas Sustentables para Sectra, 2010.</li> <li>• “Análisis de opciones futuras de mitigación de GEI para Chile en el sector energía”. CCG/POCH para Conama/Sinergia, 2010.</li> </ul>
<p><b>Inventarios de emisiones de GEI</b></p>	<p>Actualizar los inventarios de GEI</p>	<p>P</p>	<p>Se elaboró un inventario nacional de emisiones GEI para todos los sectores. La serie de tiempo disponible es 1984-2006.</p> <p>Estudios más relevantes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• “Complementos y actualización del inventario de GEI para Chile en los sectores de agricultura, uso de la tierra y cambio de uso de la tierra y forestal, y residuos”. Inia para Conama, 2010.</li> </ul>

Descriptores	Acciones	Avance	Observaciones
<b>Opciones de Mitigación y escenarios futuros</b>	<p>Proyectar escenarios futuros caso base y año 2020.</p> <p>Estudiar las opciones de mitigación en cada sector, además de realizar su evaluación económica y condiciones de implementación.</p>	<p>p</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• “Desarrollo y aplicación de una metodología local de cálculo de emisiones Bunker para gases de efecto invernadero”. Sistemas Sustentables para Conama, 2010.</li> <li>• “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”. Poch Ambiental para Conama, 2008.</li> </ul> <p>Se han identificado preliminarmente opciones de mitigación en los sectores de energía, transporte, silvicultura, agricultura, construcción, minería, pesca. Estudios: Corfo, 2009; Conama/Minergia, 2010; Sectra, 2010; Cepal, 2009.</p> <p>Estudios más relevantes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• “Huella de carbono en productos de exportación agropecuarios de Chile”. Inia para FIA, 2010.</li> <li>• “Potencial de mitigación del cambio climático asociado a la ley sobre recuperación de bosque nativo y fomento forestal”. Infor para Odepa, 2010.</li> <li>• “Estrategia y potenciales de transferencia tecnológica para el cambio climático”. Poch Ambiental para Corfo, 2009.</li> <li>• “Evaluación del potencial productivo de biocombustibles en Chile con cultivos agrícolas tradicionales”. UST para Odepa, 2007.</li> </ul>
<b>Estudios de Vulnerabilidad y Adaptación</b>	<p>Estudiar actividades productivas y zonas geográficas vulnerables al cambio climático.</p> <p>Profundizar en los temas:</p> <p>*Reemplazo de variedades de cultivos, relocalización, etc.</p>	<p>P</p>	<p>Se han encargado estudios acerca del impacto del cambio climático en el sector silvoagropecuario (Odepa 2009, Conama 2008, FIA 2009).</p> <p>Se ejecutó el estudio Vulnerabilidad de la biodiversidad terrestre en la eco-región mediterránea, a nivel de ecosistemas y especies y medidas de adaptación frente a los escenarios de cambio climático (IEB, 2010).</p>

Descriptores	Acciones	Avance	Observaciones
	<p>*Evaluar el impacto del cambio climático en las áreas silvestres protegidas.</p> <p>*Impactos producidos por la alteración de los regímenes hidrotérmicos en tipos forestales nativos.</p> <p>*Efecto del cambio climático en el avance de la desertificación.</p> <p>*Uso de sistemas de control integrado de plagas.</p> <p>*Sistemas de alerta temprana de eventos de El Niño y La Niña.</p> <p>* Crear una red de comunicaciones sobre riego, información meteorológica y señales de alerta temprana.</p> <p>*Evaluar recursos de agua subterránea en distintas cuencas.</p> <p>*Infraestructura de regulación hidrológica a nivel nacional.</p> <p>*Incluir en el plan de acción una estrategia nacional de adaptación al cambio climático.</p>		<p>En el estudio “Análisis de vulnerabilidad y adaptación del sector silvoagropecuario y de los recursos hídricos y edáficos de Chile frente al cambio climático” se actualizaron los escenarios de vulnerabilidad de la Primera Comunicación Nacional, y evaluaron modificaciones hídricas en algunas cuencas del país por efecto del cambio climático.</p> <p>Se elaboró una Estrategia Nacional de Glaciares (DGA, 2008).</p> <p>El PANCC tiene un eje de adaptación, que comprende la formulación de un plan nacional de adaptación y planes sectoriales asociados.</p> <p>Estudios más relevantes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• “Evaluación socioeconómica del impacto del cambio climático en el sector silvoagropecuario”. PUC para Odepa, 2009.</li> <li>• “Impacto, vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en el sector silvoagropecuario de Chile”. Inia para FIA, 2009.</li> <li>• “Análisis de vulnerabilidad y adaptación del sector silvoagropecuario y de los recursos hídricos y edáficos de Chile frente al cambio climático”. Agrimed para Conama, 2008.</li> <li>• “Portafolio de propuestas para el programa de adaptación del sector silvoagropecuario en Chile al cambio climático”. Asagrin para Conama, 2010.</li> </ul>
<p><b>Investigación científica en cambio climático</b></p>	<p>Fomentar la investigación científica en torno al cambio climático, priorizando áreas de estudio específicas.</p> <p>Estudiar la inclusión del estudio de los fenómenos asociados al cambio climático en la educación formal.</p> <p>Además de instalar estaciones de monitoreo de GEI en el norte de Chile.</p>	<p>P</p>	<p>Conicyt no posee aún una línea de investigación específica en cambio climático, pero durante el decenio que se reporta financió múltiples iniciativas de investigación científica en materias ligadas con el cambio climático. También el Gobierno de Chile, a través de sus ministerios del Medio Ambiente y Agricultura principalmente, y servicios como la DMC y el Shoa apoyaron esfuerzos de investigación científica nacional en estas materias.</p>
<p><b>Estrategia Nacional para el FMAM</b></p>	<p>*Definir una Estrategia Nacional para utilizar más efectivamente el FMAM.</p>	<p>P</p>	<p>Se estableció la estructura institucional interna, a través del MMA como punto focal y se ha obtenido recursos para diversas iniciativas financiadas por el FMAM en Chile.</p>





# B I B L I O G R A F I A

AGRIMED. (2008). *“Impactos productivos en el sector silvoagropecuario de Chile frente a escenarios de cambio climático”*, Análisis de vulnerabilidad del sector silvoagropecuario, recursos hídricos y edáficos de Chile frente a escenarios de cambio climático. Santiago de Chile.

CC&D. (2009). *“Levantamiento de información de catastro sobre acciones en cambio climático en Chile”*. Informe final, Realizado para CONAMA.

CCG-UC. (2011). *Análisis de Opciones Futuras de Mitigación de GEI para Chile asociadas a Programas de Fomento del Sector Silvoagropecuario*.

CECS. (2009). *Estrategia Nacional de Glaciares. Realizado para la DGA*.

CEPAL. (2009). *La Economía del Cambio Climático en Chile, Síntesis*. CEPAL, Chile. Disponible en línea: El informe final se encuentra disponible en [www.eclac.cl/publicaciones/xml/8/37858/W288.pdf](http://www.eclac.cl/publicaciones/xml/8/37858/W288.pdf). Visitado el 24 Septiembre 2010.

CER (s.f). Web institucional. Disponible en línea: <http://www.cer.gov.cl> Visitado el 15 Septiembre 2010.

CONAMA, (2006). *Estrategia Nacional de Cambio Climático*. Comisión Nacional de Medio Ambiente, Chile.

CONAMA. (2008). *Plan de Acción Nacional de Cambio Climático 2008-2012*. Comisión Nacional de Medio Ambiente, Chile.

CONICYT (s.f.) Web institucional. Disponible en línea: <http://www.conicyt.cl/573/article-36420.html> Detalles de todos los centros regionales apoyados por CONICYT. Visitado el 24 Septiembre 2010.

CONICYT (s.f.) Web institucional. Disponible en línea: <http://www.conicyt.cl/573/article-3963.html> Visitado el 05 Septiembre 2010.

CORFO (s.f.) Acerca de CORFO. Historia. Disponible en línea: [http://www.corfo.cl/acerca\\_de\\_corfo](http://www.corfo.cl/acerca_de_corfo). Visitado el 10 Septiembre 2010.

Deuman Ingenieros. (2003). *Transferencia de tecnología para el cambio climático*. Informe final. Disponible en línea: <http://unfccc.int/ttclear/jsp/CountryReports.jsp> Visitado el 05 Ago 2010.

DGA. (2010). Entrevista Personal a Profesionales de la Dirección General de Aguas (7 de octubre de 2010). Santiago, Chile.

DGA (s.f.) Web institucional. Disponible en Línea: <http://www.dga.cl> Visitado el 4 Octubre 2010.

DMC. (2010). Entrevista Personal a Profesionales de la Dirección Meteorológica de Chile (27 Septiembre 2010). Santiago, Chile.

DMC (s.f.) Web institucional. Disponible en Línea: <http://www.meteochile.cl> Visitado el 28 Septiembre 2010.

González, S. (2010), Entrevista Personal a Sergio González (6 Septiembre 2010), INIA La Platina, Santiago, Chile.

IAI (s.f.) Disponible en línea:

[http://wwwsp.iai.int/index.php?option=com\\_content&view=article&id=13&Itemid=60](http://wwwsp.iai.int/index.php?option=com_content&view=article&id=13&Itemid=60)  
Visitado el 24 Septiembre 2010.

Ministerio del Medio Ambiente/ División de Educación Ambiental. (2010). *Comunicación personal*

MINECON. (1997). 1996-2000 *Programa de Innovación Tecnológica*. Ministerio de Economía, Chile. Disponible en línea: <http://www.scribd.com/doc/7145297/Programa-Innovacion-Tecnologica-PIT>. Visitado el 05 Septiembre 2010.

MINECON. (2009). *Política Nacional de Innovación para la competitividad, Orientaciones y Plan de Acción*. División de Innovación del Ministerio de Economía, Chile

Ockwell, D., Watson, J., MacKerron, G., Pal, P., Yamin, F., Vasudevan, N., & Mohanty, P. (2007). *UK-India collaboration to identify the barriers to the transfer of low carbon energy technology – Final Report*. SPRU University of Sussex, TERI and IDS.

Poch Ambiental. (2009). *Estrategia y potenciales de transferencia tecnológica para el cambio climático*. Estudio para CORFO, Santiago, Chile.

Poch Ambiental. (2010). *Comunicación personal con Ignacio Rebolledo, Carolina Urmeneta y Luis Costa en varias oportunidades durante Septiembre de 2010*, Santiago, Chile.

PPEE (s.f.) *Programa País de Eficiencia Energética*. Web institucional. Disponible en línea: <http://www.ppee.cl> Visitado el 15 Septiembre 2010.

Reyes, B. (2010). Entrevista Personal a Bernardo Reyes del Instituto de Ecología Política (29 Septiembre 2010), Santiago, Chile.

Santibáñez, F. (2010). Entrevista Personal a Dr. Fernando Santibáñez (2 Septiembre 2010), Universidad de Chile, Santiago, Chile

SHOA. (2010). Entrevista Personal a Profesionales del Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile, Valparaíso, Chile.

SHOA (s.f.) Web institucional. Disponible en Línea: <http://www.shoa.mil.cl/index.htm> Visitado el 13 Septiembre 2010.

SimFRUIT. (2009). *Sistema de Inteligencia de Mercado de la Industria Frutícola Chilena*. Noticias. Disponible en línea:

[http://www.simfruit.cl/fruit/index.php?option=com\\_content&view=article&id=906:fdfinaugura-red-meteorologica-que-cubre-en-tiempo-real-a-todo-el-pais&catid=44:actualidad-cientifica](http://www.simfruit.cl/fruit/index.php?option=com_content&view=article&id=906:fdfinaugura-red-meteorologica-que-cubre-en-tiempo-real-a-todo-el-pais&catid=44:actualidad-cientifica) Visitado el 15 Septiembre 2010.

Stern, N. (2006.) *The Economics of Climate Change: The Stern Review*. Cambridge, UK. Cambridge University Press.

Disponible en línea: [http://www.hm-treasury.gov.uk/independent\\_reviews/stern\\_review\\_economics\\_climate\\_change/sternreview\\_index.cfm](http://www.hm-treasury.gov.uk/independent_reviews/stern_review_economics_climate_change/sternreview_index.cfm) Visitado el 20 Septiembre 2010.

Terram. (2010). Entrevista Personal a Profesionales de la ONG (1 Octubre 2010) Terram , Santiago, Chile.

Terram (s.f.) Web institucional. Disponible en Línea: <http://www.terram.cl> Visitado el 1 Octubre 2010.

U. de Chile. (2010). Entrevista telefónica a Paulina Aldunce (6 de octubre de 2010) .

U.de Chile/Depto. Geofísica. (2007). *Estudio de la Variabilidad Climática en Chile para el siglo XXI*, Informe Final. Estudio realizado para CONAMA por el Departamento de Geofísica, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Santiago, Chile. Disponible en línea: <http://www.conama.cl/portal/1301/article-39442.html> Visitado el 24 Septiembre 2010.

U.de Concepción. (2011). *"Aportes de la Universidad de Concepción a la investigación del cambio climático en Chile"*. Concepción.



# CAPÍTULO 6

Obstáculos, Brechas y Necesidades  
Financieras, Técnicas y de Capacidades



■ FOTO: MINISTERIO DE AGRICULTURA



## 1. INTRODUCCIÓN

---

Llevar adelante la gran tarea que significa para Chile cumplir los compromisos establecidos en la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) implica superar obstáculos y brechas importantes y cubrir necesidades de financiamiento, tecnología y desarrollo de capacidades locales.

Chile, como país en desarrollo, está comprometido a contribuir con los esfuerzos de mitigación y adaptación que se realizan a escala nacional y global. El camino recorrido y los logros alcanzados reflejan el justo equilibrio entre los esfuerzos nacionales y el apoyo internacional. La contribución de ambas partes ha permitido avanzar en aspectos tales como la institucionalidad ambiental, la generación de capacidades técnicas y el desarrollo de nuevas líneas de trabajo. Así se demuestra que los esfuerzos nacionales deben ser apoyados por los países desarrollados, para lograr el objetivo último de la Convención.

Desde 2008, Chile cuenta con un Plan de Acción Nacional de Cambio Climático (PANCC), que ha permitido involucrar a varias instituciones del sector público y que tiene como meta final para 2012 desarrollar planes, sectoriales y nacionales, de adaptación y mitigación. Su implementación significó, por primera vez en el país, la asignación de recursos financieros nacionales y el desarrollo de capacidades técnicas para avanzar en la temática de cambio climático.

En agosto de 2010, el país asumió voluntariamente el desafío de sumarse a las acciones mundiales para mitigar la emisión global de Gases de Efecto Invernadero (GEI),

presentando a la Secretaría de la Convención el Apéndice II del Acuerdo de Copenhague. En éste, Chile se compromete a tomar acciones de mitigación que le permitan desviarse en un 20% por debajo de sus emisiones de referencia proyectadas a partir de 2007 hacia 2020. También se indica que sus principales iniciativas de aplicación ocurrirán en los campos de la eficiencia energética, de las energías renovables no convencionales y en el sector de uso de suelo, cambios de uso del suelo y silvicultura. Para cumplir este objetivo, el país necesitará contar con financiamiento nacional además de apoyo internacional, incrementando los fondos de financiamiento existentes y, a la vez, incorporando nuevas fuentes financieras que los países desarrollados creen para este fin.

A partir de 2011, el país se embarcará en un esfuerzo para implementar las acciones solicitadas por el Acuerdo de Cancún, que incluyen la implementación de acciones de mitigación nacionalmente apropiadas y la medición, reporte y verificación asociado a éstas. Junto con esto, el Acuerdo también estipula la producción de comunicaciones nacionales más frecuentes y la entrega de informes cada dos años, que incluirán el inventario nacional de gases de efecto invernadero e información sobre acciones de mitigación y apoyo financiero recibido. Además, se alienta a países en desarrollo a generar planes o estrategias de desarrollo bajo en carbono. Con respecto a la adaptación, el Acuerdo invita a todos los países a aumentar sus acciones de adaptación bajo el Marco de Adaptación de Cancún. Chile ya se encuentra trabajando en casi todas estas acciones, con apoyo nacional e internacional.



Este capítulo da cuenta de cuáles son las barreras nacionales para lograr los compromisos ante la CMNUCC y propone algunas formas de superarlas. En concreto, se presenta:

- La necesidad de recursos financieros y técnicos para enfrentar las acciones de mitigación, adaptación y creación de capacidades que se requiere para enfrentar el cambio climático.
- Aspectos a mejorar sobre la coordinación interinstitucional a nivel nacional.
- Recuento de las necesidades técnicas y tecnológicas para distintos sectores productivos y los programas y proyectos prioritarios.

## 2. RECURSOS FINANCIEROS Y APOYO TÉCNICO

Con el fin de transitar hacia un desarrollo del país más bajo en carbono, los desafíos centrales se vinculan con generar mecanismos permanentes y suficientes de financiamiento local e internacional, tanto para la ejecución de proyectos de mitigación y adaptación al cambio climático, como para la medición, reporte y verificación de sus reducciones de gases de efecto invernadero, fortaleciendo también las capacidades de investigación y desarrollo tecnológico del país.

### 2.1 ACCIONES DE MITIGACIÓN

Chile apoya la idea de una desviación realista de los actuales patrones de emisión de GEI del mundo en desarrollo, la que debiera producirse a 2020, y reitera que el esfuerzo principal sea voluntario, mediante Acciones Nacionales Apropriadadas de Mitigación (NAMAs, por sus siglas en inglés). En la medida que el proceso iniciado a través del Plan de Acción de Bali para la cooperación de largo plazo llegue a acuerdos, el país implementará NAMAs apoyadas localmente y NAMAs apoyadas internacionalmente, a través del financiamiento y transferencia de tecnología por países del Anexo I de la CMNUCC. En ambos casos, es sumamente importante que estas acciones conduzcan a la reducción de emisiones medibles, reportables y verificables.

Asimismo, el país plantea que el apoyo que entreguen los países desarrollados (transferencia de tecnología, financiamiento y formación de capacidades) también debe ser medible, reportable y verificable.

### 2.2 ACCIONES DE ADAPTACIÓN

Según especifica el PANCC 2008-2012, las acciones de adaptación en Chile deben ser aplicadas en sectores relevantes de su economía como son: silvoagropecuario, energía, infraestructura, salud y pesca. Así también, en algunos recursos estratégicos para el país como los hídricos, los glaciares y su biodiversidad. Además, deberán considerarse medidas de adaptación en áreas específicas, como las zonas urbanas costeras.

Para cada sector se deberá abordar, en el corto plazo, la priorización de medidas identificadas y la forma en que éstas serán ejecutadas. Esto requiere de un proceso de toma de decisiones que considere escenarios futuros, costos y beneficios asociados, principalmente cuando los recursos naturales puedan verse mermados. Preliminarmente, el plan de acción indica que para este fin se requiere el levantamiento de la información que se indica en la Tabla 1.



Foto: Ministerio del Medio Ambiente. Gobierno de Chile

**TABLA 1.** Medidas de vulnerabilidad y adaptación en sectores específicos del país

Sector	Medida de vulnerabilidad/adaptación
Recursos Hídricos	Determinar grado de vulnerabilidad por cuencas. Determinar la disponibilidad del recurso hídrico para diferentes usos. Efectuar un diagnóstico de las redes de monitoreo que opera la DGA, a saber: redes de monitoreo de acuíferos, fluviométrica, de lagos y embalses, con la finalidad de evaluar sus condiciones de distribución espacial y resultados en términos de definir medidas para la adaptación al cambio climático.
Biodiversidad	Identificar ecosistemas, hábitat y especies más vulnerables.
Silvoagropecuario	Actualizar el conocimiento sobre su vulnerabilidad frente a escenarios climáticos.
Energía	Determinar vulnerabilidad de la generación hidroeléctrica en Chile
Infraestructura y zonas urbanas y costeras	Evaluar el impacto en infraestructura mayor en zonas costeras, ribereñas y zonas interiores asociadas a cursos de aguas continentales, tales como en el diseño de las obras de regadío y las asociadas a defensas fluviales, e incorporación en instrumentos de planificación (planes maestros de aguas lluvia).
Pesca	Estimar la vulnerabilidad de recursos pesqueros.
Salud	Fortalecer los sistemas de salud frente al cambio climático.

Fuente: Plan de Acción Nacional en Cambio Climático, Conama, 2008

Se prevé que las medidas para identificar las vulnerabilidades específicas del país y enfrentar la adaptación al cambio climático, involucrarán disponer de una amplia cantidad de recursos materiales, financieros y humanos. Se estima también que los fondos nacionales serán insuficientes para afrontar localmente los impactos negativos ocasionados por el cambio climático. Será necesario, por tanto, complementar los presupuestos de organismos públicos a nivel nacional, provincial y municipal para las acciones sectoriales y globales de adaptación, con el apoyo de cooperaciones bilaterales y multilaterales y el financiamiento a través de fondos internacionales. En muchos casos, estas acciones deberán ser enfrentadas en conjunto con el sector privado, el cual deberá internalizar una parte de estos recursos financieros dentro de sus costos productivos.

Para que la inversión en programas de adaptación, estudios e implementación sea efectiva, se requiere también avanzar en la minimización de la incertidumbre acerca de los impactos reales que producirá el cambio climático y una evaluación permanente de éstos. Debido a su naturaleza gradual, los efectos no afectarán en forma significativa el desarrollo económico de corto plazo como para que sea imperativo invertir una gran cantidad de recursos económicos a la brevedad. Esto, a nivel mundial, constituye una barrera importante para la implementación de medidas de adaptación.

### 2.3 ACCIONES PARA LA CREACIÓN Y FOMENTO DE CAPACIDADES

Con el apoyo de la cooperación internacional y el trabajo local de los sectores público, académico, de investigación

y de las organizaciones no gubernamentales del país, se ha promovido la creación y fortalecimiento de capacidades en materias del cambio climático. Sin embargo, potenciar en una magnitud apropiada la generación de la base humana y científica para abordar las causas y consecuencias de esta problemática es fundamental para el desarrollo de capacidades institucionales permanentes en el país. Para esto se deben identificar aquellas oportunidades que estén orientadas específicamente a un apoyo efectivo en el fomento y creación de capacidades nacionales en cambio climático.

Contar con un nivel de financiamiento que permita realizar acciones efectivas también es un desafío para la creación y fomento de capacidades en cambio climático. El estudio "Autoevaluación de necesidades de fortalecimiento de las capacidades del país en los temas: biodiversidad, cambio climático y degradación de tierras" (Ceam, 2008) financiado por el FMAM, postula la oportunidad de establecer un fondo para promover un programa coordinado de investigación multi y transdisciplinario sobre cambio climático, con una perspectiva de mediano y largo plazo, cubriendo áreas como impactos, en particular eventos climáticos extremos, vulnerabilidad territorial, opciones de mitigación y adaptación al cambio climático, sumideros y captura de carbono.

También es necesario que el país aumente la inversión privada en investigación asociada al cambio climático y mejore la difusión de información, la cual muchas veces no está disponible para las organizaciones y para el público en general.

Recientemente, el Ministerio de Economía ha enviado al Congreso un proyecto de ley de ampliación del incentivo tributario a la investigación y desarrollo (I+D), Ley N°20.241. Esta norma busca aumentar la inversión privada en I+D, incluyendo aquellas asociadas a cambio climático.

Dado este incentivo se pueden proponer difusiones o acciones específicas que fomenten la inversión privada en investigación asociada al cambio climático utilizando estos incentivos tributarios.

### 3. ASPECTOS A MEJORAR SOBRE LA COORDINACIÓN INTERINSTITUCIONAL

El trabajo intragubernamental que durante 2008 permitió concluir la formulación del PANCC sirvió para concordar entre las distintas reparticiones ministeriales cuáles serían sus contribuciones para implementarlo, fijando la consideraciones de orden estratégico para enfrentar el cambio climático en Chile y las líneas prioritarias de acción en el período. También dio cuenta de la relevancia de los esfuerzos de coordinación para un tema eminentemente transversal. Es un desafío actualizar, reorientar y coordinar las políticas sectoriales en áreas como energía, obras públicas, transporte, minería y agricultura, para que contribuyan a la mitigación y adaptación al cambio climático, haciéndose necesario aprovechar el apoyo a políticas cuyas ejecuciones se justifican por razones y motivos distintos pero relacionados con el cambio climático.

En los últimos años el país ha hecho un esfuerzo por mejorar la coordinación interinstitucional entre los sectores involucrados en el cambio climático: gubernamental, académico, sector privado, sociedad civil organizada, quienes progresivamente durante la década de reporte se han vuelto más comprometidos con el tema.

En una primera etapa, se está avanzando en compartir la información generada por estos estamentos, pero rápidamente se necesita avanzar en la identificación de prioridades inmediatas, necesidades de tecnologías, capacidades y financiamiento de los sectores involucrados y facilitar la articulación de las políticas transversales que se están elaborando al respecto. El principal desafío que aparece es la incorporación de la variable climática en los procesos de desarrollo actuales y en la planificación nacional, regional y sectorial. Las posiciones de los diferentes sectores económicos (industria, minería, agricultura, pesca, silvicultura) con respecto a esta temática son aún heterogéneas y diferenciadas.

El país requiere también crear mecanismos de coordinación apropiados entre los diferentes sectores e instituciones relacionados con la ejecución de los compromisos adquiridos en la CMNUCC. En este contexto, es importante avanzar en la identificación de roles, responsabilidades y competencias institucionales y sectoriales para los involucrados. De este modo, se espera mejorar la eficacia y concentrar los esfuerzos en las acciones desarrolladas.

### 4. NECESIDADES DE DESARROLLO Y FORTALECIMIENTO DE CAPACIDADES TÉCNICAS Y TECNOLÓGICAS SECTORIALES

Para que Chile pueda prepararse para enfrentar los desafíos del cambio climático que le competen, deberá desarrollar nuevas capacidades y fortalecer algunas ya existentes en diversos ámbitos y sectores de su quehacer. También deberá mejorar la integración en sus políticas públicas, incluyendo aquellas de crecimiento económico y erradicación de la pobreza, con las consideraciones que se relacionan con el cambio climático. El desarrollo de una base tecnológica y la transferencia tecnológica orientadas a entregar respuestas que permitan enfrentar este tema, también tendrán un rol especial en este sentido. Habrá que tomar en consideración los recursos necesarios para que esto ocurra y resulta de alta relevancia el aporte de la cooperación internacional en estas materias. En particular, la transferencia tecnológica es clave para contar con

aquellas innovaciones necesarias para enfrentar las distintas problemáticas asociadas al cambio climático.

Se proyecta que en Chile durante los próximos años, deberá existir trabajo adicional de carácter sectorial para la creación y fortalecimiento de sus capacidades en cambio climático.

## 4.1 INVENTARIO NACIONAL DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

Los acuerdos logrados en Cancún bajo la CMNUCC estipulan que los países No-Anexo I deben aumentar la periodicidad en la entrega de sus comunicaciones nacionales cada cuatro años, según la provisión de recursos financieros entregados por los países Anexo I. El acuerdo también plantea que las naciones en desarrollo, consistentes con sus capacidades y el nivel de apoyo previsto, deben presentar reportes de actualización del inventario cada dos años, entre otra información. Chile desea iniciar a la brevedad una línea de trabajo sistemático en el ámbito de la preparación de sus inventarios de emisiones, para mejorar en forma significativa su capacidad de preparación de éstos. Con ese fin considera iniciar la puesta en marcha de una Oficina Nacional para el Inventario de Emisiones de GEI, que conduzca los esfuerzos de presentación de información respecto a sus emisiones y capturas. Para una rápida puesta en marcha de esta iniciativa se plantean variados desafíos tales como definir los contenidos, aspectos técnicos y financieros y organización de esta oficina.

Aspectos a considerar también incluyen el mejoramiento de aquellos sectores definidos como categorías claves en el Ingei de Chile, en lo que respecta al uso de métodos mayores al del nivel 1 actual.

## 4.2 RECURSOS HÍDRICOS NACIONALES EXPUESTOS AL CAMBIO CLIMÁTICO

La vulnerabilidad de los recursos hídricos del país ante las modificaciones que se estima causará localmente el cambio climático, es considerado como un aspecto relevante desde el punto de vista estratégico y de la sustentabilidad. Una disminución en su disponibilidad aparece como una amenaza relevante a la productividad, y, en general, al desarrollo humano nacional. Se presentan tres áreas de trabajo en las cuales se considera apropiado avanzar en el corto plazo en acciones de apoyo al manejo de los recursos hídricos desde la perspectiva del impacto del cambio climático.

### 4.2.1 Necesidades de información y recopilación para redes de observación del recurso hídrico

Si bien se ha avanzado en el levantamiento de información hidrológica a nivel nacional, parte de ella es de limitada cobertura, está discontinuada o no está enteramente

disponible debido a la limitación de mecanismos adecuados de recolección y almacenamiento de las bases de datos. Aparece como necesaria la modernización, extensión y actualización de la red hidrológica nacional, así como la integración de las distintas mediciones para evitar la proliferación de pequeñas redes locales que no se sustentan en el largo plazo y que tienden a generar estándares de medición propios y difíciles de homologar.

La disponibilidad y difusión de esta información también aparece como insuficiente, siendo necesario que los datos obtenidos sean, efectivamente, de disponibilidad pública y de publicación oportuna.

En cuanto al uso de la información, se requiere mejorar la capacidad de implementar en forma permanente modelos sobre calidad y cantidad de recursos hídricos. Esto permitiría una mejor determinación de los impactos locales y regionales producidos por el cambio climático y el establecimiento de planes y programas adecuados para la protección del recurso.

Finalmente, respecto a los recursos humanos asociados, es de primera necesidad fortalecer sus capacidades profesionales y actualizar permanentemente sus conocimientos técnicos.

### 4.2.2 Glaciares

De acuerdo a la Estrategia Nacional de Glaciares (CECS, 2009) Chile cuenta con estudios acerca de las variaciones, comportamientos y características de sus glaciares emblemáticos. Sin embargo, la información aún está muy fragmentada como para extraer conclusiones a escala nacional y persisten vacíos claves que deben ser enfrentados, en particular, respecto de la valoración del recurso hídrico proveniente de los glaciares, su efecto en el clima y los riesgos asociados a su dinámica.

Las necesidades de información se relacionan con el desarrollo de un sistema de recopilación de metadatos, la actualización de fuentes de consulta de larga data, algunas de menor precisión y no directamente comparables con la información actual (CECS, 2009). Para suplir estas falencias el desafío consiste en incrementar la capacidad instalada de investigación de glaciares desarrollando un sistema de monitoreo extensivo a nivel nacional. Un sistema de este tipo debe superar limitantes metodológicas (homogenizar criterios e indicadores) y logísticas, al mismo tiempo de mejorar su representatividad espacial y temporal.

Los programas, proyectos o ideas de estudios que se presentan a continuación (Tablas 2 y 3) complementan y especifican algunos ámbitos y áreas previamente detalla-

dos, pero no los sustituyen. Este listado se ha construido a partir de una búsqueda bibliográfica por lo que no se asignan priorizaciones sectoriales.

**TABLA 2.** Ejemplos de programas, proyectos y estudios tentativos para generar medidas de adaptación para los recursos hídricos

Fuente	Programas/Proyectos/ Estudios
Plan de Acción Nacional de Cambio Climático (Conama 2008)	Evaluar los recursos de aguas subterráneas en las distintas cuencas, especialmente en la zona centro y norte del país.
Chile 2020 Obras Públicas para el Desarrollo (MOP)	Monitoreo de crecidas para el cambio climático, aumento de cobertura y densidad de la red hidrométrica nacional.
	Estudios para la gestión de acuíferos (caracterización, evaluación y explotación).
	Realizar un estudio hidrogeológico de las aguas subterráneas en la Región de la Araucanía.

**TABLA 3.** Ejemplos de programas, proyectos y estudios tentativos para evaluar la vulnerabilidad de los glaciares

Fuente	Programas/Proyectos/ Estudios
Estrategia Nacional de Glaciares (DGA 2009)	Completar los inventarios para todo el país, para 2020, con inclusión de todos los glaciares de roca (actualizar el inventario 2010).
	Realizar el primer estudio sistemático de variaciones areales a nivel país
	Realizar estudios continuos de balance de masa y energía, mediciones meteorológicas e hidrológicas de glaciares.
	Levantar topografías superficiales de precisión con frecuencia anual y una topografía subglaciar.
	Realizar estudios de detalle multidisciplinarios en glaciares de zona centro e iniciar el modelamiento de las variables hidrológicas y glaciológicas.
	Análisis de los impactos provocados por el cambio climático en términos de calidad de las aguas.
Estudio "La Economía del cambio climático en Chile", Centro Cambio Global UC (2009)	Monitoreo de glaciares y generación de escenarios de oferta hídrica.

### 4.3 OBSERVACIÓN SISTEMÁTICA DE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA Y EL CAMBIO CLIMÁTICO

Aunque existen trabajos permanentes de observación de algunas variables ambientales relacionadas con el cambio climático<sup>1</sup>, en Chile no existe una red de observación sistemática destinada a monitorear las variables relacionadas con el cambio climático. Sin embargo, el país cuenta con valiosa información que actualmente es usada en los sectores de agricultura, navegación marítima y meteorología en general. Actualmente la información generada por distintas redes de observación sistemática del clima también permite realizar, aunque en forma limitada, investigación aplicada sobre cambio climático a nivel nacional.

Para potenciar la observación sistemática en apoyo a la investigación aplicada del cambio climático, el PANCC indica que se requiere establecer una red básica nacional de observación atmosférica, oceánica y terrestre, para el monitoreo y estudio del cambio climático. Esto permitirá avanzar en la obtención de información sistematizada, disponible, en formato digital y de mayor cobertura espacial. También especifica que se debe trabajar en diseñar e implementar sistemas de alerta temprana de los fenómenos de El Niño y La Niña.

Finalmente, se estima que la observación sistemática del cambio climático debiera ser internalizada en la misión y funciones desarrolladas por las distintas instituciones del país. En este sentido, a través de una mejor coordinación interinstitucional, se deben detectar prioridades de observación y establecer los vínculos y mecanismos para el desarrollo de investigación dentro de las instituciones públicas, a la vez de fomentar los estudios de investigación realizados por la comunidad académica y científica del país.

### 4.4 GENERACIÓN ELÉCTRICA Y EFICIENCIA ENERGÉTICA

Desde el punto de vista de las emisiones de GEI, el sector de generación eléctrica es uno de los más relevantes del país y donde se espera que prosperen importantes esfuerzos de mitigación en los próximos años. En este sentido, se estima que la implementación de la Ley N°20.257 destinada a la promoción de las ERNC en Chile brindará importantes desafíos al sector eléctrico, tanto desde el

punto de vista del fortalecimiento de capacidades en los sectores públicos (regulación y promoción, formación de capital humano) y privado (cumplimiento de la normativa e implementación por parte de la industria directa y auxiliar así como la formación de capital humano) como en las tecnologías requeridas. Éstas prácticamente no se producen en nuestro país, lo que eleva el costo asociado y también produce un desconocimiento por parte de los organismos/industria que debería estar a la vanguardia en su uso. Por lo anterior, se requiere no sólo transferencia tecnológica, sino también acciones para difundirlas.

La disponibilidad de información para el adecuado monitoreo, reporte y verificación de las acciones de mitigación deberá ser una de las prioridades, a través de un monitoreo permanente de la evolución de la línea de base actual y proyectada, a efectos de dar cuenta de la evolución natural del crecimiento de la demanda, así como de las nuevas condiciones que se presenten en la oferta energética.

Por otro lado, Chile requiere consolidar y facilitar el potencial de eficiencia energética en distintos sectores de consumo. Se espera que un porcentaje relevante del crecimiento de la demanda por energía a 2020 sea suplido por eficiencia energética. Finalmente, se debe fomentar activamente una cultura al respecto, la cual requiere de regulaciones e incentivos que beneficien la adopción de medidas para optimizar su consumo.

### 4.5 TRANSPORTE

El sector del transporte, en especial el de tipo caminero, es también uno de los más relevantes desde el punto de vista de las emisiones de GEI. Las líneas de acción de beneficio ambiental en que se encuentra trabajando el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, contribuyen directamente a mitigarlas. Estas pueden clasificarse en:

- Promoción de la penetración de tecnologías vehiculares bajas en carbono.
- Reestructuración del ordenamiento del transporte público urbano.
- Recambio tecnológico de flotas.
- Promoción de alternativas modales.

<sup>1</sup>Por ejemplo el que efectúa la DGA a través de su red que documenta modificaciones en el régimen hídrico de varios recursos del país, o la DMC en el caso de observación de variables atmosféricas, y que es parte de una iniciativa internacional que se documenta en el capítulo 5.

- Implementación de medidas de eficiencia energética en flotas prioritarias.

Las medidas para la superación de obstáculos, carencias y necesidades conexas de financiamiento, tecnología y desarrollo de capacidades locales para este sector, deberán ser concordantes con las líneas de acción previamente indicadas.

Análogamente, los programas, proyectos o ideas de estudios que se presentan en la Tabla 4 complementan algunos ámbitos y áreas previamente detallados, pero no los sustituyen.



Foto: Transantiago. Gobierno de Chile

**TABLA 4.** Ejemplos de programas, proyectos y estudios tentativos sobre biocombustibles para el sector transporte

Fuente		Programas/Proyectos/ Estudios
<b>Biocombustibles: Desafíos y Oportunidades para la Agricultura (Inia)</b>	<b>Desafíos para la</b>	Continuar la búsqueda de alternativas de cultivos para zonas agrícolas marginales: secano interior y costero, secano de precordillera.
		Mejoramiento genético para aumentar contenidos de almidón o aceites.
		Introducción de especies e identificación de material nativo con alto potencial de rendimiento en biocombustibles.
		Desarrollo de tecnologías sustentables de manejo de cultivos para incrementar rendimiento en biocombustibles.
		Especialización de productores agrícolas como proveedores seguros de materia prima a largo plazo.

#### 4.6 DESARROLLO DE INFRAESTRUCTURA CON ENFOQUE DE ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

La consideración de la variable ambiental y en particular del cambio climático, deberá influir decididamente en la planificación, diseño y operación de la infraestructura del país, así como en las diversas actividades asociadas a su construcción, incluyendo embalses y obras orientadas a mejorar la conectividad en el país, como puertos y caminos tanto en zonas del país afectadas por el terremoto del 27 de febrero de 2010 en el centro y centro sur del país, como en aquellas zonas que no estuvieron bajo el efecto telúrico.

Por ejemplo, el PANCC plantea la necesidad de considerar la hidrología proyectada por el cambio climático al diseño de nuevos puentes e infraestructura hidráulica, incluyendo la gestión de riesgos asociada. Asimismo, señala la importancia de incorporar los impactos de este proceso en planos reguladores, a fin de evitar la extensión urba-

na en zonas costeras y ribereñas. También se estima que se debe evaluar potenciales cambios en las condiciones climático-oceanográficas, ya que podrían afectar de manera importante la operación de infraestructura portuaria en el futuro.

#### 4.7 ACTIVIDAD SILVOAGROPECUARIA

El desarrollo de proyectos de mitigación en el sector silvícola, requiere incorporar mecanismos para financiar la fijación de stock de carbono de los bosques. En este sentido, la implementación de los conceptos de REDD<sup>2</sup> y REDD<sup>3+</sup> para ser implementados con el fin de combatir la deforestación y degradación de los bosques en los países en desarrollo, puede ser una oportunidad para mejorar la gestión del manejo dentro de algunos bosques chilenos. Para esto, Chile requiere desarrollar una estrategia específica para REDD+ que permita al estado articular de forma participativa a los diferentes actores para el establecimiento de una línea de base forestal monitoreada en forma permanente a nivel nacional.

<sup>2</sup> Se conocen por REDD aquellas actividades que reducen las emisiones de GEI para evitar la deforestación y degradación forestal.

<sup>3</sup> Son aquellas que adicionalmente a REDD también contribuyen a la conservación, manejo sostenible de los bosques y mejoramiento de las existencias de carbono forestal.

La Ley N°20.283, sobre recuperación del bosque nativo y fomento forestal, también puede facilitar incorporar proyectos relacionados con este bosque dentro de las oportunidades de mitigación del país, si se considera en conjunto con la conservación de los bosques, la entrega de apoyo financiero en la forma de bonificaciones orientadas a mantener, incrementar o recuperar la producción de servicios ecosistémicos por parte de los propietarios.

En cuanto al sector agropecuario, el estudio “Análisis de opciones futuras de mitigación de gases de efecto invernadero para Chile asociadas a programas de fomento el sector silvoagropecuario” (Centro de Cambio Global PUC, 2010) determinó que en el subsector agrícola las medidas evaluadas con mayor potencial de mitigación son la optimización de esquemas de aplicación de fertilizantes y la mejora en las prácticas de riego. Por su parte, en el subsec-

tor ganadería las medidas seleccionadas para su análisis fueron: secuestro de carbono por el suelo, implementación de biodigestores a gran y pequeña escala, uso de variedades de forrajes mejorados, uso de ionóforos en dieta de bovinos y mayor cantidad de concentrado en la dieta de bovinos. Se debe, por tanto, buscar herramientas que permitan la implementación de estas medidas, en caso de existir las condiciones apropiadas para ello en el país en distintas escalas de tiempo.

Los programas, proyectos o ideas de estudios contemplados en la Tabla 5, complementan y especifican algunos ámbitos y áreas previamente detallados, pero no los sustituyen. Este listado se elaboró a partir de una búsqueda en distintas fuentes bibliográficas por lo que no se asignan priorizaciones sectoriales.

**TABLA 5.** Ejemplos de proyectos y estudios tentativos para el sector silvoagropecuario en el área vulnerabilidad, adaptación y mitigación al cambio climático

Fuente	Programas/Proyectos/ Estudios
Plan de Acción Nacional de Cambio Climático (Conama, 2008)	Identificar y profundizar el conocimiento del impacto de los cambios climáticos en el avance de la desertificación y los procesos erosivos en la zona norte y central del país
	Evaluar y fomentar la investigación en el uso de sistemas de control integrado de plagas y enfermedades.
	Ejecutar el Programa de Mejoramiento Genético para el desarrollo de variedades, agrícolas y forestales, adaptadas a los nuevos escenarios del cambio climático.
Infor: <a href="http://www.infor.cl">www.infor.cl</a>	Contar con un sistema de monitoreo permanente de los stock de carbono de Chile en el contexto de REDD+ y LULUCF.
Estudio sobre impacto, vulnerabilidad y adaptación al CC en el sector silvoagropecuario (Inia, 2009)	Analizar estrategias de producción para los rubros frambuesa, arándano, cerezo y manzano, ya que los resultados de productividad simulada y de margen económico indican caídas significativas del negocio.
	Generar un área de trabajo destinada a evaluar la huella de carbono en sistemas de producción y establecer micro programas prediales conducentes a dar soluciones para disminuir los gases de efecto invernadero.
	Estudio técnico de costo/beneficio del uso de residuos agrícolas y lodos de diferentes orígenes.
	Apoyar o potenciar la adopción de tecnologías modernas como la agricultura de precisión favoreciendo trabajos relacionados con ahorro y eficiencia de fertilizantes.
	Investigación sobre alternativas de fertilizantes, como los biofertilizantes y nanofertilizantes.
Investigación y diseño de nueva tecnología alimenticias del ganado bovino, integrando capacidades institucionales complementarias	



## 4.8 BIODIVERSIDAD

Para anticipar y mitigar los posibles efectos sobre la biodiversidad en Chile, se requiere evaluar sus efectos en zonas de alto valor ambiental, sobre todo con especies en categorías de conservación y generar o fortalecer los mecanismos institucionales que permitan hacer frente a los desafíos que implica el cambio climático para la biodiversidad en el contexto del cambio global.

La evaluación de la respuesta de especies ecosistemas y hábitat críticos para la biodiversidad es altamente dependiente de la disponibilidad de datos y de las aproximaciones metodológicas utilizadas. En este sentido es importante actualizar y dar continuidad a la evaluación del efecto del cambio climático sobre la biodiversidad, la cual debiese incluir las proyecciones de consenso que existen para Chile. En particular, monitorear especies y hábitats

que podrían tener cambios en sus distribuciones, con especial atención a aquellas en estado de conservación.

Asimismo, se requiere fortalecer el actual Sistema de Áreas Silvestres Protegidas considerando criterios de conectividad que faciliten la migración de las especies. Para esto, es primordial mejorar la representatividad del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas (Snaspe) en la zona centro del país, posibilitando la protección de los ecosistemas y especies mediterráneos, que han sido identificados como los más vulnerables al cambio climático, proyectándose su alteración en distribución y densidad, así como integrar al Snaspe las áreas costeras y marinas. Desde el punto de vista de la mitigación de emisiones, en tanto, aparece como apropiado empezar a evaluar el potencial impacto que tendrían las áreas silvestres protegidas del país en la captura de emisiones.

## 5. FORTALECIMIENTO DE LA PARTICIPACIÓN EN LAS ACCIONES NACIONALES SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO

La inclusión y reforzamiento de las temáticas del cambio climático dentro de las acciones prioritarias del país demandará renovados esfuerzos por parte de diversos sectores. A manera de ejemplo, un desafío corresponde a la mayor inclusión de expertos nacionales en el diseño y aplicación de instrumentos de gestión para el cambio climático.

Por otra parte, una demanda recurrente en el último tiempo en el país comprende la de mejorar la participación de las regiones en aquellas políticas públicas que son de alcance regional y en la toma de decisiones asociadas al cambio climático. En particular, considerando que las temáticas asociadas a la adaptación tienen una componen-

te local importante, se deberá buscar la manera de incorporar a autoridades locales, centros de investigación de enfoque regional, asociaciones de empresas locales, y la sociedad civil organizada, incluyendo a las organizaciones comunitarias locales. Dependiendo del origen de las emisiones locales de GEI, los temas de la mitigación también tienen un componente regional, tal que permita abordar desde esta perspectiva la aplicación de medidas de mitigación en un alcance diferente al del tema público nacional.

La difusión de información también tiene un componente local especial, el que debe ser utilizado y potenciado en una forma más proactiva.

# BIBLIOGRAFIA

CEAM. (2008). *Autoevaluación de Necesidades de Fortalecimiento de las Capacidades del País en los Temas: Biodiversidad, Cambio Climático y Degradación de Tierras*. Información extraída del portal virtual: [www.undp.org/mainstreaming/docs/nlsa/nlsareports/finalreportsandplan/nlsa-chile-fr-ap-SP.pdf](http://www.undp.org/mainstreaming/docs/nlsa/nlsareports/finalreportsandplan/nlsa-chile-fr-ap-SP.pdf)

CECS. (2009). *Estrategia Nacional de Glaciares*. Información extraída del portal virtual: <http://www.dga.cl/otros/documentos/estrategiaGlaciares.pdf>

Centro Cambio Global PUC. (2009) *La Economía del cambio climático en Chile*.

Centro de Cambio Global PUC. (2010). *Análisis de opciones futuras de mitigación de gases de efecto invernadero para Chile asociadas a programas de fomento el sector silvoagropecuario*.

Conama. (2008). *Plan de acción nacional de cambio climático 2008-2012. Comisión Nacional de Medio Ambiente, Chile*.

INIA. (2009). *Biocombustibles: Desafíos y Oportunidades para la Agricultura*. Información extraída del portal virtual: [www.cnc.cl/pdfs/press/biocombustibles/INIA.pdf](http://www.cnc.cl/pdfs/press/biocombustibles/INIA.pdf)

Ministerio de Energía. (2010). *Plan Nacional de Acción de Eficiencia Energética 2010-2020*. Información extraída del portal virtual: [www.ppee.cl/576/article-58632.html](http://www.ppee.cl/576/article-58632.html)

MOP. (2010). *Chile 2020 Obras Publicas para el Desarrollo*. Información extraída del portal virtual: [www.mop.cl/.../Chile\\_2020\\_Obras\\_Publicas\\_para\\_el\\_Desarrollo.pdf](http://www.mop.cl/.../Chile_2020_Obras_Publicas_para_el_Desarrollo.pdf)





SEGUNDA COMUNICACIÓN NACIONAL DE CHILE  
ANTE LA CONVENCIÓN MARCO DE LAS NACIONES  
UNIDAS SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO

2011

[www.mma.gob.cl](http://www.mma.gob.cl)