

CHILE - 1999

PRIMERA COMUNICACIÓN  
NACIONAL

BAJO LA CONVENCIÓN MARCO  
DE LAS NACIONES UNIDAS  
SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO



C H I L E - 1 9 9 9

## PRIMERA COMUNICACIÓN NACIONAL BAJO LA CONVENCIÓN MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO

Este documento fue elaborado por la Comisión Nacional del Medio Ambiente, CONAMA, y contó con la estrecha colaboración de centros de investigación nacionales, de expertos locales y del Comité Nacional Asesor sobre Cambio Global.

Los recursos para su realización fueron provistos por el Fondo Mundial para el Medio Ambiente, (FMAM/GEF) y administrados por la oficina local del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, PNUD.



Diseño y Diagramación: Susana Baraja

Edición: Departamento de Descontaminación, Planes y Normas, CONAMA

Fotografías para portada e interiores: Naturalezas Chilenas, gentileza de Juan Francisco Bascuñán

Impresión: Magenta

Primera Edición: 1000 ejemplares, 1999

Impreso en Chile/Printed in Chile

Publicación de la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA)

Teléfono: (562) 240 5600 - Fax: (562) 244 1262

Obispo Donoso 6, Providencia

Santiago de Chile

*"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° 380 del 1° de diciembre de 1999, 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".*

# CHILE - 1999

*Primera comunicación  
Nacional*

*bajo la Convención Marco  
de las Naciones Unidas  
sobre el Cambio Climático*





## PRÓLOGO

La presentación de la Primera Comunicación Nacional a la Conferencia de las Partes forma parte del compromiso del Gobierno de Chile de cumplir cabalmente su responsabilidad compartida pero diferenciada, tras haber ratificado y constituido en Ley de la República la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. El firme propósito de implementar los diversos tratados internacionales ambientales asumidos por el país es parte medular de la Política Ambiental del Gobierno, lo que ha servido de impulso para elaborar los lineamientos estratégicos en materia de cambio climático, aprobados por los Ministros del Consejo Directivo de la Comisión Nacional del Medio Ambiente a fines de 1998.

Forman parte de dichos lineamientos estratégicos: la elaboración e implementación de un Plan de Acción Nacional en Cambio Climático, que deberá incorporar un programa de actualización periódica del inventario de gases de efecto invernadero y de la comunicación nacional; la ratificación del Protocolo de Kioto para la pronta utilización de sus instrumentos de flexibilización, en particular el Mecanismo de Desarrollo Limpio, sobre el cual se está elaborando una propuesta liderada por Chile para una fase de aprendizaje del mismo; y el análisis técnico - político para una participación más activa del país en el marco de la Convención y el Protocolo de Kioto.

La comunicación nacional no es sólo una herramienta de diagnóstico de la situación del país en materia de cambio climático, sino también - en el entendido que será evaluada y actualizada regularmente- un instrumento para fundamentar la toma de decisiones en estas materias y para colaborar con la Conferencia de las Partes en la identificación de las necesidades que los países en desarrollo tienen al momento de implementar los compromisos suscritos en dicha Convención. El cumplimiento de esta obligación es uno de los primeros pasos dados por Chile en un proceso dinámico de formulación de políticas y medidas para enfrentar el problema de cambio climático, probablemente el tema ambiental global más importante del próximo milenio. Ha contribuido a la materialización de este esfuerzo nacional, de manera significativa, la oportuna entrega de fondos por parte del Mecanismo Financiero de la Convención, el Fondo Mundial para el Medio Ambiente (GEF/FMAM).

La difusión amplia a la comunidad nacional de los resultados y alcances de este primer ejercicio de diagnóstico, es un próximo paso para promover la temática del cambio climático en el país, con el fin de buscar el apoyo necesario para desarrollar en forma periódica las tareas comprometidas. Dicho apoyo permitirá que la capacidad técnica e institucional generada tenga proyección en el tiempo y facilitará el cumplimiento de compromisos futuros dentro del marco de la Convención.

Esta comunicación nacional es una expresión concreta de la voluntad de actualizar y profundizar el conocimiento de Chile respecto a los impactos del cambio climático y las reales posibilidades de aplicar medidas que favorezcan la mitigación de éstos. Para poder materializar estas metas, se espera seguir contando con el apoyo financiero y la asistencia técnica del FMAM/GEF.

El Gobierno de Chile hace entrega de su Primera Comunicación Nacional a la Conferencia de las Partes de la Convención sobre Cambio Climático, en la certeza que la información contenida en este documento será de utilidad a los propósitos de dicha Conferencia y contribuirá al logro de los objetivos de la Política Ambiental del país.



**RODRIGO EGAÑA BARAONA**  
Director Ejecutivo  
Comisión Nacional del Medio Ambiente

## PROLOGUE

The submission of this First National Communication stems from the Government of Chile's decision to fully comply with the commitments assumed with the Conference of the Parties, on a common but differentiated manner, after having ratified and become a Law of the Republic the United Nations Framework Convention on Climate Change. The firm decision to implement the various international environmental treaties ratified by the country is an integral part of the Government's Environmental Policy. This has driven the formulation of strategic guidelines in the area of climate change, which were approved by the Council of Ministers of the National Commission for the Environment at the end of 1998.

These strategic guidelines have considered, among other issues, the formulation and implementation of a National Action Plan for Climate Change, which should incorporate a regular program to update the greenhouse gas inventory and the national communication; the ratification of the Kyoto Protocol in order to begin to use its flexible mechanisms as soon as possible, especially the Clean Development Mechanism -currently a proposal headed by Chile to create a learning phase for this is being developed- and a technical and political analysis to permit Chile to be more active in supporting the United Nations Convention on Climate Change and the Kyoto Protocol.

The national communication is not only a diagnostic tool to assess the country's present status in the area of climate change but also -understanding that it will be evaluated and updated regularly - a tool on which to base decisions made on these matters and to collaborate with the Conference of the Parties in identifying the needs of developing countries in order to implement the commitments assumed under said Convention. For this reason, compliance with this obligation is one of Chile's first step in a dynamic process that includes the formulation of measures and policies to confront the problem of climate change, which will probably be the most important global environmental issue for the next millennium. The timely provision of funds from the Convention's Financial Mechanism, the Global Environmental Facility (GEF), has significantly contributed to the realization of this national effort.

Informing the country as a whole of the results and scope of this first diagnosis is a next step in the promotion of climate change, in order to seek the support needed to regularly carry out this task. This support will allow the current technical and institutional capabilities to continue into the future and will facilitate compliance with future commitments made in the framework of the Convention.

This national communication is a direct expression of the will to update and deepen Chile's knowledge on the impact of climate change and the possibility of introducing measures, in the form of specific actions and programs to favor the mitigation of those impacts. In order to reach these goals, we hope to continue to have the financial support and technical assistance of the GEF.

The Government of Chile hereby presents its First National Communication to the Conference of the Parties to the Convention, certain that the information contained in this document will be useful and serve the purposes of said Conference and will contribute to achieve the objectives established in the country's environmental policy.



**RODRIGO EGAÑA BARAONA**

Executive Director

National Commission for the Environment

# INDICE

<b>I. RESUMEN EJECUTIVO</b>	<b>13-43</b>
<b>I.1 CIRCUNSTANCIAS NACIONALES</b>	<b>15</b>
<b>I.2 IMPLEMENTACIÓN DE LOS COMPROMISOS DE LA CONVENCIÓN DE CAMBIO CLIMÁTICO</b>	<b>16</b>
I.2.1 LINEAMIENTOS ESTRATÉGICOS Y PLAN DE TRABAJO SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO	
<b>I.3 RESULTADOS DEL INVENTARIO DE GASES DE EFECTO INVERNADERO Y OTROS GASES, AÑOS 1993 Y 1994</b>	<b>18</b>
I.3.1 SECTOR ENERGÍA	
I.3.2 SECTOR NO ENERGÍA	
I.3.3 RESULTADOS AGREGADOS DEL INVENTARIO DE GEI Y OTROS GASES, AÑO 1994	
I.3.4 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	
<b>I.4 PROYECCIONES DE EMISIONES Y SUMIDEROS ANTROPOGÉNICOS DE GEI, PARA ESCENARIOS CASO BASE Y AÑO 2020 MITIGADO</b>	<b>24</b>
I.4.1 SECTOR ENERGÍA	
I.4.2 SECTOR NO ENERGÍA	
I.4.3 ESCENARIOS AGREGADOS CASO BASE Y AÑO 2020 MITIGADO	
I.4.4 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	
<b>I.5 ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD Y ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO</b>	<b>35</b>
I.5.1 ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD Y ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN CHILE: AGRICULTURA, RECURSOS HÍDRICOS Y SILVICULTURA	
I.5.2 ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD Y ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN CHILE: ZONAS COSTERAS Y RECURSOS PESQUEROS	
<b>I.6 CONCLUSIONES FINALES Y ACCIONES A EMPRENDER</b>	<b>41</b>
<b>2. LA CIENCIA DEL CAMBIO CLIMÁTICO</b>	<b>45-53</b>
2.1 ¿QUÉ ES EL EFECTO INVERNADERO?	47
2.2 AUMENTO DE LAS CONCENTRACIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO	47
2.3 LOS AEROSOLLES ANTROPÓGENOS	48
2.4 CAMBIOS VERIFICADOS EN EL CLIMA EN EL ÚLTIMO SIGLO	49
2.5 DISTINCIÓN ENTRE INFLUENCIA NATURAL Y HUMANA SOBRE EL CLIMA MUNDIAL	49
2.6 CAMBIOS ESPERADOS DEL CLIMA EN EL FUTURO	50
2.7 INCERTIDUMBRES EN LA PREDICCIÓN Y DETECCIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO	51
2.8 IMPACTOS REGIONALES DEL CAMBIO CLIMÁTICO: EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD EN AMÉRICA LATINA	51
2.9 OTROS ESTUDIOS CIENTÍFICOS ESPECIALIZADOS	53
<b>3. MARCO REGULATORIO EN MATERIA DE CAMBIO CLIMÁTICO</b>	<b>55-59</b>
<b>3.1 LA CONVENCIÓN MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO</b>	<b>57</b>
3.1.1 OBJETIVO	
3.1.2 PRINCIPIOS BÁSICOS	
3.1.3 COMPROMISOS PARA TODAS LAS PARTES	
3.1.4 COMPROMISOS PARA LOS PAÍSES EN DESARROLLO	
<b>3.2 PROTOCOLO DE KIOTO</b>	<b>58</b>
<b>3.3 LA POLÍTICA AMBIENTAL DE CHILE Y SU VINCULACIÓN CON EL CAMBIO CLIMÁTICO</b>	<b>58</b>
<b>4. CIRCUNSTANCIAS NACIONALES</b>	<b>61-72</b>
<b>4.1 PERFIL GEOGRÁFICO</b>	<b>63</b>



<b>4.2 PERFIL CLIMÁTICO</b>	<b>63</b>
<b>4.3 PERFIL DEMOGRÁFICO</b>	<b>64</b>
<b>4.4 PERFIL ECONÓMICO</b>	<b>65</b>
4.4.1 SECTOR ENERGÉTICO	
4.4.2 USO DEL SUELO	
<b>4.5 DESCRIPCIÓN DE ACCIONES EJECUTADAS EN FORMA PREVIA O PARALELA A LA IMPLEMENTACIÓN DE LA CMCC</b>	<b>69</b>
4.5.1 REDES DE OBSERVACIÓN Y ACTIVIDADES CIENTÍFICAS	
4.5.2 ACCIONES EMPRENDIDAS EN EL SECTOR ENERGÉTICO	
4.5.3 ACCIONES EMPRENDIDAS EN EL SECTOR NO ENERGÍA	
<b>5. IMPLEMENTACIÓN DE LOS COMPROMISOS DE LA CONVENCIÓN MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO</b>	<b>73-79</b>
<b>5.1 MARCO INSTITUCIONAL</b>	<b>75</b>
5.1.1 COMITÉ NACIONAL ASESOR SOBRE CAMBIO GLOBAL	
5.1.2 LINEAMIENTOS ESTRATÉGICOS EN MATERIA DE CAMBIO CLIMÁTICO EN CHILE: PLAN DE TRABAJO	
<b>5.2 REPRESENTACIÓN INTERNACIONAL</b>	<b>76</b>
5.2.1 PARTICIPACIÓN DE CHILE EN EL PROCESO DE NEGOCIACIÓN INTERNACIONAL DE LA CONVENCIÓN Y EL PROTOCOLO DE KIOTO	
<b>5.3 PROYECTOS DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL EJECUTADOS Y EN EJECUCIÓN</b>	<b>76</b>
5.3.1 INVENTARIO NACIONAL PRELIMINAR DE GEI, 1993	
5.3.2 "REDUCCIÓN DE GASES PRODUCTORES DEL EFECTO INVERNADERO EN CHILE"	
5.3.3 "CAPACITACIÓN DE CHILE PARA CUMPLIR SUS COMPROMISOS CON LA CONVENCIÓN MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO"	
5.3.4 "REMOCIÓN DE BARRERAS PARA LA ELECTRIFICACIÓN RURAL CON ENERGÍAS RENOVABLES"	
5.3.5 PATROCINIO A PROYECTOS SOBRE ACTIVIDADES IMPLEMENTADAS CONJUNTAMENTE	
5.3.6 PATROCINIO A PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN ASOCIADOS A CAPTURA DE CARBONO	
5.3.7 CONVENIO DE COOPERACIÓN ENTRE USEPA Y CONAMA	
5.3.8 OTROS ESTUDIOS	
<b>6. RESULTADOS DEL INVENTARIO DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, DEL ANÁLISIS DE LAS OPCIONES DE MITIGACIÓN Y DE LA EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD Y ADAPTACIÓN</b>	<b>81-145</b>
<b>6.1 INVENTARIOS DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO</b>	<b>83</b>
6.1.1 INVENTARIO PRELIMINAR DE GASES DE EFECTO INVERNADERO 1993	
6.1.2 INVENTARIO DE GASES EFECTO INVERNADERO 1994	
<b>6.2 PROYECCIONES DE EMISIONES Y SUMIDeros ANTROPOGÉNICOS DE GEI, PARA ESCENARIOS CASO BASE Y AÑO 2020 MITIGADO</b>	<b>93</b>
6.2.1 PROYECCIONES SECTOR ENERGÍA, PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE SOLVENTES: CASO BASE Y AÑO 2020 MITIGADO	
6.2.2 PROYECCIONES SECTOR NO-ENERGÍA: CASO BASE Y AÑO 2020 MITIGADO	
6.2.3 ESCENARIOS CASO BASE Y AÑO 2020 MITIGADO AGREGADOS	
6.2.4 EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA APLICACIÓN DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN EN EL SECTOR NO ENERGÍA	
<b>6.3 ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD Y ADAPTACIÓN</b>	<b>117</b>
6.3.1 ANTECEDENTES PRELIMINARES	
6.3.2 ESTUDIOS DE VULNERABILIDAD Y ADAPTACIÓN RECIENTES	
<b>7. CONCLUSIONES FINALES Y ACCIONES A EMPRENDER</b>	<b>147-152</b>
<b>7.1 CONCLUSIONES GENERALES</b>	<b>149</b>
<b>7.2 CONCLUSIONES ESPECÍFICAS</b>	<b>149</b>



# SIGLAS, UNIDADES Y COMPUESTOS QUÍMICOS

## SIGLAS

AGRI:	Modelo de simulación de variaciones en el uso de suelo agrícola
AGRIMED:	Centro de Estudios de Agricultura y Medio Ambiente. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad de Chile
AIC:	Actividades Implementadas Conjuntamente
APEC:	Comunidad Económica Asia-Pacífico
CEFOR:	Centro de Estudio Forestales de la Universidad Austral de Chile
CM:	Celulosa obtenida por proceso mecánico
CMCC:	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
CNE:	Comisión Nacional de Energía
COCHILCO:	Comisión Chilena del Cobre
CODELCO:	Corporación del Cobre de Chile
CONAF:	Corporación Nacional Forestal
CONAMA:	Comisión Nacional del Medio Ambiente
CONICYT:	Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica
COP:	Conferencia de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
CORFO:	Corporación de Fomento de la Producción
CPPS:	Comisión Permanente del Pacífico Sur
CQ:	Celulosa obtenida por proceso químico
DIRECTEMAR:	Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante
DMC:	Dirección Meteorológica de Chile
EMERES:	Empresa Metropolitana de Residuos Sólidos
EMOS:	Empresa Metropolitana de Obras Sanitarias
ENOS:	El Niño Oscilación del Sur
EULA:	Centro Universitario Internacional Europa-Latinoamérica de Investigación y Formación en Ciencias Ambientales. Universidad de Concepción
EX - SW:	Proceso metalúrgico extracción por solvente- electro-obtención
FAO:	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
FAT:	Fondo para Asistencia Técnica
FMAM:	Fondo para el Medio Ambiente Mundial
GCM:	General Circulation Models
GEF:	Global Environmental Facility (FMAM)
GEI:	Gases de Efecto Invernadero
GFDL:	Geophysical Fluid Dynamics Laboratory
GISS:	Goddard Institute of Space Studies
IFOP:	Instituto de Fomento Pesquero
INE:	Instituto Nacional de Estadísticas
INFOR:	Instituto Forestal
INIA:	Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias
INDAP:	Instituto de Desarrollo Agropecuario
JGOFS:	Joint Global Ocean Flux System
MDL:	Mecanismo de Desarrollo Limpio
MEPLAN:	Modelo Nacional para el Análisis de Estrategias de Inversión, Precios y Regulación. Dirección de Planeamiento. Ministerio de Obras Públicas
MERCOSUR:	Comunidad Económica de países del Cono Sur de América Latina
MIDEPLAN:	Ministerio de Planificación y Cooperación
MINAGRI:	Ministerio de Agricultura
MINSAL:	Ministerio de Salud
ODEPA:	Oficina de Estudios y Políticas Agrícolas
OECD:	Organisation for Economic Cooperation and Development

OMM:	Organización Meteorológica Mundial
PIB:	Producto Interno Bruto
PICC:	Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambios Climáticos
PNUD:	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
PNUMA:	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
PRIEN:	Programa de Investigación en Energía. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Universidad de Chile.
SESMA:	Servicio de Salud Metropolitano del Ambiente
SESEFE:	Sub-empresa de Servicios en Eficiencia Energética
SHOA:	Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile
SIC:	Sistema Interconectado Central
SIMPROC:	Modelo de simulación de productividad agrícola
SING:	Sistema Interconectado del Norte Grande
SISS:	Superintendencia de Servicios Sanitarios
SMHI:	Swedish Meteorological and Hydrological Institute
SNASPE:	Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado
SUBPESCA:	Subsecretaría de Pesca
TMP:	Celulosa obtenida por proceso químico-termo-mecánico
UKMO:	United Kingdom Meteorological Office
USCSP:	United States Country Studies Program
USDOE:	United States Department of Energy
USEPA:	United States Environmental Protection Agency

## UNIDADES Y EQUIVALENCIAS

1 Ggtc =	1 Gigatonelada=	$10^9$ toneladas
1 Gg =	1 Gigagramo=	$10^9$ gramos
1 ton =	1 tonelada =	$10^6$ gramos
1 Tg =	1 Teragramo =	$10^{12}$ gramos
1 Tcal =	1 Teracaloría=	$10^{12}$ calorías
1 ppm =	una parte por millón en volumen	
1 ppbv =	un parte por mil millones en volumen	
1 ha =	1 hectárea =	$10.000 \text{ m}^2$
msnm =	metros sobre el nivel del mar	

## COMPUESTOS QUÍMICOS

C:	carbono
CFC:	Clorofluorocarbonos
CH <sub>4</sub> :	metano
CO:	monóxido de carbono
CO <sub>2</sub> :	dióxido de carbono
HCFC:	Hidroclorofluorocarbonos
HFC:	Hidrofluorocarbonos
PFC:	Perfluorocarbonos
N <sub>2</sub> O:	óxido nitroso
NO <sub>x</sub> :	óxidos de nitrógeno
O <sub>3</sub> :	ozono
SF <sub>6</sub> :	hexafluoruro de azufre
SO <sub>2</sub> :	anhídrido sulfuroso
COV:	Compuestos orgánicos volátiles totales
COVNM:	Compuestos orgánicos volátiles no metánicos





# RESUMEN EJECUTIVO





## I. RESUMEN EJECUTIVO

Este documento corresponde a la Primera Comunicación Nacional de Chile ante la Conferencia de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMCC), en virtud del cumplimiento de los compromisos asumidos por Chile como país ratificante.

La Convención Marco fue firmada por Chile en la Cumbre de Río (1992), ratificada por el Congreso Nacional el 24 de diciembre de 1994 y es Ley de la República de Chile desde el 13 de abril de 1995, fecha de su publicación en el Diario Oficial.

Este Resumen Ejecutivo contiene una breve reseña de los capítulos correspondientes a Circunstancias Nacionales, Implementación de la CMCC en Chile, los resultados de los estudios realizados respecto de inventarios y análisis de opciones de mitigación, vulnerabilidad y adaptación, para finalmente exponer las principales conclusiones obtenidas luego de elaborar esta Primera Comunicación Nacional.

### I.1 CIRCUNSTANCIAS NACIONALES

Chile continental está ubicado entre los 17°30' y 56°30' de latitud Sur, en el margen occidental de Sudamérica, cubriendo una superficie total de 2.006.096 km<sup>2</sup>, de los cuales 756.096 km<sup>2</sup> corresponden a Chile Continental y sus posesiones oceánicas, y 1.250.000 km<sup>2</sup> corresponden al Territorio Antártico Chileno. El territorio continental se extiende a lo largo de 4.300 km entre sus puntos extremos norte y sur, siendo la distancia promedio este-oeste de 232.5 km, lo que hace de Chile el país más largo y angosto del mundo.

El territorio nacional se divide administrativamente en 13 regiones, extendidas desde la I Región de Tarapacá en el norte, a la XII Región de Magallanes y Antártica Chilena, en el sur. La extrema longitud del país, las barreras naturales formadas por ambas cordilleras y las corrientes marinas subtropicales en el norte y polares en el sur, dan como resultado una gran diversidad biológica y climática entre sus regiones, la que se manifiesta no sólo en sentido latitudinal sino también longitudinal.

Se ha estimado que la población total de Chile, en 1998, alcanzó los 14.821.714 habitantes, con una tasa media de crecimiento anual del 1,4 %.

El desarrollo económico chileno ha establecido sus bases, históricamente, en la explotación de sus recursos naturales, tanto renovables como no renovables. Los sectores económicos de mayor relevancia son la minería, la pesca extractiva, las manufacturas y el sector agrícola-forestal.

Chile es un país en desarrollo que ha tenido un crecimiento eco-

## EXECUTIVE SUMMARY

This document corresponds to Chile's First National Communication to the Conference of the Parties to the United Nations Framework Convention on Climate Change (FCCC), in virtue of the compliance with the commitments made by the country on climate change matters. The Framework Convention was signed by Chile at the Rio Summit (1992), ratified by the National Congress on December 24, 1994 and became a Law of the Republic on April, 13, 1995, the date of its publication in the Official Newspaper.

This Executive Summary contains a brief abstract on the chapters on National Circumstances, Implementation of the FCCC in Chile, the results of the inventory studies and the mitigation, vulnerability and adaptation options analyses performed, and, lastly, the main conclusions reached after finishing this First National Communication.

### I.1 NATIONAL CIRCUMSTANCES

Chile's continental territory is located between 17°30' and 56°30' latitude south, on the western edge of South America. The total surface area is 2,006,096 km<sup>2</sup>, of which 756,096 km<sup>2</sup> correspond to continental Chile and its ocean territories and 1,250,000 km<sup>2</sup> to the Chilean Antarctic Territory. Continental Chile spans 4,300 kilometers from north to south. The average east-west distance is 232.5 km, making Chile the longest and narrowest country in the world.

Chile is divided into 13 administrative regions, from the First Region of Tarapacá in the north to the Twelfth Region of Magallanes and the Chilean Antarctic in the south. The great length of the country, the natural barriers formed by the mountain ranges and by the subtropical ocean currents in the north and the polar currents in the south provide Chile with its great biological and climatic diversity that can be seen not just from north to south but also from east to west.

The estimated population of Chile in 1998 was 14,821,714, with an average annual growth rate of 1.4%.

Chile's economic development throughout its history has been based on exploiting its natural resources, both renewable and non-renewable. The most important economic sectors are mining, industrial fishing, manufacturing and agriculture and forestry.



nómico alto y sostenido durante la última década, alcanzando tasas anuales de alrededor de 7%. Como resultado, se ha conseguido un ingreso per cápita anual creciente, que, en 1997, superó los US\$ 5.000. El desarrollo económico de Chile ha puesto especial énfasis en el comercio internacional, lo que ha conducido a un proceso de internacionalización profunda de su economía, en el cual el país ha subido sus niveles de participación en los flujos globales de comercio y factores.

El acelerado crecimiento económico señalado en el punto anterior, ha provocado un aumento importante del consumo energético en el país. Entre 1990 y 1996, tanto el Producto Interno Bruto (PIB) como el promedio anual del consumo de energía, crecieron a una tasa del 7,4% promedio anual.

El abastecimiento primario de energía proviene, básicamente, del petróleo crudo y la hidroelectricidad. El petróleo proviene casi en su totalidad de mercados externos, pues la escasa disponibilidad del recurso en el país sólo permite cubrir el 4,7% de las necesidades (1996).

La superficie del territorio continental alcanza aproximadamente los 756.096 km<sup>2</sup> (75.609.600 hectáreas); los bosques de Chile cubren 15.647.894 hectáreas, las que representan un 20,7 % del territorio nacional; los terrenos agrícolas, junto a las plantaciones forestales, alcanzan aproximadamente unos 6 millones de hectáreas.

El Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE), formado por 90 unidades territoriales, cubre una superficie de 13.837.458 hectáreas. Un 30% de los bosques del país se encuentran representados en el SNASPE.

## **1.2 IMPLEMENTACIÓN DE LOS COMPROMISOS DE LA CONVENCIÓN DE CAMBIO CLIMÁTICO**

Dada la relevancia que el tema de cambio climático estaba adquiriendo para el país, tanto a nivel del proceso de negociación internacional, como por el inicio de proyectos de cooperación en esta materia, se hizo necesaria la creación de una instancia interinstitucional que sirviera de mesa para el debate y para la asesoría gubernamental en la toma de decisión sobre este tema. Para ello, el 29 de mayo de 1996 se materializó la creación del Comité Nacional Asesor sobre Cambio Global (CNAG), mediante Decreto Supremo N° 466 del Ministerio de Relaciones Exteriores, publicado en dicha fecha en el Diario Oficial.

Su estructura de funcionamiento se formalizó en abril de 1998, oportunidad en que se establecieron grupos de trabajo específicos y se definió una agenda de tareas para el corto y mediano plazo. La Comisión Nacional del Medio Ambiente ejerce la presidencia de este Comité, en tanto el Ministerio de Relaciones Exteriores asume la vicepresidencia.

*Over the past decade Chile has experienced steady high economic growth rates of up to 7% per annum. As a result, the country's per capita income has increased, reaching over \$5,000 dollars in 1997. Chile's economy has focused on international commerce, which has led to the globalization of its economy, through an increase in the country's participation in the global flow of commerce and factors of production.*

*The rapid economic growth mentioned in the previous paragraph has driven the increase in energy use in the country. Between 1990 and 1996, both the Gross Domestic Product (GDP) and the average annual energy consumption increased at 7.4%.*

*The primary sources of energy are crude oil and hydroelectricity. Almost all of the oil is imported due to the lack of oil reserves in Chile, which only cover 4.7% (1996) of domestic demand.*

*The total area of continental Chile is approximately 756,096 sq. kilometers (75,609,600 hectares). The forests of Chile cover 15,647,894 hectares, representing 20.7% of Chile's territory. Agricultural land and forest plantations cover approximately 6 million hectares.*

*The State's National Protected Wilderness Area System (SNASPE) consists of 90 land units and covers 13,837,458 hectares. Thirty percent of the country's forest area is included in this system.*

## **1.2 IMPLEMENTATION OF THE CLIMATE CHANGE CONVENTION COMMITMENTS**

*Given the increased importance of climate control in the country, both due to the international negotiation process and the beginning of cooperation projects in this area, it was necessary to create a body representing several institutions to serve as a forum for debate and to advise the government on climate control related decisions. For this purpose, on May 29, 1996, the National Advisory Committee on Global Change (CNAG) was created by the Ministry of Foreign Affairs through Supreme Decree N°466, published in the Official Newspaper on this same day.*

*In April, 1998 its working structure was defined. Specific work groups were formed and an agenda of tasks was developed for the short and mid-term. The National Commission for the Environment serves as the Chair of the Committee and the Ministry of Foreign Affairs as Vice-Chair.*

Originalmente, el Decreto Supremo que estableció este Comité, incluyó además la participación de un representante de las siguientes instituciones:

- Ministerio de Agricultura
- Comisión Nacional de Energía
- Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante
- Dirección Meteorológica de Chile
- Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile
- Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica, y
- Academia Chilena de Ciencias.

Debido a que las materias tratadas requerían de una amplia participación interdisciplinaria, a partir de 1998, se invitó a conformar el Pleno del Comité a otras instituciones, de modo de incluir sectores productivos, empresariales y de la administración del Estado, vinculados al desarrollo económico. Las instituciones invitadas fueron:

- Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción
- Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones
- Empresa Nacional de Petróleos
- Confederación de la Producción y el Comercio
- Fundación Chile
- Comisión Chilena del Cobre
- Corporación del Cobre de Chile
- Red de Acción Climática para América Latina
- Pontificia Universidad Católica de Chile

El Pleno se reúne periódicamente a sesionar sobre temas relevantes para el país en materia de cambio climático. A objeto de cubrir adecuadamente las materias de este Comité, se han conformado grupos de trabajo específicos en temas como transferencia de tecnologías, cambio de uso de la tierra, mecanismos de flexibilización del protocolo de Kioto, entre otros. Dependiendo de la naturaleza y relevancia de los temas tratados, el Comité recurre a las decisiones del Consejo Directivo de CONAMA.

*Originally, the Supreme Decree that created the Committee, in addition to CONAMA and the Ministry of Foreign Affairs, provided for representatives from the following institutions:*

- Ministry of Agriculture*
- National Energy Commission*
- General Directorate of Maritime Territory and the Merchant Marine*
- Chilean Meteorological Service*
- The Chilean Naval Hydrographic and Oceanographic Service*
- National Science and Technology Research Commission*
- Chilean Academy of Science*

*As the matters to be discussed required the participation of many different institutions, in 1998 several other institutions were invited to join the Plenary Committee in order to have representation for other sectors related to economic development, such as production, business as well as governmental administration bodies and research organisations. The institutions invited to participate are listed below:*

- Ministry of the Economy, Development and Reconstruction*
- Ministry of Transportation and Telecommunication*
- National Oil Company*
- Production and Commerce Confederation*
- Fundación Chile*
- Chilean Copper Commission*
- Chilean Copper Corporation*
- Climate Action Network for Latin America*
- Catholic University of Chile*

*The Plenary Committee meets regularly to discuss important issues dealing with climate change. In order to sufficiently cover the matters dealt with by the Committee, specific working groups have been formed on specific subjects such as technology transfer, land use change, and the Kyoto Protocol flexible mechanisms, among others. Depending on the nature and importance of the subjects, the Committee will turn to CONAMA's Council of Ministers for decisions.*

### 1.2.1 LINEAMIENTOS ESTRATÉGICOS Y PLAN DE TRABAJO SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO

Una labor central del Comité ha sido la elaboración de los Lineamientos estratégicos en materia de cambio climático en Chile, que fueron aprobados en la sesión del Consejo Directivo de la Comisión Nacional del Medio Ambiente, realizada el 6 de diciembre de 1998 y sirvieron de base para preparar un Plan de Trabajo sobre Cambio Climático. El plan contiene acciones específicas para ejecutar los siguientes lineamientos centrales:

- Reafirmación de los compromisos establecidos en la CMCC
- Promoción de la ratificación del Protocolo de Kioto
- Participación de sectores relevantes y expertos chilenos en la discusión de los mecanismos económicos establecidos en el Protocolo de Kioto
- Utilización del mecanismo de desarrollo limpio (MDL)
- Diseño de orientaciones básicas respecto de nuevas formas de limitación y/o reducción de emisiones de gases de efecto invernadero para los países en desarrollo
- Generación y aplicación de un Plan de Acción Nacional en Cambio Climático
- Creación de un fondo especial para la investigación técnica y científica y la capacitación en cambio climático en Chile

### 1.2.1 STRATEGIC GUIDELINES AND WORKING PLAN ON CLIMATE CHANGE

One of the Committee's main duties has been the creation of the Strategic guidelines on climate change in Chile, approved on December 6, 1998 by CONAMA's Council of Ministers. These guidelines were used to prepare a Working Plan on Climate Change. The plan consists of specific actions to be taken in order to pursue the following main objectives:

- Reaffirm the commitments assumed in the FCCC
- Promote the ratification of the Kyoto Protocol
- Participation of the relevant sectors and Chilean specialists in discussing the economic mechanisms set forth in the Kyoto Protocol
- Application of the Clean Development Mechanism (CDM)
- Design basic guidelines on new ways to limit and/or reduce the emission of greenhouse gases for developing countries
- Develop and implement a National Action Plan for Climate Change
- Create a special fund for technical and scientific research and training in climate change in Chile

### 1.3 RESULTADOS DEL INVENTARIO DE GASES DE EFECTO INVERNADERO Y OTROS GASES, AÑOS 1993 Y 1994

El inventario incluyó el Sector Energía y Sector No Energía. Se realizó para 1993 en forma preliminar; y se actualizó para 1994, de modo de estar en condiciones de reportar el año de referencia acordado por la Convención para los países en desarrollo. La metodología empleada corresponde a la directrices elaboradas por el PICC e incorpora las modificaciones introducidas en 1996. Los coeficientes de emisión usados para los cálculos de emisiones fueron aquellos valores por defecto sugeridos por el PICC, en las ocasiones en que no se dispuso de coeficientes que dieran cuenta de condiciones propias del país.

Este inventario incluye los gases de efecto invernadero directo ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  y  $\text{N}_2\text{O}$ ) controlados por la CMCC y bajo la categoría Otros Gases, se agrupa a los precursores de ozono y aerosoles ( $\text{NO}_x$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{COVNM}$ ,  $\text{SO}_2$ ), los hidrofluorocarbonos (HFC), los prefluorocarbonos (PFC) y el hexafluoruro de azufre ( $\text{SF}_6$ ), si bien estos tres últimos fueron incluidos como gases controlados sólo a partir de la

### 1.3 RESULTS OF THE INVENTORY ON GREENHOUSE GASES AND OTHER GASES, 1993 AND 1994

This inventory included the Energy and Non-Energy Sectors and was done on a preliminary basis for the year 1993 and was then updated for 1994, in order to report on the reference year agreed upon by the Convention for developing countries. The methodology used corresponds to the guidelines drawn up by the IPCC and includes the changes introduced in 1996. The emission factors used for emission calculations were those suggested by the IPCC for those cases where no factors were available that could accurately reflect the conditions in the country.

The inventory includes direct greenhouse gases ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  and  $\text{N}_2\text{O}$ ) controlled by the FCCC and, under the Other Gases category, ozone precursors and aerosols ( $\text{NO}_x$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{COVNM}$ ,  $\text{SO}_2$ ), hydrofluorocarbons (HFC), prefluoro-carbons (PFC) and sulfur hexafluoride ( $\text{SF}_6$ ), even though the last three gases were only included as controlled gases as of the Third Meeting

Junto a la elaboración del inventario para ambos sectores, se diseñó un software para el almacenamiento, manejo y actualización de los datos básicos que permiten el posterior cálculo de emisiones.

### 1.3.1 SECTOR ENERGÍA, PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE SOLVENTES

El inventario de este sector incluyó el sector energía (producción y consumo), los procesos industriales y el uso de solventes.

Los resultados del inventario de emisiones de GEI y Otros Gases, realizado para los sectores productores y usuarios de energía, se indica en la Tabla 1.1

of the Conference of the Parties.

Along with the inventory created for both sectors, a software was designed for the storage, management and updating of the basic data that are used to calculate emissions.

### 1.3.1 ENERGY, INDUSTRIAL PROCESSES AND SOLVENTS USE SECTOR

The inventory for this sector includes energy (production and consumption), industrial processes and the use of solvents.

The results of the GHG and other gases emission inventory for the production and energy using sectors is displayed in Table 1.1.

**TABLA 1.1 EMISIONES DE GEI Y OTROS GASES - SECTOR ENERGÍA (Gg)**  
**TABLE 1.1 EMISSIONS OF GHG AND OTHER GASES BY THE ENERGY SECTOR, 1994. (Gg)**

	<b>Gases de Efecto Invernadero</b> <b>Greenhouse Gases</b>			<b>Otros Gases</b> <b>Other Gases</b>			
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO	NO <sub>x</sub>	COVNM	SO <sub>2</sub>
<i>Sector Energía</i>							
Industrias de la energía	8.439,8	0,2	0,1	3,0	25,7	0,6	58,8
<i>Energy Industries</i>							
Manufactura y construcción	9.255,3	1,6	0,2	32,8	38,8	2,7	48,5
<i>Manufacturing and Construction</i>							
Transporte	12.695,3	2,1	1,1	378,3	77,7	74,2	6,1
<i>Transportation</i>							
Comercial, residencial, institucional	4.049,6	28,9	0,4	464,5	14,9	55,7	27,8
<i>Commercial, Residential, institutional</i>							
Agricultura/pesca/silvicultura	787,1	0,7	-	6,0	4,6	1,1	5,0
<i>Agriculture /fishing /forestry</i>							
Fuentes fugitivas	-	40,7	-	0,7	0,4	13,2	6,8
<i>Fugitive Emissions</i>							
<b>TOTAL</b>	<b>35.227,0</b>	<b>74,1</b>	<b>1,7</b>	<b>885,2</b>	<b>161,9</b>	<b>147,5</b>	<b>153,0</b>

\*Note: Spanish numbering systems use a period (.) to indicate thousands and a comma to indicate decimal values. This is applicable to every table and figure in the text.

El inventario de emisiones de GEI y otros Gases del sector Procesos Industriales y Uso de Solventes, se indica en la Tabla 1.2.

The GHG and other Gases emissions inventory for Industrial Processes and Solvent Use is shown in Table 1.2.

### 1.3.2 SECTOR NO ENERGÍA

El inventario incluyó tres módulos: Agricultura, Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura y Gestión de Residuos. Los gases inventariados fueron CO<sub>2</sub>, CO, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, NO<sub>x</sub> y COVNM.

Para los módulos Agricultura y Gestión de Residuos, las guías PICC/OCDE revisadas (1996) fueron aplicadas sin modificaciones substanciales. El tratamiento metodológico del segundo módulo, Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura, requirió de una readecuación que, respetando las bases metodológicas originales, reflejara la situación nacional.

### 1.3.2 NON-ENERGY SECTOR

The inventory included three modules: Agriculture, Land Use Change and Forestry, and Waste Management. The gases inventoried were CO<sub>2</sub>, CO, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, NO<sub>x</sub> and COVNM.

The revised IPCC/OECD guidelines (1996) were applied without major changes for the Agriculture and Waste Management segments. The second module, Land Use Change and Forestry, required an adaptation that, maintaining the original methodological basis, could reflect conditions in Chile.

**TABLA 1.2 EMISIONES DE GEI Y OTROS GASES - PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE SOLVENTES, AÑO 1994 (Gg)**

**TABLE 1.2 GHG AND OTHER GAS EMISSIONS - INDUSTRIAL PROCESSES AND SOLVENTS USE, 1994 (Gg)**

Sector	Gases de Efecto Invernadero Greenhouse Gases			Otros Gases Other Gases				
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO	NO <sub>x</sub>	COVNM	SO <sub>2</sub>	HFC, PFC, SF <sub>6</sub>
Procesos industriales <i>Industrial processes</i>	-	-	-	-	-	-	-	-
Cobre <i>Copper</i>	-	-	-	-	-	-	1.775,3	-
Cemento <i>Cement</i>	1.021,1	-	-	-	-	-	0,8	-
Asfalto <i>Asphalt</i>	-	-	-	-	-	45,6	-	-
Vidrio <i>Glass</i>	-	-	-	-	-	0,2	-	-
Productos químicos <i>Chemicals</i>	-	2,1	0,8	-	1,0	0,7	24,5	-
Acero y hierro <i>Steel and Iron</i>	812,2	-	-	1,2	0,1	0,1	1,8	-
Ferroatomías <i>Iron Alloys</i>	36,7	-	-	-	-	-	-	-
Papel y pulpa <i>Pulp and Paper</i>	-	-	-	9,8	2,6	6,5	12,7	-
Alimentos y bebidas <i>Food and Beverages</i>	-	-	-	-	-	24,7	-	-
Refrigeración, extintores y otros <i>Refrigeration, fire extinguishers, others</i>	-	-	-	-	-	-	-	0,0
<b>Subtotal</b>	<b>1.870,0</b>	<b>2,1</b>	<b>0,8</b>	<b>11,0</b>	<b>3,7</b>	<b>77,8</b>	<b>1.815,1</b>	<b>0,0</b>
Solventes <i>Solvents</i>	-	-	-	-	-	-	-	-
Producción de pintura <i>Paint production</i>	-	-	-	-	-	1,0	-	-
Uso industrial de pintura <i>Industrial use of paint</i>	-	-	-	-	-	9,3	-	-
Uso residencial de pintura <i>Residential use of paint</i>	-	-	-	-	-	6,9	-	-
Pintura de autos <i>Car painting</i>	-	-	-	-	-	7,5	-	-
Solventes de uso doméstico <i>Solvents for household use</i>	-	-	-	-	-	2,6	-	-
Lavasecos <i>Dry cleaners</i>	-	-	-	-	-	1,0	-	-
Subtotal	-	-	-	-	-	28,4	-	-
<b>Total Sectores Sector Total</b>	<b>1.870,0</b>	<b>2,1</b>	<b>0,8</b>	<b>11,0</b>	<b>3,7</b>	<b>106,2</b>	<b>1.815,1</b>	<b>0,0</b>

El inventario de emisiones de GEI y Otros Gases para el sector No Energía se indica en la Tabla 1.3.

The emissions inventory for GHG and Other Gases for the Non-Energy sector is shown in Table 1.3.

**TABLA 1.3 EMISIONES NETAS DE GEI Y OTROS GASES - SECTOR NO ENERGÍA, AÑO 1994 (Gg)**

**TABLE 1.3 NET GHG AND OTHER GAS EMISSIONS FOR THE NON-ENERGY SECTOR, 1994 (Gg)**

Módulo/submódulo Segment/sub-segment	Gases de Efecto Invernadero Greenhouse Gases			Otros Gases Other Gases		
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO	NO <sub>x</sub>	COVNM
Agricultura:	0,00	321,79	20,64	50,35	2,88	2,59
Agriculture:						
Cultivo de arroz	0,00	6,40	0,00	0,00	0,00	0,00
Rice cultivation						
Ganadería doméstica	0,00	313,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Livestock						
Lixiviación	0,00	0,00	3,58	0,00	0,00	0,00
Leaching						
Cultivo de suelos	0,00	0,00	15,90	0,00	0,00	0,00
Land cultivation						
Quema de rastrojos <sup>1</sup>	1.223,64	2,40	1,98	50,35	2,88	2,59
Burning of Agricultural Residues						
Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura	-29.709,27	111,33	0,77	974,153	27,66	50,64
Land Use Change and Forestry						
Gestión Silvícola	-1.899,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Forestry management						
Habilitación	2.629,94	4,94	0,03	43,20	1,23	2,22
Clearing						
Substitución	5.451,95	7,54	0,05	65,99	1,87	3,40
Substitution						
Floreo	6.917,01	7,37	0,05	64,47	1,83	3,32
Flowering						
Abandono (regeneración natural)	-50.917,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Abandonment of managed land (natural regeneration)						
Quema de desechos forestales <sup>2</sup>	17.940,44	58,42	0,40	511,20	14,52	26,33
Burning of forest residues <sup>2</sup>						
Incendios forestales	7.856,34	33,06	0,23	289,30	8,22	15,37
Forest fires						
Urbanización	252,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Urbanization						
Gestión de residuos	0,00	83,97	0,67	0,00	0,00	0,00
Waste Management						
Aguas servidas	0,00	0,15	0,67	0,00	0,00	0,00
Domestic wastewaters						
Residuos industriales líquidos	0,00	10,08	0,00	0,00	0,00	0,00
Industrial wastewaters						
Residuos sólidos domiciliarios	0,00	73,74	0,00	0,00	0,00	0,00
Household solid waste						
Residuos sólidos industriales	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Industrial solid waste						
<b>Total sector Gg</b>	<b>-29.709,27</b>	<b>517,10</b>	<b>22,08</b>	<b>1.024,50</b>	<b>30,54</b>	<b>53,24</b>
<b>Total Gg de CO<sub>2</sub>equiv.</b>	<b>-29.709,27</b>	<b>5.688,1</b>	<b>7.065,6</b>			

<sup>1</sup> De acuerdo a la metodología en uso, la quema de rastrojos no se traduce en emisión de CO<sub>2</sub>, dado que se trata de biomasa sintetizada dentro del año y regenerable en un año plazo.

<sup>2</sup> De acuerdo a la metodología en uso, la quema de desechos forestales no se traduce en emisión de CO<sub>2</sub>, dado que se trata de biomasa sintetizada dentro del año y regenerable en un año plazo.

<sup>1</sup> According to the methodology used, burning of agricultural residues does not lead to CO<sub>2</sub> emissions since this is biomass that is synthesized in a year and can be regenerated in one year.

<sup>2</sup> According to the methodology used, burning of forest residues does not lead to CO<sub>2</sub> emissions since this is biomass that is synthesized in a year and can be regenerated in one year.

### 1.3.3 RESULTADOS AGREGADOS DEL INVENTARIO DE GEI Y OTROS GASES, AÑO 1994

### 1.3.3 AGGREGATE RESULTS OF THE GHG AND OTHER GASES INVENTORY, 1994

The Aggregate Emissions Inventory for the Energy and Non-Energy Sectors is

El Inventario Agregado de emisiones de los Sectores Energía y No Energía se muestra en la Tabla 1.4. displayed in Table 1.4.

TABLA 1.4 ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES TOTALES DE GEI Y OTROS GASES, AÑO 1994 (Gg)

TABLE 1.4 ESTIMATE OF TOTAL EMISSIONS OF GHG AND OTHER GASES, 1994 (Gg)

Sectores	Gases de Efecto Invernadero Greenhouse Gases			Otros Gases Other Gases			
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO	NO <sub>x</sub>	COVNM	SO <sub>2</sub>
<b>Energía, Procesos Industriales, Uso de solventes</b> <b>Energy, Industrial Processes, Solvents use</b>							
Combustión de energéticos <i>Energy Combustion</i>	35.227,0	74,2	1,8	885,3	162,1	147,5	153,0
Procesos industriales <i>Industrial Processes</i>	1870,0	2,1	0,8	11,0	3,7	77,8	1.815,1
Uso de solventes <i>Solvents Use</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	28,4	0,0
Subtotal	37.097,0	76,3	2,6	896,3	165,8	253,7	1.968,1
<b>No energía</b> <b>Non-energy</b>							
Agricultura <i>Agriculture</i>	0,0	321,8	20,64	50,4	2,9	2,6	-
Cambio Uso de la Tierra y Silvicultura <i>Land Use Change and Forestry</i>	-29.709,3	111,3	0,8	974,2	27,7	50,6	-
Gestión de residuos <i>Waste Management</i>	0,0	84,0	0,7	0,0	0,0		-
Subtotal	-29.709,3	517,1	22,08	1.024,6	30,6	53,2	-
<b>Total país Gg</b> <b>Country Total Gg</b>	<b>7.387,3</b>	<b>593,4</b>	<b>24,68</b>	<b>1.920,9</b>	<b>196,4</b>	<b>306,9</b>	<b>1.968,1</b>

La Tabla 1.3 de la sección anterior indica las emisiones netas de GEI en cada subsector bajo estudio del módulo No Energía ; en el sector Energía, Procesos Industriales, Uso de solventes, en cambio, sólo se obtienen emisiones brutas debido a la ausencia de sumideros en este sector. Si se analizan las emisiones y capturas brutas, se obtiene el balance entre fuentes y sumideros de dióxido de carbono que se muestra en la Tabla 1.5.

Table 1.3 in the previous section shows the net GHG emissions in each sub-sector studied in the Non-energy module. In the Energy, Industrial Processes and Solvents use module, only gross emissions are available due to the absence of sinks in this sector. If the gross emissions and capture are analyzed, the balance between the sources and sinks of carbon dioxide shown in Table 1.5 can be obtained.

TABLA 1.5 BALANCE AGREGADO DE FUENTES Y SUMIDEROS DE CO<sub>2</sub>, AÑO 1994 (Gg)

TABLE 1.5 AGGREGATE BALANCE OF CO<sub>2</sub> SOURCES AND SINKS, 1994 (Gg)

Sector	Emisión/Sources	Captura/Sinks	Saldo neto/Net Balance
Energía/Proc./Ind./Solv. <i>Energy/Ind. Proc./Solv.</i>	37.097,0	0,0	37.097,0
No Energía <i>Non-energy</i>	58.043,3	87.752,6	-29.709,3
<b>Totales</b> <b>Totals</b>	<b>95.140,3</b>	<b>87.752,6</b>	<b>7.387,7</b>



El balance agregado de emisiones correspondientes al Año 1994, expresado en Gg de CO<sub>2</sub> equiv se indica en la Tabla 1.6.

The Aggregate emissions balance for 1994, expressed in Gg of CO<sub>2</sub> equiv. is indicated in Table 1.6.

**TABLA 1.6 BALANCE AGREGADO DE EMISIONES GEI (Gg DE CO<sub>2</sub> EQUIV), AÑO 1994**

**TABLE 1.6 AGGREGATE GHG EMISSIONS BALANCE (Gg OF CO<sub>2</sub> EQUIV), 1994**

Sector	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	Total
Energía/Proc. Ind./Solv. Energy/Ind. Proc./Solv.	37.097,0	839,3	832,0	38.768,3
No Energía Non-Energy	-29.709,3	5.688,1	7.065,6	-16.955,6
<b>Totales</b> <b>Totals</b>	<b>7.387,7</b>	<b>6.527,4</b>	<b>7.897,6</b>	<b>21.812,7</b>

### 1.3.4 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

El inventario agregado de todos las fuentes y sumideros de GEI en Chile, durante el año base de inventario 1994, condujo a una emisión neta de 7.387,7 Gg de CO<sub>2</sub>, proveniente de 95.140,3 Gg emitidos y 87.752,60 Gg capturados. El mayor emisor en el año inventariado fue el sector No Energía con una emisión bruta de 58.043,3 Gg de CO<sub>2</sub>.

Para los otros gases inventariados, se observó emisiones netas de 593,4 Gg de CH<sub>4</sub>, en su mayoría asociadas a la agricultura; 1.921 Gg de CO, en las que la participación de los sectores Energía, Procesos Industriales y Uso de Solventes y No-Energía se muestra balanceada; 24,68 Gg de N<sub>2</sub>O, cuya fuente principal es la agricultura y 196,4 Gg de NOx, provenientes en su mayoría de la combustión de energéticos. El inventario también reportó las emisiones de SO<sub>2</sub>, que alcanzan los 1,968 Gg provenientes de la industria del cobre.

Desde una perspectiva sectorial, el emisor más importante de CO<sub>2</sub> en el Sector Energía, Procesos Industriales y Uso de solventes, es el Transporte, seguido de los sectores Manufactura y Construcción y Residencial Comercial e Institucional. En el sector No Energía, el módulo Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura, a la vez de ser el principal emisor de CO<sub>2</sub>, es responsable de una captura capaz de compensar estas emisiones y generar un saldo neto de captura en el sector. Esta captura es generada, en su mayor parte, por la regeneración natural en tierras abandonadas.

Los datos que sirvieron de base a los inventarios sectoriales no presentan una desagregación geográfica común: en tanto el sector Energía, Procesos Industriales y Uso de Solventes se elaboró sobre cifras nacionales, para los sectores Agricultura, Cambio de Uso de la Tierra y Gestión de Residuos, se dispuso de información de escala regional. La regionalización de ambos inventarios, a escalas geográficas compatibles, es un paso necesario para una mejor caracterización del patrón de emisiones y una posterior evaluación de las medidas de mitigación factibles de aplicar en cada sector.

### 1.3.4 ANALYSIS OF THE RESULTS

The aggregate inventory of all the GHG sources and sinks in Chile during the base inventory year (1994) yielded net emissions of 7,387.7 Gg of CO<sub>2</sub>, from 95,140.3 Gg emitted and 87,752.6 Gg captured. The largest emissions source for the inventory year was the Non-energy sector with gross emissions of 58,043.3 Gg of CO<sub>2</sub>.

For the other gases inventoried, there were net emissions of CH<sub>4</sub> equaling 7,387.7 Gg, mostly from agriculture, 1,921 Gg of CO, evenly distributed between the Energy, Industrial Processes and Solvent Use and Non-Energy sectors. The emissions of N<sub>2</sub>O totaled 24.68 Gg, mainly produced by agriculture and 196.4 Gg of NOx produced primarily by energy combustion. The inventory also showed SO<sub>2</sub> emissions of 1,968 Gg from the copper industry.

From a sectoral perspective, the main source of CO<sub>2</sub> emissions in the Energy, Industrial Processes and Solvents use sector is Transportation, followed by Manufacturing and Construction, and Residential, Commercial and Institutional. In the Non-energy sector, the Land Use Change and Forestry module is both the main producer of CO<sub>2</sub> and responsible for a capture that is able to compensate for these emissions and generate a net capture balance in the sector. This capture is generated, primarily, through natural regeneration in abandoned lands.

The baseline data used for the sectoral inventories do not all reflect the same geographic breakdown: for the Energy, Industrial Processes and Solvent Use sector, national statistics were used; however, for the Agriculture, Land Use Change and Waste Management sectors, regional information was used. In order to accurately describe the emissions patterns and then evaluate the mitigation measures that are feasible in each sector, it is first necessary to have both inventories at a regional level, using a compatible geographic scale.

Resulta necesario, a su vez, la actualización de estos inventarios de modo de disponer de información relativa a tendencias, áreas sensibles, respuesta del inventario a condiciones climáticas extremas (particularmente sequía), económicas (fluctuaciones de precios internacionales, interconexión energética, etc.), evolución de aspectos tecnológicos y cambios posibles de procesos en algunas ramas, subsectores y/o procesos y otras variables significativas, de modo de proponer y evaluar, sobre la base de la mejor información disponible, las medidas de mitigación factibles de aplicar, sus costos y beneficios y, finalmente, los actores sociales sobre los cuales recaerán estos costos y beneficios.

Adicionalmente, también se estima necesario armonizar el diseño del software de almacenamiento, manejo y actualización de datos, con el objeto de disponer de una herramienta única, amigable y útil para ambos sectores inventariados, lo que permitirá una gestión más expedita y consistente en futuras actualizaciones de esta primera comunicación.

## **I.4 PROYECCIONES DE EMISIONES Y SUMIDEROS ANTROPOGÉNICOS DE GEI, PARA ESCENARIOS CASO BASE Y AÑO 2020 MITIGADO**

Las proyecciones futuras corresponden a los escenarios Caso Base (año 2020 sin considerar medidas de mitigación) y Año 2020 Mitigado (año 2020, aplicando medidas de mitigación). La metodología para el cálculo de emisiones corresponde a aquella propuesta por las guías del PICC revisadas (1996).

En un contexto general, los escenarios proyectados consideran:

- Las tendencias macroeconómicas (evolución del PIB) y demográficas esperadas en el período
- La aplicación de reformas en el sector energético (inter-conexión gasífera y eléctrica chileno-argentina, políticas respecto del abastecimiento de petróleo y gas natural e interconexión de los sistemas de generación nacionales Sistema Interconectado Central, SIC, y el Sistema Interconectado del Norte Grande, SING)
- La aplicación de políticas sectoriales ya aprobadas, en ejecución o en vías de serlo, cuyos efectos indirectos se relacionan con el aumento o disminución de emisiones de GEI (políticas ambientales, sanitarias y de fomento de la actividad forestal)
- Proyecciones esperadas del crecimiento de la actividad exportadora
- Proyecciones esperadas de tasas de sustitución de importacio-

Moreover, the inventories must be updated in order to have information available on trends, sensitive areas, the inventory's response to extreme climate conditions (especially drought), economic conditions (the fluctuation of international prices, energy interconnection, etc.), the evolution of technological aspects and potential process changes in certain branches, sub-sectors and/or processes and other important variables, in order to propose and assess, based on the best available information, which mitigation measures could feasibly be applied, the costs and benefits of these and, lastly, the social players on whom these costs and benefits would fall.

Furthermore, it is also important that the software designed for the storage, management and updating of the data be standardized in order to have a single, useful and user-friendly tool that can be used for both sectors and which will allow a faster and more consistent administration of information for further updating this first communication.

## **I.4 ANTHROPOGENIC GHG EMISSIONS AND SINK PROJECTIONS FOR THE BASELINE AND YEAR 2020, MITIGATED SCENARIOS**

The future projections correspond to two scenarios: Baseline scenario (the year 2020 without mitigation measures) and Year 2020, mitigated scenario (year 2020, applying mitigation measures). The methodology used to calculate emissions corresponds to that proposed by the revised IPCC guidelines (1996).

Generally speaking, the projected scenarios included the following:

- Macroeconomic trends (evolution of the GDP) and expected demographic statistics for the period
- Applying reforms in the energy sector (gas and electric interconnection between Chile and Argentina, policies affecting the supply of oil and natural gas, and the interconnection of the national generation systems of the Central Interconnected System (CIS) and the Northern Interconnected System (NIS)
- Applying sectoral policies that have already been approved, are already in place or are currently being carried out, related to the increase or decrease of GHG emissions (environmental, sanitation and forestry development policies)
- Projected growth of exports
- Estimated import substitution rates, especially for agriculture (two substitu-

- nes, particularmente en el sector agropecuario (se sensibilizó respecto de dos tasas de sustitución: 30% y 50%)
- Contexto internacional (transferencia tecnológica, crecimiento esperado de los mercados relevantes para Chile y tendencias de precios internacionales de energéticos)

La simulación de escenarios futuros sólo incorporó las variaciones de aquellos sistemas globales (productivos, de servicios o de patrones de vida), directamente vinculados a los Sectores Energía y No Energía. En tal sentido, no se analizó ni propuso cambios en las políticas de sectores como el transporte, la vivienda, la minería, el medio ambiente u otros, si bien se tiene clara conciencia que estas políticas podrían llegar a tener una influencia significativa en futuros inventarios de emisiones, o ser afectadas por los impactos del cambio climático en Chile.

## I.4.1 SECTOR ENERGÍA

Las proyecciones de emisiones de GEI provenientes del Sector Energía fueron obtenidas usando la metodología Enfoque de Usos Finales, sobre la base de la proyección del aumento o disminución de los consumos sectoriales de energía y su relación con el consumo de combustibles, incorporando la sustitución de energéticos, la interconexión regional de sistemas eléctricos y la introducción de mejoras rentables para el usuario. En los escenarios futuros no fueron incluidos los Procesos Industriales y Uso de Solventes.

### I.4.1.1 CASO BASE

Las emisiones de GEI asociadas al Sector Energía, proyectadas para el Caso Base año 2020, se indican en la Tabla 1.7.

**TABLA 1.7 ESTIMACIÓN DE EMISIONES DE GEI SECTOR ENERGÉTICO: CASO BASE (CON INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA)<sup>3</sup> (Gg)**

**TABLE 1.7 ENERGY SECTOR GHG EMISSIONS ESTIMATE: BASELINE SCENARIO (WITH ELECTRICITY INTERCONNECTION)<sup>3</sup> (Gg)**

Sectores	Gases de Efecto Invernadero Greenhouse Gases			Otros Gases Other Gases			
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO	NO <sub>x</sub>	COVMN	SO <sub>2</sub>
Industria de la energía <i>Energy Industries</i>	15.678,0	96,57	0,073	8,77	44,68	17,32	40,23
Manufactura y construcción <i>Manufacturing and Construction</i>	16.371,05	5,63	0,28	72,99	78,61	6,25	35,4
Transporte <i>Transportation</i>	54.539,9	15,8	18,2	627,1	255,6	86,8	15,4
Comercial, residencial, institucional <i>Commercial, Residential, Institutional</i>	9.534,0	13,15	0,22	199,21	16,25	24,04	17,17
Combustión de leña <sup>4</sup> <i>Burning Wood</i>	13.067	-	-	-	-	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>96.122,95</b>	<b>131,15</b>	<b>18,77</b>	<b>908,7</b>	<b>395,14</b>	<b>134,41</b>	<b>108,2</b>

tion rates were considered: 30% and 50%)

- International context (technology transfer, expected growth of the relevant markets for Chile and the trends in international energy prices)

*In simulating future scenarios, only variations of those global systems (production, services, life patterns) directly related to the Energy and Non-energy sectors were included. Thus, no proposed changes in policies in sectors such as transportation, housing, mining, the environment or others were analyzed, even though it is clear that these policies could have a significant impact on future emissions inventories and could be affected by the impacts of climate change in Chile.*

## I.4.1 ENERGY SECTOR

*The projections of GHG emissions from the Energy Sector were obtained using the Final Use Approach method, based on the projected increase or decrease in sectoral energy consumption and its relationship to fuel use, including energy substitution, regional interconnection of electricity systems and the introduction of profitable improvements for users. Industrial Processes and Solvent Use were not included in the future scenarios.*

### I.4.1.1 BASELINE SCENARIO

*Projected GHG emissions associated with the Energy Sector for the Year 2020*

*Baseline Scenario are shown in Table 1.7.*

<sup>3</sup> El estudio incluyó el ejercicio de estimar las emisiones en el caso sin interconexión. La aprobación oficial de la interconexión se produjo en el transcurso de la elaboración de este documento.  
<sup>4</sup> El CO<sub>2</sub> emitido por combustión de leña no es contabilizado, de acuerdo a la metodología IPCC. Los gases distintos de CO<sub>2</sub> emitidos por combustión de leña han sido contabilizados en los respectivos subsectores de uso final.

<sup>3</sup> The study included the exercise of estimating emissions without energy interconnection. The official approval of interconnection took place while this document was being written.  
<sup>4</sup> The CO<sub>2</sub> emitted by burning wood is not included, according to the IPCC methodology. The non-CO<sub>2</sub> gases emitted by burning wood have already been included in their final use subsectors.

### 1.4.1.2 AÑO 2020 MITIGADO

El escenario Año 2020 mitigado se proyectó suponiendo que se produce una introducción no espontánea de tecnologías y acciones que reducen la emisión o concentración de GEI. Se enfatizó la introducción de medidas rentables para el usuario, cuya adopción está impedida por barreras de mercado. Así, las opciones de mitigación incorporadas en las proyecciones, están focalizadas en el ahorro de energía y en su uso eficiente.

Respecto del cambio de combustibles, las tecnologías emergentes y la sustitución de fuentes fueron consideradas significativas, sobre todo en el caso de las industrias de la energía. Se estimó que para los usuarios finales, el grado de penetración de gas natural y el grado de sustitución de leña, sería igual al del Caso Base.

Es importante señalar que en el sector Residencial, se prevé un reemplazo importante de los consumos de leña por combustibles comerciales. Esta situación implica, según la metodología del IPCC, un aumento de las emisiones de CO<sub>2</sub>, ya que esta metodología no suma las emisiones de este gas derivadas del consumo de leña con las emisiones provenientes del consumo del resto de los combustibles.

La construcción del escenario Año 2020 Mitigado para el Sector Energía conduce a los resultados señalados en la Tabla 1.8 siguiente.

### 1.4.1.2 YEAR 2020, MITIGATED SCENARIO

The Year 2020, mitigated scenario was projected assuming that there is an introduction of non-spontaneous technologies and measures that reduce GHG emissions or concentrations. Emphasis was placed on the introduction of measures that are profitable for the user, the adoption of which is hindered by market barriers. Thus, the mitigation options incorporated in the projections are directed at saving energy and efficient energy use.

As to the change in fuels, emerging technologies and source substitution were considered most significant, especially in the case of the energy industry. It was estimated that for final users the degree of penetration of natural gas and the degree of firewood substitution would be the same as in the Baseline scenario.

It is important to note that in the Residential sector, a major substitution of commercial fuel for wood burning is expected. This situation implies, according to the IPCC methodology, an increase in CO<sub>2</sub> emissions, since this methodology does not add the emissions of this gas caused by wood consumption to the emissions from the use of the other fuels.

The construction of the Year 2020 mitigated scenario, led to the results shown in Table 1.8:

**TABLA 1.8 ESTIMACIÓN DE EMISIONES DE GEI SECTOR ENERGÍA<sup>5</sup>, ESCENARIO AÑO 2020 MITIGADO, CON INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA (Gg)**

**TABLE 1.8 GHG ENERGY SECTOR<sup>5</sup> EMISSIONS ESTIMATE, YEAR 2020, MITIGATED SCENARIO, WITH ELECTRICITY INTERCONNECTION. (Gg)**

Sectores	Gases de Efecto Invernadero Greenhouse Gases			Otros Gases Other Gases			
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO	NOx	COVNM	SO <sub>2</sub>
Industria de la energía Energy Industries	13.067,0	91,95	0,064	7,8	38,7	15.042	35,01
Manufactura y construcción Manufacturing and Construction	13.634,69	4,69	0,23	60,93	67,25	5,37	25,96
Transporte Transportation	47.678,3	14,4	15,6	538,3	232,5	74,5	14,7
Comercial, residencial, institucional Commercial, residential and institutional	8.734	13,05	0,21	198,79	15,23	23,98	16,64
Combustión de leña <sup>6</sup> Burning firewood <sup>6</sup>	12.046	-	-	-	-	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>83.113,99</b>	<b>124,09</b>	<b>16,10</b>	<b>805,82</b>	<b>353,68</b>	<b>118,89</b>	<b>92,31</b>

### 1.4.2 NON-ENERGY SECTOR

#### 1.4.2 SECTOR NO ENERGÍA

Los escenarios futuros fueron simulados utilizando el modelo AGRI del Centro de Agricultura y Medio Ambiente (AGRIMED), de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad

The AGRI model from the Agriculture and Environment Center (AGRIMED) of the University of Chile's School of Agriculture and Forestry, was used to simulate

<sup>5</sup> El Sector Energía incluyó los subsectores Procesos Industriales y Uso de Solventes para efectos del Inventario 1994. Estos subsectores no fueron incluidos en los escenarios futuros.

<sup>6</sup> De acuerdo a la metodología en uso, las emisiones de CO<sub>2</sub> por combustión de leña no se contabilizan en este sector.

<sup>5</sup> The energy sector includes the Industrial Processes and Solvent Use sub-sectors for the 1994 Inventory. These sub-sectors, however, were not included in the future scenarios.

<sup>6</sup> According to the methodology used, the CO<sub>2</sub> emissions from firewood burning are not accounted for this sector.

de Chile. Este modelo se construyó con el objeto de analizar las limitaciones que los recursos naturales podrían imponer al crecimiento esperado del sector silvoagropecuario y fue adaptado para ser aplicado en este estudio, incorporando las directrices del PICC. Los escenarios futuros fueron sensibilizados para dos tasas de sustitución de importaciones de productos agropecuarios: 30% y 50%.

Para permitir la comparación entre los escenarios futuros y el Inventario 1994 sobre las mismas bases metodológicas, el Modelo AGRI fue aplicado al patrón de uso de suelo observado en 1994, de modo de estimar un Inventario Simulado 1994. Este último arroja cifras ligeramente diferentes al Inventario 1994. (Ver sección 6.2.2.4).

El ejercicio de simulación de escenarios futuros mitigados fue acompañado de la valoración económica de la aplicación de un conjunto de medidas seleccionadas y valoradas según criterio de expertos nacionales. Esta evaluación se centró en la estimación de costos y beneficios económicos, tanto privados como públicos, de la aplicación de medidas en el sector forestal.

#### 1.4.2.1 CASO BASE

El escenario Caso Base para el año 2020, de acuerdo a la metodología PICC, no considera la aplicación de medidas de mitigación. Para estimar cambios en las emisiones y/o sumideros de gases, la variable esencial, de acuerdo a los resultados del inventario, es el submódulo Cambio de Uso de la Tierra.

Los resultados del inventario de emisiones para el Caso Base son los indicados en la Tabla 1.9.

the future scenarios. This model was constructed in order to analyze the limitations that natural resources could place on the expected growth of the forestry and agriculture sectors and was adapted for use in this study by incorporating the IPCC guidelines. The future scenarios were based on two import substitution rates for agricultural products: 30% and 50%.

In order to compare future scenarios and the 1994 Inventory using the same methodological base, the AGRI model was applied to the land use pattern observed in 1994, in order to estimate a 1994 Simulated Inventory, which yielded slightly different results from the 1994 Inventory (See section 6.2.2.4).

The simulation of future mitigation scenarios was accompanied by the economic valuation of applying a set of measures that were selected by Chilean specialists who also did the valuation. This assessment focused on estimating the economic costs and benefits, both public and private, of applying measures in the forestry sector.

#### 1.4.2.1 BASELINE SCENARIO

The Baseline scenario for the year 2020, according to the IPCC methodology, does not include the application of mitigation measures. To estimate changes in emissions and/or gas sinks, the essential variable, according to the inventory results, is the sub-module Land Use Change.

The results of the emissions inventory for the Baseline scenario are shown in Table 1.9.

**TABLA 1.9 BALANCE GENERAL DE GEI Y OTROS GASES: EMISIONES 1994 (INVENTARIO SIMULADO) Y CASO BASE, PARA 30% Y 50% DE SUSTITUCIÓN DE IMPORTACIONES**

**TABLE 1.9 GENERAL BALANCE OF GHG AND OTHER GASES: 1994 EMISSIONS (SIMULATED INVENTORY) AND BASELINE SCENARIO, FOR 30% AND 50% IMPORT SUBSTITUTION**

	Gas	Emisiones 1994 (Gg) (Inventario Simulado)	Emisiones Caso Base (Gg) Baseline Scenario Emissions (Gg)	
		1994 Emissions (Gg) (Simulated Inventory)	30% sust.	50% sust.
Gases de Efecto Invernadero Greenhouse Gases	CO <sub>2</sub>	-26.570,86	30% sub. -27.840,69	50% sub. -28.806,75
	CH <sub>4</sub>	507,01	858,57	867,52
	N <sub>2</sub> O	19,58	31,12	28,91
Otros Gases	CO	1024,50	1.596,65	1.577,46
Other Gases	NO <sub>x</sub>	30,55	48,44	47,58
	COVNM	27,07	33,43	32,52

### 1.4.2.2 AÑO 2020 MITIGADO

El análisis de medidas de mitigación se realizó fundamentalmente sobre la base del criterio de expertos nacionales y el trabajo de talleres ad-hoc. Como producto de estas actividades, se elaboró una lista exhaustiva de posibles opciones aplicables al sector No Energía. La cuantificación del efecto de cada medida de mitigación (en términos de porcentaje de reducción de emisión o incremento de captura de GEI), y el establecimiento del rango pesimista-optimista (condición peor, condición óptima) de su grado de adopción, fue realizada según juicio de expertos.

Los resultados entregados por el modelo AGRI, sobre la base de la aplicación de medidas de mitigación seleccionadas y valoradas según criterio de expertos, se resumen en las tablas 1.10 y 1.11. Tal como en el Caso Base, se han sensibilizado las proyecciones para los casos en que la demanda interna se satisface con un 30% y 50% de sustitución de importaciones del sector agropecuario.

### 1.4.2.2 YEAR 2020, MITIGATED SCENARIO

The analysis of mitigation measures was primarily based on the criteria of Chilean specialists and the work of ad-hoc workshops. As a result of these activities, an exhaustive list of possible options applicable to the Non-energy sector was drawn up. Quantifying the effect of each mitigation measure (as a percentage of the emissions reduction or the increase in the capture of GHG) and the establishment of a pessimist-optimist range (worst condition - best condition) for the degree of adoption was based on expert opinion.

The results provided by the AGRI model, based on the application of mitigation measures selected by specialists who also did the valuation of these measures, is displayed in Tables 1.10 and 1.11 below. As with the Baseline scenario, projections were done for cases in which internal demand is met with 30% and 50% import substitution for the agricultural sector.

**TABLA 1.10 BALANCE GENERAL DE GEI Y OTROS GASES, SECTOR NO ENERGÍA, PARA ESCENARIO AÑO 2020 MITIGADO Y 30% DE SUSTITUCIÓN DE IMPORTACIONES**

**TABLE 1.10 GENERAL BALANCE OF GHG AND OTHER GASES, NON-ENERGY SECTOR, FOR THE YEAR 2020 MITIGATED SCENARIO AND 30% IMPORT SUBSTITUTION**

Gas		Emisiones Año 2020 mitigado (Gg) Emissions, Year 2020 mitigated Scenario (Gg)		
		Escenario Pesimista Pessimistic Scenario	Escenario Realista Realistic Scenario	Escenario Optimista Optimistic Scenario
Gases de Efecto Invernadero	CO <sub>2</sub>	-30.423,42	-35.668,14	-44.432,05
Greenhouse Gases	CH <sub>4</sub>	763,44	728,59	696,62
	N <sub>2</sub> O	29,12	26,51	24,35
Otros Gases	CO	1.048,85	935,43	839,80
Other Gases	NO <sub>x</sub>	32,57	29,05	26,10
	COVM	31,74	26,49	20,19

**TABLA 1.11 BALANCE GENERAL DE GEI Y OTROS GASES, SECTOR NO ENERGÍA, PARA ESCENARIO AÑO 2020 MITIGADO Y 50% DE SUSTITUCIÓN DE IMPORTACIONES**

**TABLE 1.11 GENERAL BALANCE OF GHG AND OTHER GASES, NON-ENERGY SECTOR, FOR THE YEAR 2020 MITIGATED SCENARIO AND 50% IMPORT SUBSTITUTION**

Gas		Emisiones Año 2020 mitigado (Gg) Emissions, Year 2020 mitigated Scenario (Gg)		
		Escenario Pesimista Pessimistic Scenario	Escenario Realista Realistic Scenario	Escenario Optimista Optimistic Scenario
Gases de Efecto Invernadero	CO <sub>2</sub>	-31.315,69	-36.454,53	-45.016,97
Greenhouse Gases	CH <sub>4</sub>	773,00	738,53	707,15
	N <sub>2</sub> O	27,03	24,62	22,61
Otros Gases	CO	1.032,29	921,18	829,12
Other Gases	NO <sub>x</sub>	31,81	28,39	25,56
	COVM	30,97	25,82	16,69



### 1.4.2.3 VALORACIÓN ECONÓMICA DE LA APLICACIÓN DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN

La selección de medidas de mitigación fue realizada a través de la consulta a un grupo de especialistas del sector silvoagropecuario chileno. La posterior valoración de los impactos de cada medida seleccionada, se realizó de acuerdo al criterio de expertos nacionales, considerando los efectos positivos o negativos que la medida representaba desde los puntos de vista ambientales, económicos, sociales y de transferencia tecnológica.

Las medidas de mitigación más efectivas se centraron en el aumento de la captura de carbono como CO<sub>2</sub> en la actividad silvícola (plantaciones forestales de pino insigne y eucalipto). Se asumió que el 60% de la superficie de plantaciones sería plantada con eucalipto, y el 40% con pino insigne. La evaluación económica estuvo centrada, en consecuencia, en estimar los costos asociados a la expansión de la superficie plantada con árboles forestales.

La sensibilización respecto de los escenarios "pesimista - realista - optimista" - desde el punto de vista de la captura- indicó una expansión de 534,2 kha (escenario realista), con rango entre 268,2 kha (pesimista) y 800,2 kha (optimista), en un horizonte de mitigación al año 2020. Los cálculos incluyeron las condiciones de sustitución por importaciones ya mencionadas (30% y 50%), y los costos para el Estado, puesto que éste deberá reforzar las estructuras actuales de dirección, de administración, de normativas y de control y sanción, existentes en la CONAF. No se incluyó los costos por educación, investigación y cambios tecnológicos.

Los resultados obtenidos señalan que los costos totales en que incurriría el sector privado, en las nuevas plantaciones alcanzarían los US\$ 157,33 millones, con un rango entre US\$ 78,98 millones en el caso pesimista y US\$ 235,68 millones en el caso optimista. Sin embargo, los ingresos privados serían largamente superiores a los costos del sector; lo que produciría una situación económicamente ventajosa para este sector. Los ingresos correspondientes a los tres escenarios llegarían a los US\$ 289,31 millones como promedio, con un rango entre US\$ 145,24 millones en el caso pesimista y US\$ 521,03 millones en el mejor de los casos.

Los costos totales en que incurriría el sector público incluyen las bonificaciones entregadas en virtud del Decreto Supremo N° 701, y los gastos de reforzamiento de la capacidad de administración, dirección, fiscalización, elaboración de normativas y aplicación de sanciones de la Corporación Nacional Forestal. En el mismo horizonte de evaluación, e igual tasa de descuento, los costos para el Estado de Chile se elevan a US\$ 159,90 millones en promedio, con un rango de variación que va desde los US\$ 151,52 millones a los US\$ 168,29 millones.

### 1.4.2.3 ECONOMIC VALUATION OF THE APPLICATION OF MITIGATION MEASURES

*The selection of mitigation measures was done by consulting a group of specialists from the Chilean agriculture-forestry sector. The later valuation of the impact of each selected measure was done in accordance with the national specialists' criteria, considering the positive and negative effects that the measure could have from an environmental, economic, social and technology transfer perspective.*

*The most effective mitigation measures focused on the increased capture of carbon as CO<sub>2</sub> in forestry (forestry plantations of Monterey Pine and eucalyptus). It was assumed that 60% of the surface area would be planted with eucalyptus and 40% with Monterey Pine. The economic assessment was, therefore, geared at estimating the costs resulting from expanding the surface area covered with forestry plantations.*

*Weighting the studies for the different "pessimistic - realistic - and optimistic" scenarios, from the capture point of view, showed an expansion of 534.2 kha (realistic scenario), ranging from 268.2 kha for the pessimistic scenario and 800.2 kha for the optimistic one, in a mitigation situation for the year 2020. The calculations included the already mentioned import substitution conditions (30% and 50%) and the costs to the State, since it will have to reinforce CONAF's current management, administration, regulation, control and sanction structures. Costs for education, research and technological changes were not considered.*

*The results show that the total costs for the private sector for the new plantations would reach \$157.33 million dollars, ranging from \$78.98 million (pessimistic) to \$235.68 (optimistic). However, private income would be much above the costs to the sector, which would result in an economically advantageous situation for this sector. The income estimated for the three scenarios are as follows: \$289.31 million dollars, on average, ranging from \$145.24 million (pessimistic) to \$521.03 in the best case scenario.*

*The total costs to the public sector include the credits provided under Supreme Decree N°701 and the costs for reinforcing the administrative, management, enforcement, regulation legislation and sanction application capacity of the National Forestry Corporation (CONAF). With the same assessment basis and the same discount rate, the costs to the State of Chile would total an average of \$159.9 million dollars, ranging from \$151.52 million to \$168.29 million.*



### 1.4.3 ESCENARIOS AGREGADOS CASO BASE Y AÑO 2020 MITIGADO

Las contribuciones netas agregadas (suma de las emisiones de los Sectores Energía, Procesos Industriales y Uso de Solventes y sector No Energía), al total de emisiones de GEI esperadas para los escenarios Caso Base y Año 2020 Mitigado, frente a una sustitución de importaciones agropecuarias de 30% y 50%, se indican en la Tabla 1.12. Se ha incluido el Inventario 1994 para permitir la comparación.

### 1.4.3 BASELINE AND YEAR 2020, MITIGATED AGGREGATE SCENARIOS

The aggregate net contributions (i.e., the sum of the emissions of the Energy, Industrial Processes, Solvents Use and Non Energy Sectors) to the total GHG emissions expected for the Baseline and Year 2020, Mitigated scenarios, with 30% and 50% agricultural import substitution are shown in Table 1.12. The 1994 Inventory is included for comparison purposes.

**TABLA 1.12 EMISIONES TOTALES DE GEI EN LOS ESCENARIOS INVENTARIO 1994, CASO BASE, AÑO 2020 MITIGADO  
(FRENTE A 30% Y 50% DE SUSTITUCIÓN DE IMPORTACIONES AGROPECUARIAS) (Gg)**

**TABLE 1.12 TOTAL GHG EMISSIONS FOR THE 1994 INVENTORY SCENARIOS - BASELINE AND YEAR 2020, MITIGATED  
(WITH 30% AND 50% AGRICULTURAL IMPORT SUBSTITUTION) (Gg)**

Escenario Scenario	Gases de Efecto Invernadero Greenhouse Gases			Otros Gases Other Gases			
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO	NO <sub>x</sub>	COVNM	SO <sub>2</sub>
<b>Año 1994</b> Year 1994	<b>7.387,7</b>	<b>593,4</b>	<b>24,68</b>	<b>1.920,9</b>	<b>196,4</b>	<b>306,9</b>	<b>1.968,1</b>
Sector energía <sup>7</sup> /Proc. Ind./Solv. Energy Sector <sup>7</sup> /Ind. Proc./Solv.	37.097,0	76,3	2,6	896,3	165,8	253,7	1.968,1
Sector no Energía Non-energy Sector	-29.709,3	517,1	22,08	1.024,6	30,6	53,2	-
<b>Caso Base -30%</b> Baseline scenario -30%	<b>68.282,26</b>	<b>989,72</b>	<b>49,89</b>	<b>2.504,72</b>	<b>443,58</b>	<b>167,84</b>	<b>108,2</b>
Sector energía Energy Sector	96.122,95	131,15	18,77	908,07	395,14	134,41	108,2
Sector no Energía Non-Energy Sector	-27.840,69	858,57	31,12	1.596,65	48,44	33,43	-
<b>Caso Base -50%</b> Baseline scenario -50%	<b>67.316,2</b>	<b>998,67</b>	<b>47,68</b>	<b>2.486,16</b>	<b>442,72</b>	<b>166,93</b>	<b>108,2</b>
Sector energía Energy Sector	96.122,95	131,15	18,77	908,7	395,14	134,41	108,2
Sector No Energía Non-Energy Sector	-28.806,75	867,52	28,91	1.577,46	47,58	32,52	-
<b>Año 2020 Mitigado -30%</b> Year 2020 Mitigated scenario -30%	<b>47.445,85</b>	<b>852,68</b>	<b>42,61</b>	<b>1.741,25</b>	<b>382,73</b>	<b>145,38</b>	<b>92,31</b>
Sector energía Energy Sector	83.113,99	124,09	16,10	805,82	353,68	118,89	92,31
Sector no Energía Non-Energy Sector	-35.668,14	728,59	26,51	935,43	29,05	26,49	-
<b>Año 2020 Mitigado -50%</b> Year 2020 Mitigated scenario -50%	<b>46.659,66</b>	<b>862,62</b>	<b>40,72</b>	<b>1.727,0</b>	<b>382,07</b>	<b>144,71</b>	<b>92,31</b>
Sector energía Energy Sector	83.113,99	124,09	16,10	805,82	353,68	118,89	92,31
Sector no Energía Non-Energy Sector	-36.454,53	738,53	24,62	921,18	28,39	25,82	-

<sup>7</sup> Los subsectores Procesos Industriales y Uso de Solventes fueron incluidos para efectos del Inventario 1994. Estos subsectores no fueron incluidos en los escenarios futuros.

<sup>7</sup> The Industrial Processes and Solvent Use sub-sectors were included for the 1994 Inventory. These sub-sectors were not included in the future scenarios.

Si se analizan las emisiones y capturas brutas, se obtiene el balance entre fuentes y sumideros de CO<sub>2</sub> estimadas para el Caso Base que se muestra en la Tabla 1.13, sensibilizado respecto de niveles de 30% y 50% de sustitución de importaciones.

If the gross emissions and captures are analyzed, the balance between the CO<sub>2</sub> sources and sinks estimated for the Baseline scenario can be obtained, as shown in Table 1.13, calculated for 30% and 50% import substitution levels.

**TABLA 1.13 BALANCE AGREGADO DE FUENTES Y SUMIDEROS DE CO<sub>2</sub> CASO BASE (30% Y 50% SUST.) (Gg)**

**TABLE 1.13 AGGREGATE BALANCE OF CO<sub>2</sub> SOURCES AND SINKS, BASELINE SCENARIO (30% AND 50% SUBSTITUTION) (Gg)**

Sector	Emisión Sources		Captura Sinks		Saldo neto Net Balance	
	30%	50%	30%	50%	30%	50%
Energía Energy	96.122,95	96.122,95	0,00	0,00	96.122,95	96.122,95
No Energía Non-Energy	73.264,72	72.585,92	-101.105,41	-101.392,66	-27.840,69	-28.806,74
<b>Totales Totals</b>	<b>169.387,67</b>	<b>168.708,87</b>	<b>-101.105,41</b>	<b>-101.392,66</b>	<b>68.282,26</b>	<b>67.316,21</b>

Si se analizan las emisiones y capturas brutas, se obtiene el balance entre fuentes y sumideros de CO<sub>2</sub> estimadas para el Año 2020 mitigado que se muestra en la Tabla 1.14, sensibilizado respecto de niveles de 30% y 50% de sustitución de importaciones.

If the gross emissions and captures are analyzed, the balance between the CO<sub>2</sub> sources and sinks estimated for the Year 2020 mitigated scenario can be obtained, as shown in Table 1.14, calculated for 30% and 50% import substitution levels.

**TABLA 1.14 BALANCE AGREGADO DE FUENTES Y SUMIDEROS DE CO<sub>2</sub> AÑO 2020 MITIGADO (Gg)**

**TABLE 1.14 AGGREGATE BALANCE OF CO<sub>2</sub> SOURCES AND SINKS, YEAR 2020 MITIGATED SCENARIO (Gg)**

Sector	Emisión Sources		Captura Sinks		Saldo neto Net Balance	
	30%	50%	30%	50%	30%	50%
Energía Energy	83.113,99	83.113,99	0,00	0,00	83.113,99	83.113,99
No Energía Non-Energy	77.311,40	76.871,26	-112.979,54	-113.325,79	-35.668,14	-36.454,53
<b>Totales Totals</b>	<b>160.425,39</b>	<b>159.985,2</b>	<b>-112.979,54</b>	<b>-113.325,79</b>	<b>47.445,85</b>	<b>46.659,46</b>

Las emisiones totales estimadas para los escenarios futuros, expresadas como Gg de CO<sub>2</sub> equiv, se indican en la siguiente tabla.

The total estimated emissions for the future scenarios expressed as Gg of CO<sub>2</sub> equiv, are shown in the table below.

**TABLA 1.15 BALANCE AGREGADO DE EMISIONES (Gg DE CO<sub>2</sub> EQUIV) CASO BASE Y AÑO 2020 MITIGADO (30% SUSTITUCIÓN DE IMPORTACIONES)**

**TABLE 1.15 AGGREGATE EMISSIONS BALANCE (Gg OF CO<sub>2</sub> EQUIV) BASELINE AND YEAR 2020 MITIGATED SCENARIOS (30% IMPORT SUBSTITUTION)**

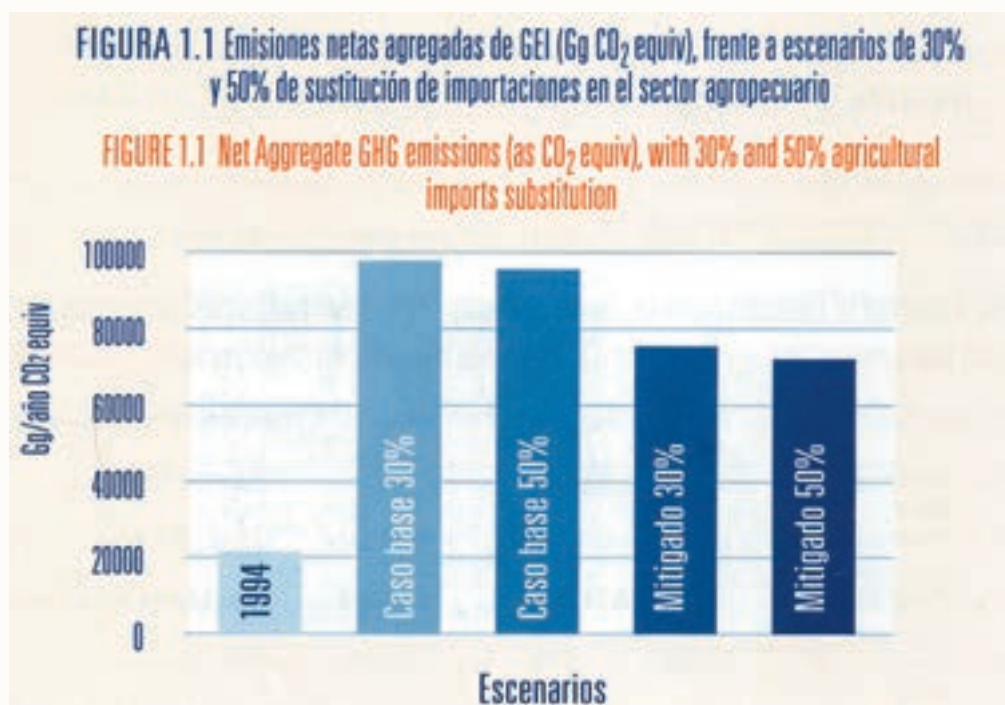
Escenarios Scenario	Sector	(Gg) CO <sub>2</sub>	(Gg CO <sub>2</sub> equiv) CH <sub>4</sub>	(Gg CO <sub>2</sub> equiv) N <sub>2</sub> O	(Gg CO <sub>2</sub> equiv) Total
Caso Base Baseline	Energía Energy	96.122,95	1.442,65	6.006,4	103.572,0
	No Energía Non-Energy	-27.840,69	9.444,27	9.958,4	-8.438,02
	<b>Total Caso Base Total baseline scenario</b>	<b>68.282,26</b>	<b>10.886,92</b>	<b>15.964,8</b>	<b>95.133,98</b>
Año 2020 mitigado Year 2020 mitigated	Energía Energy	83.113,99	1.364,99	5.152,0	89.630,98
	No Energía Non-Energy	-35.668,14	8.014,49	8.483,2	-19.170,45
	<b>Total Año 2020 mitigado Total Year 2020 mitigated scenario</b>	<b>47.445,85</b>	<b>9.379,48</b>	<b>13.635,2</b>	<b>70.460,53</b>

**TABLA 1.16 BALANCE AGREGADO DE EMISIONES (Gg DE CO<sub>2</sub> EQUIV) CASO BASE Y AÑO 2020 MITIGADO (50% SUSTITUCIÓN DE IMPORTACIONES)**  
**TABLE 1.16 AGGREGATE EMISSIONS BALANCE (Gg OF CO<sub>2</sub> EQUIV) BASELINE AND YEAR 2020 MITIGATED SCENARIOS (50% IMPORT SUBSTITUTION)**

Escenarios Scenarios	Sector	(Gg) CO <sub>2</sub>	(Gg CO <sub>2</sub> equiv) CH <sub>4</sub>	(Gg CO <sub>2</sub> equiv) N <sub>2</sub> O	(Gg CO <sub>2</sub> equiv) Total
Caso Base Baseline	Energía Energy	96.122,95	1.442,65	6.006,4	103.572,0
	No Energía Non-Energy	-28.806,75	9.542,72	9.251,2	-10.012,83
	<b>Total Caso Base</b> <i>Total baseline scenario</i>	<b>67.316,2</b>	<b>10.985,37</b>	<b>15.257,6</b>	<b>93.559,17</b>
Año 2020 mitigado Year 2020 mitigated	Energía Energy	83.113,99	1.364,99	5.152,0	89.630,98
	No Energía Non-Energy	-36.454,53	8.123,83	7.878,4	-20.452,3
	<b>Total Año 2020 mitigado</b> <i>Total Year 2020 mitigated scenario</i>	<b>46.659,46</b>	<b>9.488,82</b>	<b>13.030,4</b>	<b>69.178,68</b>

La Figura 1.1, que surge de las tablas 1.15 y 1.16, permite comparar las emisiones netas agregadas (expresadas en Gg CO<sub>2</sub> equiv), de los escenarios Inventario 1994, Caso Base y Año 2020 mitigado, frente a 30% y 50% de sustitución de importaciones en el sector agropecuario.

Figure 1.1 (from Tables 1.15 and 1.16), allows us to compare the net aggregate emissions (in Gg CO<sub>2</sub> equiv), for the following scenarios: Inventory 1994, Baseline and Year 2020 mitigated, with 30% and 50% agricultural imports substitution.



#### 1.4.4 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

El balance agregado de emisiones, cuyo resultado indica emisiones netas de 7.387,3 Gg de CO<sub>2</sub> en 1994 y una relativa compensación entre los sectores Energía y No Energía, se ve alterado de manera notoria en los escenarios futuros. Este relativo balance entre emisiones y capturas evoluciona a una marcada preponderancia del sector Energía, básicamente en el rubro Transporte, y a una mantención de la capacidad de captura del sector No Energía, en los órdenes de magnitud observados en 1994.

Respecto del metano, el Sector Energía aumenta su participación en las emisiones totales, pero siempre bajo el Sector No Energía, que ve aumentar sus emisiones de este gas por sobre un 50%. Lo mismo ocurre con el N<sub>2</sub>O, en que la participación del Sector Energía aumenta en 10 veces con respecto al inventario 1994.

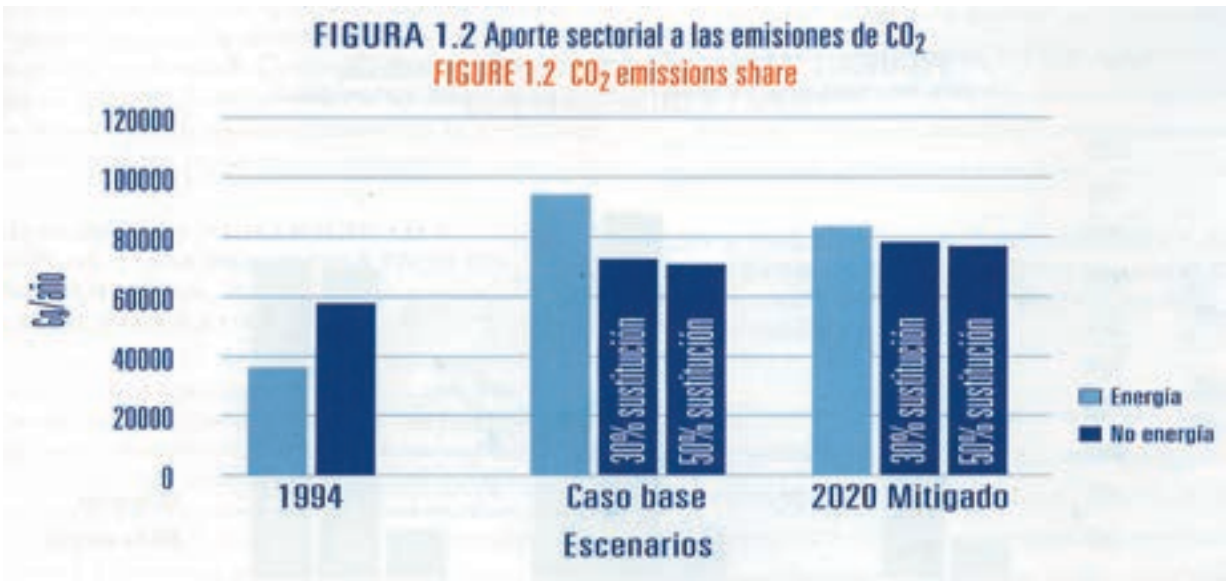
El notorio aumento de emisiones de CO<sub>2</sub> en los escenarios futuros respecto del año inventario, por otra parte, no logra ser reducido sustancialmente con la aplicación de las medidas de mitigación propuestas. En efecto, el escenario 2020 Mitigado, para ambos

#### 1.4.4 ANALYSIS OF THE RESULTS

The aggregate emissions balance shows net emissions of 7,387.3 Gg of CO<sub>2</sub> in 1994 and a relative compensation between the Energy and Non-energy sectors; however, this is drastically changed in the future scenarios. This relative balance between emissions and capture indicates a marked shift toward the energy sector, especially in the area of Transportation and the maintenance of the Non-energy sector's capture capacity, yielding the same order of magnitude shown in 1994.

Concerning methane, the Energy Sector's share of total emissions increases, but always below the levels of the Non-energy sector, whose methane emissions increase by more than 50%. The same is true of N<sub>2</sub>O: the share of the emissions produced by the Energy Sector is ten times greater than in the 1994 inventory.

This drastic increase in CO<sub>2</sub> emissions in the future scenarios, compared to the inventory year, was not substantially reduced by applying the proposed mitigation



sectores, no presenta variaciones drásticas respecto del Caso Base. Sin embargo, en términos de equivalentes calóricos (es decir, considerando además metano y óxido nitroso en equivalentes de CO<sub>2</sub>), las medidas de mitigación permitirían reducir alrededor de un 25% las emisiones del Caso Base.

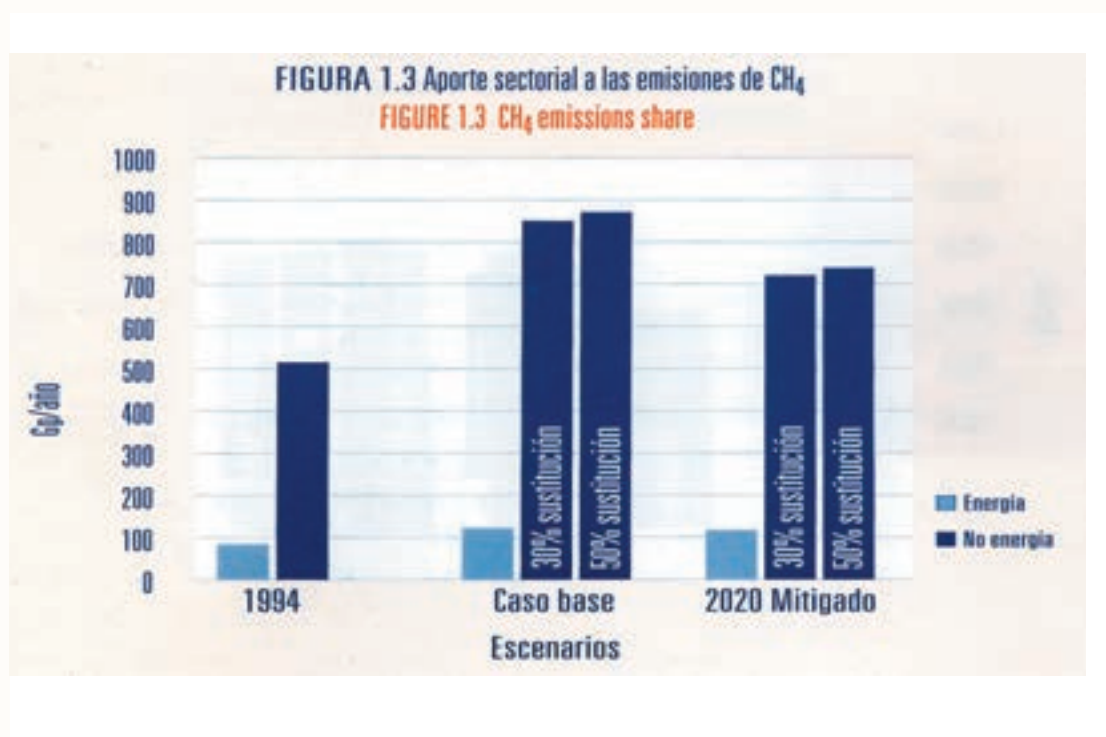
Chile, en su calidad de país en desarrollo y en atención a las prioridades en la asignación de sus recursos al mejoramiento de la calidad de vida de sus habitantes, enfrenta restricciones presupuestarias importantes, por lo que cualquier medida de mitigación que represente costos netos para el país, aun contando con la voluntad para su aplicación, carecerá de viabilidad en un marco donde no estén disponibles fondos de cooperación internacional. En este contexto, las eventuales acciones que Chile adopte en el futuro deberían orientarse hacia aquellas medidas que representen un costo cero o negativo (que generen ahorros), ya sea en la reducción de emisiones o aumentos de sumideros por absorción, cuya introducción se vea impedida por barreras de mercado.

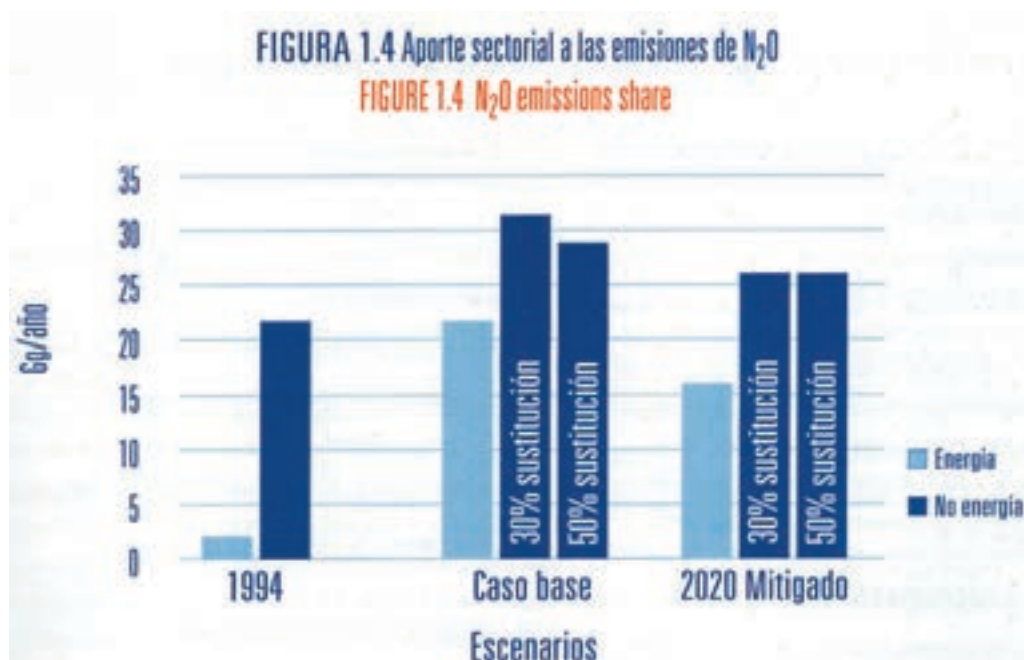
Al momento de elaboración de este documento, las medidas de mitigación sólo han sido identificadas y evaluadas en forma preliminar. La futura evaluación detallada de los costos y beneficios de cada una de ellas, la viabilidad de su aplicación en el marco de prioridades y políticas nacionales en ejecución, la evaluación de co-beneficios y la determinación de los actores sociales en los que recaerán estos costos o beneficios, serán objeto de estudios posteriores.

measures. The Year 2020 mitigated scenario, for both sectors, shows no great difference from the Baseline scenario. However, in terms of the calorie equivalencies (that is, considering both methane and nitrous oxide in CO<sub>2</sub> equivalencies) the mitigation measures would allow for a 25% reduction of the emissions shown in the Baseline scenario.

Chile, as a developing country and given its resource allocation priorities in order to improve the quality of life of its people, has major budget restrictions. For this reason, any mitigation measure that represents a net cost to the country, even if the will exists to apply the measure, will not be feasible if international cooperation funds are not available. Thus, future actions adopted by Chile should be geared at those measures that have not been introduced because of market barriers and whose cost is zero or negative (that is, actions that generate savings), whether for emissions reductions or increase of sinks through absorption.

When this document was being prepared, the mitigation measures had only been identified and assessed on a preliminary basis. Future studies will be performed to conduct a detailed cost and benefit assessment for each, determine the feasibility of their application given current national priorities and policies, evaluate the joint benefits and identify the social players on whom these costs or benefits will fall.





## 1.5 ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD Y ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

Los estudios de la evaluación detallada de vulnerabilidad en áreas identificadas como sensibles a los cambios climáticos, fueron iniciados en 1998, bajo la modalidad Enabling Activities propiciada por el GEF.

Estos estudios abarcan las áreas de mayor sensibilidad frente al cambio climático, tanto en términos económicos como sociales. Un primer estudio aborda la agricultura, los recursos hídricos y la silvicultura; un segundo estudio, las zonas costeras y los recursos pesqueros.

Al momento de prepararse esta Primera Comunicación Nacional, ambos trabajos se encuentran en pleno desarrollo. Los resultados obtenidos hasta el momento se indican a continuación.

### 1.5.1 ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD Y ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN CHILE: AGRICULTURA, RECURSOS HÍDRICOS Y SILVICULTURA

El estudio analizó y evaluó la vulnerabilidad de la agricultura frente a las variaciones del clima, la vulnerabilidad de los tipos forestales frente a los regímenes hídricos, y las variaciones de escorrentía superficial promedio anual por efecto de cambios climáticos. Como parámetro indicativo del cambio climático fue usada la concentración atmosférica de CO<sub>2</sub>, proyectando una duplicación de la concentración observada en 1990 o Escenario Futuro 2\*CO<sub>2</sub>.

La metodología de análisis se basó en las guías del PICC y del Programa de los Estados Unidos para los Estudios País (USCSP), y en modelos de Circulación General de la Atmósfera y modelos propios.

## 1.5 ANALYSIS OF VULNERABILITY AND ADAPTATION TO CLIMATE CHANGE

The detailed vulnerability evaluation studies in areas identified as sensitive to climate change were begun in 1998 under the Enabling Activities program sponsored by the GEF.

These studies include those areas that are most sensitive to climate change, both in economic and social terms. The first study focused on agriculture, water resources and forestry; the second, on coastal areas and fishing resources.

When this First National Communication was being prepared, both of these studies were fully underway. The results obtained up to the present are summarized below.

### 1.5.1 ANALYSIS OF VULNERABILITY AND ADAPTATION TO CLIMATE CHANGE IN CHILE: AGRICULTURE, WATER RESOURCES AND FORESTRY

The study analyzed and evaluated the vulnerability of agriculture to climate variations, the vulnerability of different types of forests to precipitation patterns and variations of annual average surface run-off due to climate change. The atmospheric concentration of CO<sub>2</sub> was used as a parameter to show climate change, projecting that this would be double that observed in 1990, or Future Scenario 2\*CO<sub>2</sub>.

The analysis method was based on the IPCC guidelines, the United States Country Studies Program (USCSP), General Atmospheric Circulation models and local models.



## CAMBIOS EN LA PRECIPITACIÓN

Los resultados de los modelos GCM para el Escenario Futuro 2\*CO<sub>2</sub> indican cambios mayores a 30% en la pluviometría anual de ciertas áreas del país. Esto supone que en los próximos 40 años, el régimen pluviométrico podría experimentar cambios de la misma magnitud de aquellos que ocurrieron durante todo este siglo.

La zona altiplánica podría recibir un incremento de las precipitaciones, como consecuencia de la mayor actividad ciclónica tropical; desde la II Región hasta Puerto Montt en la X Región, la precipitación exhibiría una disminución con respecto al Escenario 1\*CO<sub>2</sub>, que podría llegar a 20-25%. De Chiloé al sur, la precipitación podría aumentar haciendo más lluviosos los climas australes.

## CAMBIOS EN LA TEMPERATURA

Los tres modelos utilizados<sup>8</sup> predicen cambios significativos de la temperatura sobre el territorio chileno. En la zona norte (I y II regiones), los aumentos de la temperatura estarían bajo los 2 °C, mientras que en el centro del país y la región austral, el alza de temperaturas podría bordear los 3°C.

## CAMBIOS EN EL RÉGIMEN HÍDRICO GLOBAL

La precipitación anual muestra una significativa disminución, especialmente en la región central de Chile. Paralelamente a los cambios en la precipitación, el aumento de la temperatura influiría positivamente sobre la evapotranspiración.

A la luz de las variaciones del déficit hídrico anual, se aprecia claramente un aumento de la aridez en la zona norte y central del país, la que penetra sensiblemente por el Valle Central entre la Región Metropolitana y la VIII Región. La IX y X Regiones muestran también un cierto aumento en sus déficit hídricos. Al sur de Puerto Montt, el déficit hídrico desaparece.

## CAMBIOS EN EL RÉGIMEN TÉRMICO GLOBAL

Los incrementos en la temperatura modificarán variables secundarias relevantes para el desarrollo de la agricultura, como las heladas, las horas de frío, la ocurrencia de días cálidos y otras.

Los climas se harían considerablemente más cálidos, trasladándose las condiciones existentes hoy en la costa de la II Región hasta la IV Región. En el centro del país también se produciría un desplazamiento hacia climas sensiblemente más cálidos. Probablemente, este desplazamiento influiría de manera importante sobre las zonas de cultivo de los frutales y de los cultivos industriales. El potencial ganadero de las regiones australes podría aumentar.

## CHANGES IN PRECIPITATION

*The results of the GCM models for the Future Scenario 2\*CO<sub>2</sub> show over a 30% variation in the annual rainfall in certain areas of the country. This means that over the next 40 years, rainfall patterns could experience the same amount of variation as during this century.*

*There could be an increase in precipitation in the altiplano areas due to the increase in tropical cyclone activity. From the Second Region to Puerto Montt, in the Tenth Region, precipitation will decrease up to 20-25% with respect to Scenario 1\*CO<sub>2</sub>. From Chiloé to the south, precipitation could increase, making the southern climates even rainier.*

## CHANGES IN TEMPERATURE

*Based on the three models used<sup>8</sup>, significant temperature changes are predicted for Chile. In the north (Regions I and II), temperature increases would be less than 2°C while in the center of the country and in the south the temperature could increase 3°C.*

## CHANGES IN GLOBAL WATER REGIMES

*A significant decrease in yearly precipitation is expected, especially in the central area of Chile. Along with these precipitation changes, the increase in temperature will have a positive impact on evapotranspiration.*

*Given the variations in the annual water deficit, there is a clear increase in aridity in the north and central areas of the country, which will noticeably penetrate the Central Valley between the Metropolitan Region and the Eighth Region. The Ninth and Tenth Regions also show an increased water deficit. South of Puerto Montt this deficit disappears.*

## CHANGES IN GLOBAL HEAT REGIMES

*The increases in temperature will affect secondary variables that are important for agriculture such as frosts, hours of cold, number of warm days, etc.*

*Climates will become considerably warmer, shifting the conditions currently present along the coast of the Second Region to the Fourth Region. There will also be a climate shift in the center of the country, which will become markedly warmer. Most likely, this change will have a major influence on the fruit-growing and industrial crops. The livestock potential for the southern regions could increase.*

<sup>8</sup> Los modelos indicados corresponden a los modelos de circulación general UKMO, GISS y GFDL.

<sup>8</sup> The models used correspond to the general circulation models UKMO, GISS and GFDL.



## PRADERAS NATURALES

En la zona del altiplano, debiera esperarse una ampliación del sector climáticamente apto para el desarrollo de praderas, y un aumento de los rendimientos de las praderas existentes; en la zona sur y extremo sur también se proyecta un escenario futuro favorable. En la zona central del país, en cambio, los efectos del cambio climático debieran presentarse en forma negativa, reflejándose en una reducción de los rendimientos.

En el escenario 2\*CO<sub>2</sub> se aprecia una sensible caída en la productividad de las praderas anuales entre la IV y la IX Regiones. Esta tendencia decreciente se detiene en la X Región, donde las condiciones se mantienen alrededor de las actuales. En la XI Región se observa un deterioro en la producción, probablemente asociado a un exceso de agua en el suelo como consecuencia de una mayor pluviometría. No obstante, en las áreas secas de Tierra del Fuego, hacia el sector oriental, la productividad podría aumentar junto con el aumento de la pluviometría en las regiones australes.

En las zonas altiplánicas del extremo norte del país, las praderas naturales podrían verse beneficiadas de una mayor pluviometría, mejorando su rendimiento actual.

## RECURSOS FORESTALES

En el escenario 2\*CO<sub>2</sub> se produce un notable deterioro del potencial en las regiones V, VI y parte de la VII Región. Por el contrario, se observa una notable expansión de la zona de mayor potencial desde la VIII Región hacia el sur. El potencial forestal de la X Región aumenta sensiblemente, expandiéndose hacia el interior y la precordillera. Incluso en las Regiones XI y XII podría producirse un mejoramiento de los potenciales de producción.

## CULTIVOS

Para el conjunto del territorio nacional, el balance es positivo en la medida que las existencias de agua permitan asegurar la satisfacción de los requerimientos de riego. Quizás es éste el factor de mayor incertidumbre y se transforma, por lo tanto, en un elemento de riesgo para la agricultura de varias regiones del país, especialmente en la región central.

Para la agricultura de secano, la situación podría ser más negativa en la región centro norte (IV y V Regiones), donde los únicos cultivos de secano son aquellos sembrados en invierno. Por el contrario, a partir de la VI Región, una alza en las temperaturas invernales podría atenuar el régimen de heladas, permitiendo desplazar las siembras de primavera, especialmente en la costa (frejol, maíz, papa) hacia el invierno, aprovechando con ello la humedad del suelo y las precipitaciones invernales.

## GRASSLANDS

*In the altiplano (high plains) we should see an extension of the area with a climate suitable for the development of grasslands and an increased yield from existing grasslands. In the south and far south, the future scenario should also be favorable. In the central area of the country, however, the effects of climate change should be negative and reflected in reduced yields.*

*In the 2\*CO<sub>2</sub> scenario, there is a marked fall in productivity from the annual grasslands between the Fourth and Ninth regions. This decreasing trend ends in the Tenth Region where the current conditions are maintained. In the Eleventh Region, a decreased production is observed, probably related to excess water in the soil due to the increase in rainfall. However, in the dry areas in Tierra del Fuego, towards the east, productivity could increase along with the increased rain in the southern regions.*

*In the high plains in the far north, the natural grasslands could benefit from increased rainfall, thus improving yields.*

## FORESTRY RESOURCES

*In the 2\*CO<sub>2</sub> scenario there is a notable decrease in the potential of regions V, VI and part of Region VII. However, there is also a marked expansion of the highest potential area from the Eighth Region to the south. The forestry potential of the Tenth Region shows a marked increase, spreading towards the center of the region and towards the foothills. Even in the Eleventh and Twelfth Regions the production potential could improve.*

## CROPS

*For the territory of Chile as a whole, the outlook is positive as long as the supply of water can cover irrigation needs. This may be the greatest uncertainty factor and, therefore, becomes an element of risk for the agriculture of several regions, especially in the center of Chile.*

*For dry-farming, the situation might be more negative in the center-north of the country (Fourth and Fifth Regions) where the only dry-farming crops are those planted in the winter. However, starting in the Sixth region, a raise in winter temperatures could attenuate the frosts, allowing spring planting, especially on the coast (beans, corn, potatoes) to be done in the winter, taking advantage of the moisture in the soil and winter rains.*

## FRUTICULTURA

Respecto de la fruticultura de clima templado-cálido, en el escenario actual, estos frutales producen entre la I y VIII Regiones. Hacia el extremo norte (I a III Regiones), la productividad cae como consecuencia de la precocidad originada en las temperaturas altas de invierno y primavera que inducen una brotación muy temprana. La zona más productiva se ubica entre las regiones Metropolitana y VII. De allí hacia el sur, las condiciones se deterioran como consecuencia de la disminución de la luminosidad, de la temperatura estival y del aumento de las precipitaciones y las heladas tardías de primavera.

En el escenario 2\*CO<sub>2</sub>, estas limitaciones se trasladan hacia el sur, produciéndose una importante expansión de las zonas productivas, tanto hacia el norte como hacia el sur. En este escenario, la vid es fuertemente beneficiada por la atenuación del régimen de heladas hacia los sectores interiores del territorio. Junto al beneficio productivo que esto significa, como contrapartida podría producirse un aumento de la precocidad en la maduración, perdiendo con ello las ventajas competitivas actuales que exhibe el norte del territorio.

Para el duraznero, el rasgo más notable es la expansión de la zona de cultivo hacia la VIII y parte de la IX Regiones, y la mejoría de las condiciones de producción en zonas precordilleranas, donde se conjugarían una alta luminosidad, una temperatura moderada en verano y un invierno más benigno que el actual.

Para la fruticultura de clima templado, las condiciones de producción mejorarían considerablemente, como consecuencia de la disminución de las heladas y de temperaturas primaverales más benignas. El único factor de riesgo podría ser la disminución de la disponibilidad de frío invernal, pudiendo afectar a la floración y a la fecundidad de las flores, con un impacto negativo sobre la producción. Ello aconsejaría el uso de variedades menos exigentes en frío o el uso de prácticas inductoras de la quiebra del receso invernal. Probablemente debido a este mismo hecho, el Valle Central continuaría siendo más productivo que los sectores costeros.

Es probable que la fruticultura subtropical sea una de las más beneficiadas con el aumento de la temperatura y posiblemente, de la humedad relativa. El potencial de producción podría expandirse hacia el sur y hacia regiones costeras que en la actualidad no ofrecen garantías para una adecuada maduración. Los Valles de la III Región al norte aumentarían considerablemente su potencial productivo. La atenuación del régimen de heladas, permitiría una importante expansión de los cítricos hacia regiones interiores.

## IMPACTO PRODUCTIVO DEL RIEGO

En la región central, a pesar del aumento en la evapo-transpiración, los requerimientos de riego de los cultivos de verano (maíz,

## FRUIT GROWING

*Currently, fruit growing in temperate-warm climates takes place between the First and Eighth Regions. Towards the far north (Regions I-III), productivity falls due to the earliness of crops because of the high winter and spring temperatures which lead to very early sprouting. The most productive area is located between the Metropolitan Region and the Seventh Region. South of this, conditions deteriorate due to the decrease in light and summer temperatures, increased precipitation and late spring frosts.*

*In the 2\*CO<sub>2</sub> scenario, these limitations are shifted south, greatly extending the productive area both to the north and south. In this scenario, vines are greatly benefited by the attenuation of the frosts towards the interior of Chile. Along with the production benefits associated with this trend, there could also be an increase in the earliness of crops, thus losing the current competitive edge in the north of Chile.*

*For peach tree, the most important change is the extension of the growing area to the Eighth and part of the Ninth Regions and the improvement of growing conditions near the foothills, where there will be a great deal of light, moderate temperatures in summer and milder winters than present.*

*Production conditions for temperate climate fruit growing will improve considerably due to the decrease in frosts and the milder spring temperatures. The only risk factor might be the decrease in cold winter temperatures availability, affecting blooming and flower fecundity, with negative impact on production. This condition makes it advisable to use species that are less demanding of cold temperatures or to use practices to induce the break in the winter recess. Probably for this reason, the Central Valley will continue to be more productive than the coastal areas.*

*Sub-tropical fruit growing will probably be one of the areas most benefited by the increase in temperature and, possibly, relative humidity. Production potential could spread to the south and towards the coastal regions that currently provide no guarantees for sufficient ripening of plants. The production potential of the valleys from the Third Region to the north should considerably increase. The milder frost patterns will allow for an expansion of the citrus growing area into the interior of the country.*

## IMPACT OF IRRIGATION ON PRODUCTION

*In the central region, despite the increase of evapotranspiration, the irrigation*

frejol, girasol, hortalizas), podrían disminuir, especialmente en la costa, como resultado del desplazamiento de las fechas de siembra hacia el invierno. Ello permitiría un mejor aprovechamiento del agua de las precipitaciones.

Desde la VI Región al sur, por la costa, la diferencia de rendimientos en riego y secano tendería a disminuir, mientras que hacia la precordillera esta aumentaría, especialmente de la VII Región al sur. Hacia la X Región se espera un aumento de la productividad.

En la actualidad, en la zona central, las siembras se realizan en otoño, por lo que se aprovecha al máximo las aguas de lluvias invernales. Una disminución de la precipitación afectará, por lo tanto, a los rendimientos, sin dar lugar a cambios en las fechas de siembra. Esta situación se aprecia claramente en las regiones V, Metropolitana y VI, donde en el escenario 2\*CO<sub>2</sub>, el riego se hace claramente importante. En un escenario de cambio climático, el cambio en las fechas de siembra podría reducir los requerimientos de riego.

## **VULNERABILIDAD DE LOS TIPOS FORESTALES FRENTE A UN CAMBIO DEL RÉGIMEN HÍDRICO ACTUAL**

En términos generales, se observa una evolución de la situación actual hacia regímenes menos áridos en el extremo norte (zonas del sector altiplánico), hacia regímenes más húmedos en la zona sur del país, y evoluciones hacia regímenes más secos en el resto del país.

Los tipos forestales afectados por la evolución del clima a condiciones de mayor aridez son:

- Tipo Esclerófilo en las V y VI Regiones
- Roble-Raulí-Coigüe y Roble-Hualo, en la VII Región
- Roble-Raulí-Coigüe, Coigüe-Raulí-Tepa, Lenga y Ciprés de la Cordillera, en la VIII Región
- Roble-Raulí-Coigüe, Coigüe-Raulí-Tepa, Lenga, Siempre verde y Araucaria en la IX Región
- Roble-Raulí-Coigüe, Coigüe-Raulí-Tepa, Lenga, Siempre verde, Araucaria y Alerce en la zona norte de la X región

Los tipos forestales afectados por la evolución del clima a condiciones de mayores precipitaciones son:

- Lenga, Siempre verde y Roble-Raulí-Coigüe, en la zona sur de la X Región
- Siempre verde, Ciprés de las Guaitecas, Lenga y Coigüe de Magallanes, en la XI Región
- Lenga, Ciprés de las Guaitecas y Coigüe de Magallanes, en la XII Región

*requirements of summer crops (corn, beans, sunflowers, vegetables) could decrease, especially along the coast, as a result of the shift of planting dates to the winter. This would make it possible to take better advantage of precipitation.*

*From the Sixth Region to the south, along the coast, the difference in irrigation and dry-farming yields will tend to decrease, while this will increase near the foothills, especially from the Seventh region to the south. An increase in productivity is expected around the Tenth Region.*

*Currently, in the central region, planting is done in the autumn in order to take maximum advantage of winter rains. A decrease in precipitation will, therefore, affect yields without changing planting dates. This situation can be clearly seen in the Fifth, Sixth and Metropolitan Regions where in the 2\*CO<sub>2</sub> scenario, irrigation becomes very important. In a climate change scenario, the change in planting dates could reduce irrigation requirements.*

## **VULNERABILITY OF FOREST TREE SPECIES WITH THE CHANGE IN THE CURRENT WATER REGIME**

*In general terms, there will be a change from the current situation, moving towards less arid conditions in the far north (areas in the altiplano) and wetter conditions in the south of the country and dryer conditions in the rest of the country.*

*The forest tree species affected by the change to more arid conditions are as follows:*

- Esclerófilo in the Fifth and Sixth Regions
- Roble-Raulí-Coigüe (Oak -Evergreen Beech - Coehue) and Roble-Hualo in the Seventh Region
- Roble-Raulí-Coigüe, Coigüe-Raulí-Tepa, Lenga and Ciprés de la Cordillera (Mountain Cypress) in the Eighth Region
- Roble-Raulí-Coigüe, Coigüe-Raulí-Tepa, Lenga, Siempre Verde (Evergreen) and Araucaria (South American Pine) in the Ninth Region
- Roble-Raulí-Coigüe, Coigüe-Raulí-Tepa, Lenga, Siempre Verde, Araucaria

*The forest tree species affected by the climate change resulting in increased precipitation are as follows:*

- Lenga, Siempre Verde and Roble-Raulí-Coigüe in the southern part of the Tenth Region
- Siempre Verde, Ciprés de las Guaitecas (Guaitecas Cypress), Lenga y Coigüe de Magallanes in the Eleventh Region
- Lenga, Ciprés de las Guaitecas and Coigüe de Magallanes in the Twelfth Region

## VULNERABILIDAD GLOBAL DE LA AGRICULTURA

La mayor vulnerabilidad de la agricultura se produce entre la IV y la X regiones. Si se comparan las comunas costeras, de alta vulnerabilidad intrínseca, con las del Valle Central, de alta intensificación agrícola, se puede constatar una cierta compensación entre ambas variables, lo que homogeneiza la vulnerabilidad de la Zona Central. La menor vulnerabilidad la exhiben las zonas desérticas, cordilleranas y el extremo austral, donde la agricultura ocupa un lugar marginal.

## RECURSOS HÍDRICOS

Las cuencas navales de la zona central podrían registrar una disminución de la escorrentía, como consecuencia de la menor pluviometría. No obstante, en el corto plazo, un aumento de la temperatura podría generar aumentos de la escorrentía por el mayor aporte debido al derretimiento de las reservas de hielo. La escorrentía de las cuencas pluviales de la IX y X regiones generarían respuestas proporcionales a los cambios en la pluviometría. Igual situación es esperable para cuencas de la XI y XII regiones, donde la escorrentía podría aumentar.

Considerando la estrecha relación entre la agricultura y la disponibilidad de recursos hídricos, los escenarios climáticos sugieren que los cambios para la agricultura, dependiendo de la región, pueden ser negativos y positivos. La mayor interrogante surge de los cambios negativos de la hidrología de la Cordillera de los Andes, lo que requeriría de una fuerte acción de mejoramiento y ampliación de la infraestructura de regulación hidrológica.

## INCIDENCIA DE PLAGAS Y ENFERMEDADES

La consulta a expertos permite determinar que para todos los rubros analizados (frutales, viñas y parronales, cereales y otros), el ataque por hongos en años lluviosos se verá favorecido (efecto negativo severo), en los escenarios futuros. Este efecto está moderado por las temperaturas, de modo que en la zona sur del país, el ataque por hongos podría verse atenuado por bajas temperaturas. También es considerado como un factor relevante en la severidad de este ataque, la distribución de las precipitaciones; así, en escenarios futuros con lluvias primaverales, el efecto negativo se hace más probable y severo.

En el caso de insectos y ácaros, años lluviosos debieran generar condiciones desfavorables para la producción agrícola en la zona norte, por esperarse mayor sustrato para el desarrollo de éstos (efecto leve negativo); en cambio, en la zona centro y sur del país, años lluviosos acompañados de temperaturas bajas, debieran generar una disminución de la población de insectos, al prolongar los ciclos reproductivos (efecto positivo leve). Un efecto contrario debiera presentarse en años secos.

## GLOBAL VULNERABILITY OF AGRICULTURE

*The increased vulnerability of agriculture occurs between the Fourth and Tenth Regions. If the coastal districts, intrinsically highly vulnerable, are compared with the Central Valley, with its intensive agricultural activity, we can see a certain amount of compensation between both variables, which makes the vulnerability of the Central Area more uniform. The desert and mountainous areas and the far south are the least vulnerable areas, where the role of agriculture is marginal.*

## WATER RESOURCES

*The snow river regime in the central area could see a decrease in run-off due to decreased rainfall. However, in the short term, temperature increases could increase run-off due to the melting of ice reserves. The run-off from the watersheds of the Ninth and Tenth regions will be proportional to the change in rainfall. The same is expected for the basins in the Eleventh and Twelfth regions, where run-off could increase.*

*Considering the close link between agriculture and the availability of water resources, climate scenarios suggest that changes in agriculture could be negative or positive, depending on the region. The big unknown has to do with negative changes in the hydrology of the Andes Mountain Range, which would require major efforts to improve and expand the hydrological control infrastructure.*

## INCIDENCE OF PESTS AND DISEASE

*After consulting with specialists, it was determined that for all of the crops studied (fruit, grape vines, grains, etc.) fungus will increasingly be a problem during rainy years (severe negative effect on crops) for the future scenarios. This result will be lessened by the temperatures: in the south of the country, the fungus problem should be attenuated because of the low temperatures. Rainfall distribution is another important factor affecting the severity of the fungus problem. In future scenarios, with spring rains the negative effect will be more likely and more severe.*

*In the case of insects and mites, rainy years should create unfavorable conditions for agricultural production in the north due to an expected increase in the substratum on which these develop (slight negative effect). However, in the central and southern areas of the country, rainy years with low temperatures should lead to a decrease in the insect population as a result of the lengthening of the reproductive cycles (slight positive effect). The opposite should occur in dry years.*

### 1.5.2 ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD Y ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN CHILE: ZONAS COSTERAS Y RECURSOS PESQUEROS

Este estudio tiene como objetivo identificar áreas de alta vulnerabilidad, evaluar los efectos del incremento en el nivel y temperatura superficial del mar sobre los usos del borde costero y los recursos pesqueros, y proponer medidas de adaptación a los cambios observados.

El escenario propuesto para elaborar el perfil de vulnerabilidad de las áreas bajo estudio, es el incremento de 1 metro en el nivel medio del mar; hipótesis de trabajo que refleja un escenario pesimista, aunque considerado como escenario estándar en los estudios de vulnerabilidad de áreas costeras.

En el caso de los recursos pesqueros, el perfil de vulnerabilidad consideró una variación de la Temperatura Superficial del Mar (TSM) de 0,5 °C, que corresponde al escenario más probable en relación con el calentamiento global (IPCC, 1995).

Las zonas seleccionadas son:

- I Región de Tarapacá (sector de Arica)
- VIII Región del Bío Bío (sector Río Biobío y Golfo de Arauco)
- X Región de Los Lagos (sector Valdivia)
- X Región de Los Lagos (sector Puerto Montt)

Estas regiones corresponden a sectores representativos de la costa chilena, en cuanto a localización de asentamientos humanos de densidad poblacional significativa y actividades económicas de importancia a nivel nacional. Además, la complementariedad se manifiesta en que sus masas de aguas marinas adyacentes presentan altas productividades, constituyendo núcleos de actividad pesquera artesanal y/o industrial.

Este estudio se encuentra aún en elaboración y se esperan sus resultados hacia fines de 1999.

## 1.6 CONCLUSIONES FINALES Y ACCIONES A EMPRENDER

Como consecuencia de este primer ejercicio de diagnóstico y evaluación de los progresos del país en la aplicación de la CMCC, el Gobierno ha identificado las siguientes acciones a emprender:

- **Definición e implementación de un Plan de Acción Nacional en Cambio Climático.**

El Plan deberá contener, entre otros, un programa de actualización periódica de las comunicaciones nacionales y del inventario de GEI; una estrategia de mitigación y de adaptación a los impactos del cambio climático (con definición de políticas y medidas, costos, institucionalidad, etc); una definición de la institucionalidad y los aspectos operacionales

### 1.5.2 ANALYSIS OF VULNERABILITY AND ADAPTATION TO CLIMATE CHANGE IN CHILE: COASTAL AREAS AND FISHING RESOURCES.

The purpose of this study is to identify high vulnerability areas, assess the effects of the increase in sea level and the surface temperature of the ocean on the uses of the coastline and fishing resources and to then propose adaptation measures for the changes observed.

The proposed scenario to determine the vulnerability profile of the areas being studied is a one meter increase in sea level. This working hypothesis reflects a pessimistic scenario, though it is considered as the standard scenario for coastal area vulnerability studies.

For fishing, the vulnerability profile considers a variation of the surface temperature (ST) of the ocean of .5°C, which corresponds to the most probable scenario with global warming (IPCC, 1995).

The areas selected are listed below:

- Region I - Tarapacá (Arica sector)
- Region VIII - Bío Bío (Río Biobío and Golfo de Arauco sector)
- Region X - Los Lagos (Valdivia sector)
- Region X - Los Lagos (Puerto Montt sector)

These regions are representative sectors of the Chilean coast, in terms of the location of human settlements with a significant population density and major economic activity. Moreover, there is also an element of complementarity in that the adjacent sea water has high yields, giving rise to centers of industrial and artisanal fishing activity.

This study is still underway and results are expected towards the end of 1999.

## 1.6 FINAL CONCLUSIONS AND FUTURE ACTIONS

The following future actions have been identified by the Government as a result of this first diagnostic exercise and evaluation of the country's progress in applying the FCCC:

- **Define and implement a National Action Plan for Climate Change.**

Including, but not limited to, the following actions: create a periodic updating schedule of the national communications and the GHG inventory; formulate a climate change mitigation and adaptation strategy (defining policies and

para establecer el MDL en Chile; la creación de un programa de desarrollo y/o de transferencia de nuevas tecnologías para mitigar y adaptarse a los efectos del cambio climático, la definición de una estrategia nacional para la utilización más efectiva del Fondo para el Medio Ambiente Mundial, y un programa de fomento a la investigación científica nacional en cambio climático

- **Utilización del Mecanismo de Desarrollo Limpio, MDL**

Este instrumento es reconocido por el Gobierno como fundamental para el diseño de acciones tempranas para enfrentar el cambio climático, por lo que es necesario desarrollar una institucionalidad nacional que permita coordinar las acciones a nivel interno para la aceptación, revisión e implementación de proyectos bajo esta modalidad, y que sirva a su vez, como enlace con la Junta Ejecutiva del Mecanismo de Desarrollo Limpio. La elaboración de criterios nacionales de aceptación de proyectos, la determinación de líneas de base de emisiones y la elaboración de los escenarios futuros, constituyen algunos de los aspectos que se deberán incorporar en el establecimiento de la institucionalidad nacional para el MDL.

- **Capacitación técnica e institucional para identificar proyectos y realizar estudios específicos**

La ejecución de los estudios sobre inventario de GEI, análisis de mitigación y evaluación de la vulnerabilidad/adaptación, ha generado la necesidad de establecer una capacidad técnica e institucional para la identificación de proyectos y estudios específicos, en áreas consideradas sensibles para el país, tales como:

- cambio de uso de la tierra y silvicultura (por ejemplo, identificar y mejorar el entendimiento de los procesos que han conducido a una mayor emisión de CO<sub>2</sub> equivalente en este sector; mejorar el entendimiento de los procesos de captura de carbono en superficies abandonadas; identificar y proponer acciones que mejoren la eficiencia de los procesos que utilizan leña como combustible).
- sector energía y procesos industriales (por ejemplo, identificar y evaluar opciones de mitigación en el sector transporte; evaluar los costos y beneficios de la introducción de estándares de eficiencia energética; explorar otras áreas que resulten atractivas para la introducción de energías renovables).
- inventarios de emisiones de gases de efecto invernadero (por ejemplo, actualización de los inventarios de los sectores Energía y No Energía para el período 90-97; incorporación de los subsectores Procesos Industriales y Uso de Solventes en

measures, costs, institutional framework, etc.); define the institutional framework and operational characteristics necessary to establish the CDM in Chile; create a development program and/ or technology transfer program to mitigate and adapt to the effects of climate change; define a national strategy to more effectively use the GEF resources; create a new national scientific research development program for climate change.

- **Use of the Clean Development Mechanism (CDM)**

This instrument is recognized by the Government as being fundamental in order to design early actions to deal with climate change. To do so, we must develop an institutional framework in Chile in order to coordinate domestic actions for the acceptance, revision and implementation of these projects and which will also serve as a link to the Executive Board of the Clean Development Mechanism. The formulation of national project acceptance criteria, determining baseline emission levels and developing future scenarios are just some of the aspects that should be included in the national institutional framework for the CDM.

- **Technical and institutional training to identify projects and carry out specific studies.**

The execution of GHG inventory studies and the mitigation and evaluation analyses of vulnerability/adaptation have created the need to develop institutional and technical capabilities to identify specific projects and studies in areas of concern for the country, such as:

- land use change and forestry (for example, identifying and improving the understanding of the processes leading to increased CO<sub>2</sub> equivalent emissions in this sector; improving our understanding of the carbon capture processes on abandoned land; identifying and proposing actions to improve the efficiency of processes in which firewood is used as fuel).
- energy sector and industrial processes (for example, identify and evaluate mitigation options for the transportation sector; evaluate the costs and benefits of introducing energy efficiency standards; explore other areas that could be attractive for introducing renewable energy sources).
- greenhouse gas emission inventories (for example, updating the Energy and Non-energy sectors for the 1990-97 period and incorporating the



dicha actualización; desagregación regional para el inventario del sector Energía, Procesos Industriales y Uso de Solventes; armonización de los programas de actualización del inventario de emisiones y sumideros; perfeccionamiento del modelo AGRI para la evaluación de las emisiones asociadas al módulo Agricultura, Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura y Gestión de Residuos; armonización de la definición de supuestos en la proyección de escenarios Caso Base y Año 2020 mitigado de los sectores Energía y No Energía).

- Opciones de mitigación y escenarios futuros (por ejemplo, revisión detallada y profundización de la evaluación económica desarrollada para los sectores de Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura y Consumo de Energía y Procesos Industriales, incluyendo factores como la viabilidad de la aplicación de medidas en el marco de prioridades y políticas nacionales en ejecución, la evaluación de co-beneficios y la determinación de los actores sociales en los que recaerán estos costos o beneficios; capacitación para elaborar líneas de base de emisiones y desarrollo de escenarios futuros mitigados; identificación de proyectos de reducción de emisiones y aumento de sumideros; establecer e incorporar en el plan de acción nacional en cambio climático, una estrategia de mitigación que aborde los aspectos centrales del análisis de escenarios de línea base y de proyecciones futuras).
- Estudios de vulnerabilidad y adaptación (por ejemplo, estudiar el reemplazo de variedades de cultivos, cambios en fechas de siembra y factibilidad de relocalización; evaluar el impacto de las alteraciones climáticas en áreas silvestres protegidas; identificar y profundizar el conocimiento de los impactos producidos por la alteración de los regímenes hídricos y térmicos en los tipos forestales nativos; 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; diseñar e implementar sistemas de alerta temprana del evento de El Niño y La Niña; establecer e incorporar en el plan de acción nacional en cambio climático, una estrategia de adaptación).
- Investigación científica en cambio climático (por ejemplo, estudiar la inclusión del estudio de los fenómenos asociados al cambio climático en la educación formal; priorizar áreas de estudios científicos relevantes para el país; instalar una estación de monitoreo de gases de efecto invernadero en el norte de Chile).
- Definir una Estrategia Nacional para el Fondo para el Medio Ambiente Mundial

*Industrial Processes and Solvent Use sub-sectors; obtain information on a regional scale for the Energy, Industrial Processes and Solvent Use inventory; standardize the programs used to update the emissions and sinks inventory; improve the AGRI model to evaluate emissions from Agriculture, Land Use Change and Forestry, and Waste Management; standardize the definition of assumptions in projecting Baseline and Year 2020 mitigated scenarios for the Energy and Non-energy sectors).*

- Mitigation and future scenario options (for example, perform a detailed revision and go further into depth in the economic assessment developed for the land use change and forestry, energy consumption and industrial processes sectors, including factors such as the feasibility of applying measures given the current national priorities and policies and evaluate the joint benefits and determine on which social players these costs or benefits will fall; provide training to determine baseline emission levels and develop future mitigation scenarios; identify emission reduction and sink increase scenarios; establish and incorporate in the national action plan for climate change a mitigation strategy that considers the central aspects of the baseline and future projections scenario analysis).
- Vulnerability and adaptation studies (for example, study the replacement of crop varieties, changes in planting dates and the feasibility of relocation; evaluate the impact of climate change on protected wilderness areas; identify and deepen our knowledge on the impact caused by the water and heat conditions on the native forest species; identify and deepen our knowledge on the impact of climate change on the advance of desertification and erosion in the north and central areas of the country; evaluate and promote research in the use of comprehensive pest and disease control systems; design and implement early warning systems for El Niño and La Niña phenomena; establish and include in the national action plan for climate change an adaptation strategy, among others).
- Scientific research on climate change (for example, study the possible inclusion of the study on climate change related phenomena in the formal education system; prioritize important areas of scientific study for the country; install a greenhouse gas monitoring station in the north of Chile).
- Define a National Strategy for the Global Environmental Facility, GEF





# LA CIENCIA DEL CAMBIO CLIMÁTICO





## 2. LA CIENCIA DEL CAMBIO CLIMÁTICO

En este capítulo se presentan extractos de la investigación científica recopilada por el PICC en su Segundo Informe de Evaluación en Cambio Climático, publicado en 1995. Este panel proporciona, en forma de recomendaciones, el sustento requerido por la Convención de Cambio Climático al momento de adoptar decisiones que involucren aspectos científicos y técnicos necesarios para la implementación de sus compromisos. Es, por lo tanto, la voz oficial en materia de cambio climático, y el Gobierno de Chile así lo ha validado.

Desde 1990, este panel de científicos ha hecho grandes adelantos en la comprensión del cambio climático<sup>9</sup> y actualmente, se encuentra elaborando el Tercer Informe de Evaluación, que será liberado a la comunidad internacional a comienzos del próximo milenio.

La información proporcionada por el PICC se vierte en este capítulo, a objeto de dar una voz de alerta a la comunidad nacional acerca de la gravedad del problema de cambio climático. Otra investigación científica especializada también es incorporada al final, cuyos descubrimientos se orientan en un sentido similar al del PICC.

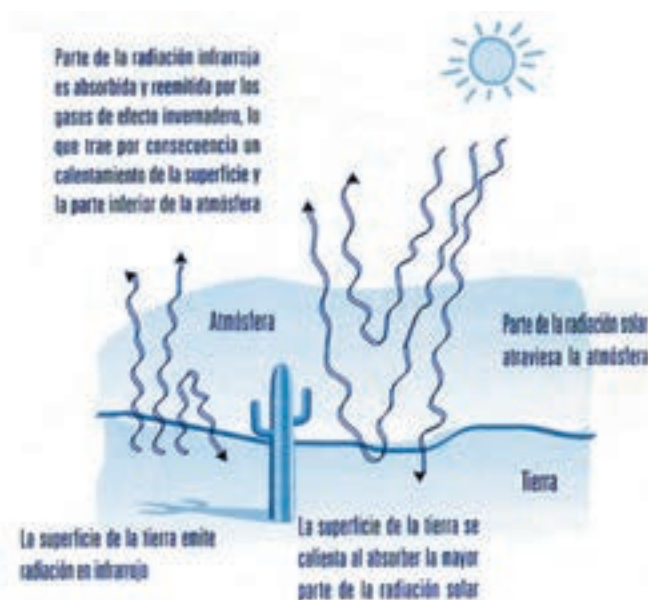
### 2.1 ¿QUÉ ES EL EFECTO INVERNADERO?

La temperatura del aire en la superficie terrestre resulta del balance entre la energía que llega al planeta a través de la radiación solar, y aquella que se pierde por enfriamiento, principalmente mediante radiación infrarroja (ver Figura 2.1).

El sol es la única fuente externa de calor de la Tierra. Cuando su superficie es alcanzada por la radiación solar, en forma de luz visible, una parte de ella es absorbida por la atmósfera y reflejada por las nubes, desiertos y nieves. La radiación remanente es absorbida por la superficie terrestre, calentándose y entibiando la atmósfera, generándose a su vez, la emisión de radiación infrarroja invisible.

Debido a que la atmósfera es relativamente transparente a la radiación solar, pequeñas cantidades de gases presentes en ella - conocidos como gases de efecto invernadero, GEI - absorben dicha radiación infrarroja, actuando como una sábana que previene el escape de la radiación hacia el espacio, calentando la superficie de nuestra Tierra al disminuir la emisión de radiación enfriante. Este es el llamado efecto invernadero, el cual ha operado en la atmósfera de la Tierra por billones de años, debido a la presencia de los GEI naturales: el vapor de agua, el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), el metano, ( $\text{CH}_4$ ), el óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) y el ozono ( $\text{O}_3$ ). Si no existiesen estos gases, la temperatura promedio de la Tierra sería  $30^\circ\text{C}$  más baja que en la actualidad, haciéndola inhabitable.

Sin embargo, aumentos en las concentraciones de GEI reducen la eficiencia con que la Tierra se enfría hacia el espacio, resultando en un forzamiento radiativo<sup>10</sup> positivo que tiende a calentar la baja atmósfera y la superficie terrestre. Este es el llamado efecto invernadero aumentado, cuya magnitud dependerá de la proporción del aumento en la concentración de cada gas invernadero, de las propiedades radiativas de los gases involucrados, y de la concentración de otros GEI ya presentes en la atmósfera. Esta intensificación del efecto invernadero natural, llevaría a un cambio asociado en el clima mundial, lo que podría traer consecuencias insospechadas para la humanidad.



### 2.2 AUMENTO DE LAS CONCENTRACIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

Con el fin de comprender lo que significa la perturbación antropógena del efecto invernadero, y de obtener un entendimiento cuantitativo de cuáles deberían ser las concentraciones de GEI que no producirían esta interferencia peligrosa en el sistema climático, primero se deben conocer las concentraciones actuales de los GEI en la atmósfera, sus tendencias, y las consecuencias -tanto presentes como futuras- para el sistema climático.

<sup>9</sup> El Grupo de Trabajo I del PICC se refiere al cambio climático como a cualquier cambio climático en el tiempo debido a la variabilidad natural o como resultado de las actividades humanas. Éste difiere del significado que se da en la Convención de Cambio Climático, que se refiere al cambio climático atribuido directa o indirectamente a las actividades humanas que alteran la composición de la atmósfera global, además de la variabilidad natural del clima en períodos de tiempo comparables.

<sup>10</sup> El forzamiento radiativo es la perturbación del balance energético del sistema atmósfera-Tierra, y se expresa en vatios por metro cuadrado ( $\text{Wm}^{-2}$ ).

Desde la época preindustrial (desde 1750 aproximadamente), las concentraciones de estos gases han producido un forzamiento radiativo positivo del clima que tiende a calentar la superficie y a producir otros cambios en el clima.

- Las concentraciones atmosféricas promedio globales de dióxido de carbono, metano y óxido nitroso, han crecido considerablemente: el  $\text{CO}_2$  de unos 280 a casi 360 ppmv (30%), el  $\text{CH}_4$  de 700 a 1720 ppbv (145%), y el  $\text{N}_2\text{O}$  de unos 275 a unos 310 ppbv (15%) (valores para 1992). Según el IPCC, estas tendencias pueden atribuirse en gran parte a las actividades humanas, sobre todo al uso de combustibles fósiles, al cambio de uso de la tierra y a las prácticas agrícolas.
- Existen gases de efecto invernadero que permanecen en la atmósfera durante mucho tiempo (por ejemplo, desde varios decenios hasta siglos para el  $\text{CO}_2$  y el  $\text{N}_2\text{O}$ ), afectando el forzamiento radiativo en escalas de tiempo largas<sup>11</sup>.
- El forzamiento radiativo directo de los gases de efecto invernadero de larga duración es de  $2.45 \text{ Wm}^{-2}$ , debido sobre todo a los aumentos de las concentraciones de  $\text{CO}_2$  ( $1.56 \text{ Wm}^{-2}$ ),  $\text{CH}_4$  ( $0.47 \text{ Wm}^{-2}$ ) y  $\text{N}_2\text{O}$  ( $0.14 \text{ Wm}^{-2}$ ) (valores para 1992).
- El forzamiento radiativo directo producto de la combinación de clorofluorocarbonos (CFC) e hidroclorofluorocarbonos (HCFC), es de  $0.25 \text{ Wm}^{-2}$ . Sin embargo, su forzamiento radiativo neto se reduce a  $0.1 \text{ Wm}^{-2}$  porque han ocasionado el agotamiento del ozono estratosférico, que a su vez, produce un forzamiento radiativo negativo. Gracias a la implementación del Protocolo de Montreal y sus enmiendas y ajustes, se prevé que las concentraciones de CFC y HCFC, y el consiguiente agotamiento del ozono, disminuirán considerablemente para el año 2050.
- En la actualidad, otros gases de efecto invernadero de larga duración, en especial el hidrofluorocarbono (HFC), un sustituto del CFC, el perfluorocarbono (PFC) y el hexafluoruro de azufre ( $\text{SF}_6$ ), contribuyen poco al forzamiento radiativo, pero su crecimiento previsto podría contribuir en varios puntos porcentuales al forzamiento radiativo en el siglo XXI.
- Si las emisiones de dióxido de carbono se mantienen a niveles parecidos a los actuales (año de referencia 1994), se producirá una tasa de crecimiento casi constante de las concentraciones atmosféricas durante, al menos, dos siglos, y se alcanzarían unos 500 ppmv para fines del siglo XXI (aproximadamente el doble de la concentración de la época pre-industrial).

- Diversos modelos del ciclo del carbono indican que sólo se podría alcanzar la estabilización de las concentraciones atmosféricas de  $\text{CO}_2$  en 450, 650 ó 1000 ppmv, si las emisiones mundiales antropogénicas de  $\text{CO}_2$  descienden a los niveles de 1990, en unos 40, 110 ó 240 años a partir del presente, respectivamente, y si a la postre, disminuyen hasta alcanzar niveles inferiores a los del decenio de 1990.
- En la serie de casos de estabilización estudiados, la estabilización a 450, 650 ó 1000 ppmv de emisiones antropogénicas acumuladas en el período 1991 - 2100 se situaba en 630 GtC, 1080 GtC, y 1410 GtC, respectivamente (+ - el 15% en cada caso).
- La estabilización de las concentraciones de  $\text{CH}_4$  y  $\text{N}_2\text{O}$  a los niveles actuales supone reducciones de emisiones antropogénicas del 8% y más del 50%, respectivamente.
- Hay indicios de que las concentraciones del ozono troposférico en el hemisferio norte han aumentado desde la época preindustrial debido a las actividades humanas, produciendo un forzamiento radiativo positivo. Este forzamiento todavía no está bien definido, pero se estima que es de unos  $0.4 \text{ Wm}^{-2}$  (15% del cual se debe a los gases de efecto invernadero de larga duración). Sin embargo, las observaciones de los últimos decenios muestran que la tendencia ascendente ha disminuido o se ha detenido. No obstante, se esperan cambios futuros en zonas tropicales y sub-tropicales.

## 2.3 LOS AEROSOLES ANTROPÓGENOS

Los aerosoles antropógenos son aquellas partículas microscópicas que resultan de la combustión de combustibles fósiles, de la combustión de la biomasa y de otras fuentes. Su presencia ha dado lugar a un forzamiento negativo directo de unos  $0.5 \text{ Wm}^{-2}$ , como media mundial, y es posible que también sean la causa de un forzamiento negativo indirecto de la misma magnitud. Si bien el forzamiento negativo se centra en determinadas regiones y zonas subcontinentales, puede afectar los esquemas climáticos a escala continental o hemisférica.

Los aerosoles antropógenos, a diferencia de los gases de efecto invernadero de larga duración, tienen poca duración en la atmósfera, por lo tanto, su forzamiento radiativo negativo se ajusta muy rápido a los aumentos y reducciones de las emisiones. Así, su efecto de enfriamiento no compensa el calentamiento generado por los GEI de larga duración.

<sup>11</sup> Se les conoce también como gases de efecto invernadero de larga duración.

## 2.4 CAMBIOS VERIFICADOS EN EL CLIMA EN EL ÚLTIMO SIGLO

Según el informe del PICC, los análisis de los datos meteorológicos, oceanológicos, geológicos y otros datos, correspondientes a zonas extensas y durante períodos de varios decenios o más, han entregado evidencias de la existencia de cambios sistemáticos importantes:

- La temperatura media global del aire cerca de la superficie terrestre ha aumentado entre unos 0,3 y 0,6°C desde fines del siglo XIX. Los datos adicionales obtenidos desde 1990 y los análisis que se han vuelto a realizar desde entonces, no alteran de forma significativa el rango del aumento estimado.
- Los últimos años han sido de los más cálidos desde 1860, a pesar del efecto de enfriamiento de 1991 producido por la erupción volcánica del Monte Pinatubo (Filipinas).
- En general, las temperaturas nocturnas sobre la Tierra han aumentado más que las temperaturas diurnas.
- Los cambios regionales son también evidentes. Por ejemplo, el reciente calentamiento ha sido mayor sobre los continentes de latitud media en invierno y en primavera, con algunas zonas de enfriamiento, como el Atlántico Norte. Las precipitaciones han aumentado sobre la Tierra en latitudes altas del hemisferio norte, sobre todo durante la estación fría.
- El nivel mundial del mar ha aumentado entre 10 y 25 cm en los últimos 100 años y gran parte de ese aumento está relacionado con el incremento de la temperatura media mundial.
- No se dispone de los datos adecuados para determinar si a lo largo del siglo XX, se han producido cambios duraderos en la variabilidad climática o en los valores extremos de las variables meteorológicas a nivel mundial. A nivel regional, hay indicios claros de cambios en algunos valores extremos, así como en indicadores de la variabilidad climática. Varios de estos cambios se han producido en el sentido del aumento de la variabilidad. En otros casos, lo que ha habido es un descenso de ella.
- Entre 1990 y mediados de 1995, la fase de calentamiento constante del fenómeno El Niño-Oscilación Del Sur, que causa sequías e inundaciones en numerosas zonas, fue excepcional respecto a la acostumbrada en los últimos 120 años.

## 2.5 DISTINCIÓN ENTRE INFLUENCIA NATURAL Y HUMANA SOBRE EL CLIMA MUNDIAL

Desde el Informe del PICC (1990), se han hecho grandes adelantos para tratar de distinguir entre las influencias naturales y las antropogénicas en el clima. Este progreso se ha logrado al incluir los efectos de los aerosoles sulfatados, además de los gases de efecto invernadero, obteniéndose así estimaciones más precisas del forzamiento radiativo debido a las actividades humanas. Los resultados más importantes relativos a las esferas de detección y atribución son:

- En las evaluaciones del significado estadístico de la tendencia observada de la temperatura media mundial durante el último siglo, se han utilizado una variedad de nuevas estimaciones de la variabilidad natural interna, así como la forzada por factores externos. Esas estimaciones se derivan de datos instrumentales, paleodatos, modelos climáticos sencillos y complejos, y modelos estadísticos adaptados a las observaciones. La mayoría de esos estudios han detectado un cambio importante, mostrando que es probable que la tendencia del calentamiento observado no sea totalmente de origen natural.
- Existen pruebas recientes más convincentes que atribuyen a las actividades humanas un efecto sobre el clima, que han surgido de estudios basados en patrones, en los cuales la respuesta climática de los modelos, cuando en ellos se tiene en cuenta tanto el forzamiento de los gases de efecto invernadero como el de los aerosoles sulfatados antropógenos, se compara con patrones geográficos, estacionales y verticales observados de la variación de la temperatura atmosférica. Esos estudios muestran que las correspondencias de dichos esquemas aumentan con el tiempo, como podría esperarse, dado que la señal antropogénica aumenta en fuerza. Además, es muy poco probable que esas correspondencias puedan ocurrir por casualidad como resultado sólo de una variabilidad interna natural. Los esquemas verticales del cambio también son incompatibles con los previstos para un forzamiento solar o volcánico.
- La capacidad para cuantificar la influencia humana en el clima mundial está limitada actualmente porque la señal prevista apenas está surgiendo del ruido de la variabilidad natural, y porque existen incertidumbres en factores claves. Entre estos se incluyen la magnitud y los patrones de la variabilidad natural a largo plazo, así como el forzamiento que evoluciona con

el tiempo, y la respuesta, a causa de los cambios en las concentraciones de gases de efecto invernadero y los aerosoles, y los cambios en la superficie terrestre. Sin embargo, según el PICC, el balance de las pruebas sugiere que existe una influencia humana perceptible en el cambio climático a escalas regional y global.

## 2.6 CAMBIOS ESPERADOS DEL CLIMA EN EL FUTURO

A falta de políticas de mitigación o de avances tecnológicos importantes que permitan reducir las emisiones y/o aumentar los sumideros, se espera que las concentraciones de gases de efecto invernadero y aerosoles crezcan durante todo el siglo próximo.

El PICC, a fin de evaluar lo que podría suceder en el futuro con el clima ante cambios en las concentraciones de GEI, ha elaborado una serie de escenarios, IS92 a-f, de futuras emisiones de gases de efecto invernadero y precursores de aerosoles, sobre la base de hipótesis relacionadas con el crecimiento de la población y crecimiento económico, el uso de la tierra, los cambios tecnológicos, la disponibilidad de energía y la combinación de combustibles en el período 1990 a 2100 (ver Figura 2.2).

Según estos escenarios, se prevé que las emisiones de dióxido de carbono en el año 2100 se sitúen entre las 6 Gt al año, aproximadamente igual a las emisiones actuales, y las 36 Gt al año (con el extremo inferior de la gama del PICC), suponiendo un bajo crecimiento demográfico y económico hasta el año 2100. Se ha previsto que las emisiones de metano se sitúen entre 540 y 1170 Tg  $\text{CH}_4$  al año (las emisiones fueron en 1990 de unas 500 Tg  $\text{CH}_4$ ), que las emisiones de óxido nitroso se sitúen entre 14 y 19 Tg N al año (las emisiones en 1990 fueron de unos 13 Tg N). En todos los casos, las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera y el forzamiento radiativo total, siguen aumentando durante el período de simulación 1990 a 2100.

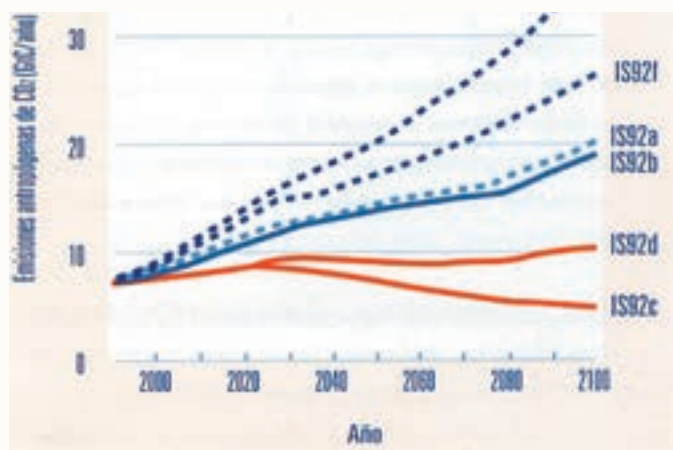
**Incrementos potenciales de Temperatura.** Para el escenario de emisiones del PICC a mediano plazo, IS92a, partiendo de la hipótesis del valor de la “mejor estimación” de la sensibilidad del clima<sup>12</sup>, incluidos los efectos de los futuros aumentos de las concentraciones de aerosoles, en los modelos se prevé un incremento de la temperatura superficial media global con relación a 1990 de unos 2°C para el año 2100. Esta estimación es aproximadamente inferior en un tercio a la “mejor estimación” en 1990. Se debe principalmente a escenarios de menores emisiones (en particular de  $\text{CO}_2$  y CFC), a la inclusión del efecto de enfriamiento de sulfatos en aerosol, y a las mejoras en el tratamiento del ciclo de carbono.

Combinando el escenario de emisiones más bajas del PICC (IS92c),

con un valor “bajo” de sensibilidad al clima, e incluyendo los efectos de futuros cambios en las concentraciones de aerosoles, se llega a un aumento previsto de 1°C aproximadamente para el año 2100.

La proyección correspondiente para el escenario de mayores emisiones del PICC (IS92e), combinado con un valor “alto” de sensibilidad climática, da un calentamiento de unos 3,5°C. En todos los casos, la tasa media de calentamiento probablemente sea mayor que cualquiera de las observadas en los últimos 10.000 años, pero en los cambios reales anuales a decenales, habrá una considerable variabilidad natural. Los cambios regionales de temperatura pueden diferir sustancialmente del valor medio global. Debido a la inercia térmica de los océanos, para el 2100 sólo tendría lugar entre el 50% y el 90% del cambio de temperatura de equilibrio final, y la temperatura seguiría aumentando después del 2100, incluso si se estabilizara entonces la concentración de gases de efecto invernadero.

FIGURA 2.2 Emisiones antropógenas anuales de dióxido de carbono, de acuerdo a los escenarios de emisiones IS92



**Incrementos potenciales en el nivel del mar.** Se espera que el nivel medio del mar aumente como resultado de la expansión térmica de los océanos y de la fusión de glaciares y capas de hielo. En el escenario IS92a, suponiendo los valores de la “mejor estimación” de sensibilidad del clima y de sensibilidad de la fusión de los hielos al calentamiento, incluidos los efectos de los futuros cambios en las concentraciones de aerosoles, en los modelos se prevé un aumento del nivel del mar de unos 50 cm desde ahora hasta el año 2100. Tal estimación es un 25% inferior aproximadamente a la “mejor estimación” de 1990, debido a la menor proyección de la temperatura, pero refleja asimismo mejoras en los modelos del clima y de fusión de hielos. Combinando el escenario de las emisiones más bajas (IS92c)

<sup>12</sup> En los informes del PICC, por sensibilidad del clima se entiende normalmente el cambio a largo plazo (equilibrio) de la temperatura superficial media global como consecuencia de una duplicación de la concentración de  $\text{CO}_2$  equivalente en la atmósfera. Más generalmente, se refiere al cambio de equilibrio en la temperatura del aire en la superficie como consecuencia de un cambio unitario en el forzamiento radiativo ( $^{\circ}\text{C}/\text{Wm}^{-2}$ ).



con las "bajas" sensibilidades del clima y de la fusión de hielos, incluidos los efectos de los aerosoles, se obtiene una elevación del nivel del mar prevista de unos 15 cm desde ahora hasta el año 2100.

La proyección correspondiente para el escenario de emisiones más altas (IS92c), combinado con "elevadas" sensibilidades del clima y de la fusión de hielos, da una elevación del nivel del mar de unos 95 cm desde ahora hasta el 2100. El nivel del mar seguirá subiendo a un ritmo similar en los próximos siglos después del 2100, incluso si para entonces se estabilizaran las concentraciones de gases de efecto invernadero, proceso que continuaría incluso después de estabilizarse la temperatura media global. Los cambios regionales en el nivel del mar pueden diferir del valor medio global debido a movimientos de tierras y a los cambios de las corrientes oceánicas.

La confianza es mayor en las proyecciones a escala hemisférica - continental de modelos climáticos acoplados atmósfera - océano que en las proyecciones regionales, donde la confianza sigue siendo reducida. Hay más confianza en las proyecciones de temperatura que en las previsiones de cambios hidrológicos.

Todas las simulaciones realizadas con los modelos, tanto aquellas en las que se tienen en cuenta los gases de efecto invernadero y los aerosoles, como aquellas otras en las que solamente se tienen en cuenta los gases de efecto invernadero, muestran las siguientes características: un calentamiento máximo en superficie sobre las tierras de latitudes septentrionales altas en invierno, poco calentamiento en superficie sobre el Ártico en verano; una intensificación del ciclo hídrico mundial medio, y más precipitaciones y humedad del suelo en elevadas latitudes en invierno. Todos estos cambios están vinculados a mecanismos físicos identificables.

Temperaturas más tibias llevarán a un ciclo hidrológico más vigoroso, lo que se traduce en perspectivas de sequías y/o crecidas más severas en unos lugares y menos severas en otros. Varios modelos indican un aumento de la intensidad de las precipitaciones, lo que sugiere la posibilidad de fenómenos de precipitaciones más extremos. Los conocimientos actuales no son suficientes para afirmar si habrá cambios en la ocurrencia o distribución geográfica de fuertes tormentas, por ejemplo, ciclones tropicales.

## 2.7 INCERTIDUMBRES EN LA PREDICCIÓN Y DETECCIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO

Existen numerosas incertidumbres, y muchos factores limitan de momento la capacidad para predecir y detectar el cambio climático. Es difícil predecir, por su propia naturaleza, los cambios inesperados, grandes y rápidos del sistema climático en el futuro (lo mismo que ha ocurrido en el pasado). Esto presupone que los futuros cambios

climáticos pueden deparar también "sorpresas". En particular, esto se debe al carácter no lineal del sistema climático. Cuando se produce un rápido forzamiento, los sistemas no lineales pueden exhibir un comportamiento imprevisto; así, es posible realizar avances investigando procesos no lineales y subcomponentes del sistema climático. Entre los ejemplos de comportamiento no lineal, cabe citar rápidos cambios de circulación en el Atlántico Norte y retroacciones asociadas con los cambios del ecosistema terrestre.

## 2.8 IMPACTOS REGIONALES DEL CAMBIO CLIMÁTICO: EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD EN AMÉRICA LATINA<sup>13</sup>

El PICC, en su informe especial sobre los impactos regionales del cambio climático, hace una evaluación de la vulnerabilidad<sup>14</sup> regional frente al cambio climático, centrándose en los posibles impactos a largo plazo sobre los ecosistemas, la hidrología y los recursos hídricos, la producción de alimentos y fibras, los sistemas costeros, los asentamientos humanos, la salud humana y otros sectores o sistemas importantes (incluido el sistema climático), todos los cuales son vitales para un desarrollo sostenible.

El análisis se realizó respecto de 10 regiones que, conjuntamente, abarcan la superficie total de la Tierra: África, Regiones Polares (el Ártico y el Antártico), Asia Occidental árida (Oriente Medio y Asia árida), Australasia, Europa, América Latina, América del Norte, pequeños Estados Insulares, Asia Templada y Asia Tropical.

### 2.8.1 LA EVALUACIÓN REGIONAL PARA AMÉRICA LATINA

Algunos de los países, especialmente los del istmo de América Central, más Ecuador, Brasil, Perú, Bolivia, Chile y Argentina, se ven actualmente muy afectados por las consecuencias socioeconómicas de la variabilidad del clima a escala entre estacional e interanual, y particularmente, por el fenómeno El Niño Oscilación Austral (ENOA). La mayoría de la producción está basada en los extensos ecosistemas naturales de la región, y el impacto de la actual variabilidad del clima sobre los recursos naturales, sugiere que la repercusión de los cambios climáticos previstos podría ser suficientemente importante para ser tenida en cuenta en las iniciativas de planificación nacionales y regionales. La utilización de las tierras es actualmente una de las causas más importantes del cambio que están experimentando los ecosistemas, mediante sus complejas interacciones con el clima. Este factor hace muy difícil encontrar pautas comunes en cuanto a la vulnerabilidad al cambio climático.

Cabe resaltar que tanto para esta región como para las otras regiones consideradas en el informe del PICC, gran parte de la información se basó en los estudios de vulnerabilidad realizados por

<sup>13</sup> La información vertida en este capítulo está basada en el Informe Especial del PICC, Impactos Regionales del Cambio Climático: Evaluación de la Vulnerabilidad, publicado en noviembre de 1997.

<sup>14</sup> Según el PICC, la vulnerabilidad se define como el grado en que un sistema natural o social podría resultar afectado por el cambio climático. La vulnerabilidad es función de la sensibilidad de un sistema a los cambios del clima (el grado en que un sistema responderá a determinado cambio del clima, incluidos los efectos beneficiosos y perjudiciales), y de su capacidad para adaptarse a dichos cambios (el grado en que los ajustes introducidos en las prácticas, procesos o estructuras pueden moderar o contrarrestar los posibles daños o beneficiarse de las oportunidades creadas, por efecto de determinado cambio del clima).

algunos países a escala local o nacional. Particularmente, en América Latina los estudios han sido escasos en esta área, por lo que la información vertida a continuación es aún insuficiente, y deberá ser mejorada, a medida que los demás países vayan realizando sus estudios de vulnerabilidad correspondientes.

La evaluación regional para América Latina concluyó que un creciente deterioro del medio ambiente en la región (expresado como cambios en la disponibilidad de agua, pérdida de tierras agrícolas o anegamiento de áreas costeras, ribereñas y llanas), a que darían lugar el cambio del clima, la variabilidad climática y las prácticas de utilización de las tierras, agravarían los problemas socioeconómicos y sanitarios, fomentando la migración de las poblaciones rurales y costeras. Más específicamente, la evaluación arrojó los siguientes impactos potenciales:

### **Ecosistemas**

Se espera que el cambio climático afecte a grandes extensiones de bosques y pastizales; los ecosistemas de montaña y las zonas de transición entre distintos tipos de vegetación serán especialmente vulnerables. El cambio climático podría agravar los efectos adversos de la continuada deforestación de los bosques pluviales de la Amazonía. Este impacto podría ocasionar una pérdida de diversidad biológica, y reduciría las lluvias y la escorrentía tanto en el interior como en el exterior de la cuenca del Amazonas (debido al desbalance entre la precipitación y la evapotranspiración), afectando al ciclo del carbono mundial.

### **Hidrología y Recursos Hídricos**

El cambio climático podría afectar notablemente al ciclo hidrológico, alterando la intensidad y la distribución temporal y espacial de las precipitaciones, de la escorrentía de superficie y de la recarga de agua, generando impactos diversos sobre diferentes ecosistemas naturales y actividades humanas. Las áreas áridas y semiáridas serán particularmente vulnerables a un cambio en la disponibilidad de agua. La generación de energía hidroeléctrica y la producción de cereales y ganado, serán especialmente vulnerables al cambio en el suministro de agua, particularmente en Costa Rica, Panamá y el pie de monte de los Andes, así como en áreas adyacentes de Chile y del occidente de Argentina, entre los 25°S y los 37°S. Los impactos sobre los recursos hídricos podrían ser suficientes para provocar conflictos entre usuarios, regiones y países.

### **Producción de Alimentos y de Fibras**

Se prevé una disminución de la producción agrícola - incluso tomando en cuenta los efectos positivos del aumento de CO<sub>2</sub>, sobre el crecimiento de los cultivos y un cierto grado de adaptación de

las explotaciones agrarias - para varios tipos de cultivos de México, países del istmo de América Central, Brasil, Chile, Argentina y Uruguay. Además, la producción pecuaria menguará si las praderas de las regiones templadas se ven afectadas por una disminución sustancial de la disponibilidad de agua. Los fenómenos extremos (por ejemplo, crecidas, sequías, heladas o tormentas), podrían perjudicar los pastizales y la producción agrícola (por ejemplo, los cultivos de banana de América Central).

Las formas de vida de los pueblos tradicionales, tales como las comunidades andinas, resultarían amenazadas si disminuyera la productividad o la superficie de los pastizales o de los cultivos tradicionales.

### **Sistemas Costeros**

En las costas bajas y estuarios de los países del istmo de América Central, Venezuela, Argentina o Uruguay, el aumento del nivel del mar podría reducir la tierra de las costas y la diversidad biológica (en particular, arrecifes de coral, ecosistemas de manglares, humedales de estuario, mamíferos marinos y pájaros), dañar las infraestructuras y ocasionar intrusiones de agua salada. Si la subida del nivel del mar bloqueara la escorrentía de los ríos de llanura hacia el océano, podría aumentar el riesgo de crecida en esas cuencas (por ejemplo, en la Pampa argentina).

### **Asentamientos Humanos**

El cambio climático tendría diversos efectos directos e indirectos sobre el bienestar, la salud y la seguridad de los habitantes de América Latina. Además, podría exacerbar el impacto directo como consecuencia del aumento del nivel del mar, de condiciones meteorológicas extremas (por ejemplo, crecidas, crecidas instantáneas, tempestades, desprendimientos de tierra u olas de frío o de calor), así como los efectos indirectos ocasionados por el impacto en otros sectores, tales como el abastecimiento de agua y alimentos, el transporte, la distribución de energía y los servicios de saneamiento.

Serán particularmente vulnerables los grupos de población que habitan en barrios pobres, en los suburbios de las grandes ciudades, y especialmente si están situados en áreas propensas a las crecidas o en laderas inestables.

### **Salud Humana**

Los cambios proyectados del clima podrían intensificar los efectos del grave estado crónico de desnutrición y enfermedades en que se encuentran algunas poblaciones de América Latina. Si aumentaran la temperatura y las precipitaciones, la distribución geográfica de las enfermedades transmitidas por vectores (por ejemplo, paludismo, dengue, chagas), y de las enfermedades infecciosas (por ejemplo, el



cólera), se extenderían hacia el sur y hacia terrenos más elevados. La contaminación y las altas concentraciones de ozono en la superficie, intensificados por un aumento de la temperatura superficial, podrían afectar negativamente a la salud y el bienestar de las personas, especialmente en áreas urbanas.

## 2.9 OTROS ESTUDIOS CIENTÍFICOS ESPECIALIZADOS

La comunidad científica internacional ha destinado importantes recursos y esfuerzos para mejorar el estado del conocimiento respecto de la influencia del cambio global en una serie de fenómenos observados en esta última década. Junto a las publicaciones científicas, son cada día más frecuentes las publicaciones en las áreas de la tecnología y los negocios sobre temas relacionados con el calentamiento global, el cambio climático y las oportunidades y desafíos que generará la aplicación de la CMCC.

El variado carácter de los medios de publicación y el elevado número de artículos, son indicadores de la diversidad de los grupos de interés, de la relevancia que el tema adquiere día y día, y de las acciones que estos desarrollan a lo largo del mundo. Entre las áreas más recurrentes que preocupan a estas agrupaciones -desde sus particulares perspectivas-, está mejorar el estado del conocimiento del fenómeno y sus implicancias para los sistemas de vida humana y los ecosistemas, propiciar iniciativas de mitigación o diseñar instrumentos económicos para el control de las emisiones de GEI e identificar oportunidades de negocios.

La evidencia científica conduce en primer lugar -al igual que los informes del IPCC-, a la conclusión que las actividades humanas son fuerzas que influyen en el calentamiento global y, en segundo lugar, a la imposibilidad de descartar este calentamiento como uno de los factores determinantes en la ocurrencia de alteraciones de escala regional y planetaria significativas, tales como el derretimiento de glaciares, alteraciones de ecosistemas marinos y terrestres, el aumento de la temperatura de la corteza terrestre, la disminución de las áreas cubiertas por los hielos árticos, entre otras.

- El desarrollo de técnicas analíticas para la detección y cuantificación de la presencia de GEI, por ejemplo, en núcleos de hielo (árticos, antárticos y glaciares) y anillos de árboles, ha permitido estimar la variación de los GEI en períodos en los que no existía registro instrumental. Estos análisis llevan a concluir que, si bien estos gases han experimentado variaciones naturales (no atribuibles al hombre) a lo largo de los últimos 10.000 años, en los últimos 200 años se ha agregado a la atmósfera una cantidad 3 veces mayor de CO<sub>2</sub> que aquella agregada en

los primeros 7000 años del período de 10.000 años estudiado (Nature, Marzo 8, 1999).

- De acuerdo a lo señalado por NOAA, NASA y WMO, 1998 ha sido el año más cálido desde que existe registro instrumental. El rápido calentamiento ocurrido durante los últimos 25 años muestra que el mayor incremento se produce en forma simultánea al incremento de GEI. Los 10 años más cálidos de la historia registrada se produjeron a partir de 1983, con 7 de ellos en la década del 90. (Wall Street Journal, Dic. 8, 1998; Washington Post, Dic. 8, 1998; The New York Times Dic. 18, 1998).
- La capa de hielo que cubre Groenlandia se derrite más rápido que lo estimado, y cada año, en el período 93 a 98, perdió cerca de 2 millas cúbicas de hielo. De acuerdo a la NASA, si bien 5 años no son suficientes para definir una tendencia, la magnitud es considerable y podría deberse en parte al calentamiento global. Los científicos han observado que las masas de hielo se mueven más rápidamente hacia el océano. (Science, Marzo 5, 1999).
- Estudios conducidos por 3 grupos de científicos (Universidad de Michigan, U.S. Geological Survey y National Center for Atmospheric Research), en forma independiente, llegan a la conclusión de que las actividades humanas son fuerzas significativas en el calentamiento global. La temperatura de la tierra (corteza terrestre) se ha incrementado en 1.8 °F durante los últimos 5000 años, y cerca de la mitad de este incremento ocurrió desde 1900 hasta hoy. Uno de los informes refuta la tesis sostenida por los escépticos del calentamiento global que sostienen que éste se debería al aumento de la actividad solar, señalando que la Tierra debería ser 6 veces más sensible a la exposición solar para que esta razón por sí sola explicara el calentamiento global. (Science, Octubre 9, 1998).



# MARCO REGULATORIO EN MATERIA DE CAMBIO CLIMÁTICO





## 3. MARCO REGULATORIO EN MATERIA DE CAMBIO CLIMÁTICO

Gran parte de la información científica mostrada en el capítulo anterior, ya era conocida por la comunidad científica en los años ochenta, época en que muchos investigadores comenzaron a manifestar una gran preocupación porque el aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero, atribuible en gran parte a un mayor consumo de combustibles fósiles, estaría afectando el delicado balance del sistema climático del planeta. A fin de enfrentar esta amenaza global, era necesario que todas las naciones se unieran y se rigieran por un marco de acción universal, con responsabilidades comunes pero diferenciadas, para lo cual debía acordarse un convenio internacional que estableciera acciones específicas a realizar por las partes, a objeto de estabilizar las concentraciones de los gases invernadero, minimizando así la interferencia antropógena sobre dicho sistema climático.

En este capítulo se describe cuáles son los instrumentos regulatorios que la comunidad internacional ha diseñado para enfrentar el problema del cambio climático, además de señalar el marco jurídico ambiental nacional vigente que hace posible la implementación de estos acuerdos en Chile.

### 3.1 LA CONVENCIÓN MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMCC), es el primer instrumento internacional legalmente vinculante que aborda directamente el tema de cambio climático. Fue abierta para firmas en la Cumbre de Río (1992), ocasión en la cual fue suscrita por 155 países, entre ellos Chile, y entró en vigor el 21 de Marzo de 1994, luego que se depositara la 50ª ratificación en la sede de las Naciones Unidas.

#### 3.1.1 OBJETIVO

El objetivo de la CMCC y de todo instrumento jurídico conexo que adopte la Conferencia de las Partes, establecido en su Artículo 2, es “...lograr, de conformidad con las disposiciones pertinentes de la Convención, la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático. Ese nivel debería lograrse en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, asegurar que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible”.

#### 3.1.2 PRINCIPIOS BÁSICOS

Los principios básicos de la CMCC son tres: el principio precautorio, la responsabilidad común pero diferenciada de los estados (lo cual asigna a los estados industrializados el liderazgo para combatir el cambio climático), y la contribución al desarrollo sostenible.

#### 3.1.3 COMPROMISOS PARA TODAS LAS PARTES

Los compromisos generales, aplicados tanto a países desarrollados como en desarrollo, están establecidos en el Artículo 4.I de la Convención. Entre ellos, destacan como los más relevantes, el elaborar, actualizar y publicar periódicamente tanto un inventario nacional de emisiones y sumideros de gases de efecto invernadero, como programas nacionales y/o regionales de mitigación y adaptación a los impactos derivados del cambio climático.

Otros compromisos establecidos en el Artículo 4.I dicen relación con transferencia tecnológica, prácticas y procesos que reduzcan las emisiones, conservación y aumento de sumideros, adaptación a los impactos, investigación científica y tecnológica, intercambio de información, educación y capacitación. Estos compromisos deben verse reflejados en los programas nacionales y/o regionales antes mencionados.

La Convención reconoce que el cumplimiento de los compromisos de los países en desarrollo dependerá de la ayuda técnica y financiera proporcionada por los países desarrollados; además, se da especial consideración a los países menos desarrollados y a aquellos que son particularmente vulnerables por condiciones geográficas. Este enfoque es consistente con el principio ampliamente reconocido de las responsabilidades comunes pero diferenciadas de los Estados, en sus diferentes niveles de desarrollo.

*Los países desarrollados y con economías en transición que conforman el Anexo I de la CMCC deben tomar el liderazgo en adoptar las medidas para combatir el cambio climático.* En este sentido, se acordó que estos países deberían tomar medidas para limitar las emisiones de dióxido de carbono y otros gases invernadero, con el fin de retomar a los niveles de 1990 en el año 2000.

*La CMCC también establece obligaciones más específicas para categorías particulares de Estados.* En este sentido, distingue entre miembros OECD (listados en el Anexo II del Convenio); países en transición a una economía de mercado (países de Europa del Este,

incluidos junto a los desarrollados en el Anexo I), y los países en desarrollo. La CMCC establece para los países OECD las medidas más restrictivas, mientras que permite mayor flexibilidad a los países con economías en transición.

*Los países listados en el Anexo I deben facilitar la transferencia de tecnología y proveer recursos financieros a los países en desarrollo para que estos puedan implementar la Convención.* Para ello, la Convención requiere que los países del Anexo I financien los costos en que incurran los países en desarrollo al elaborar informes de emisiones de gases de efecto invernadero y adoptar medidas para implementar la CMCC. Esta ayuda financiera debe ser “nueva y adicional”, y no una reasignación de fondos existentes para la ayuda oficial al desarrollo.

Adicionalmente, los países Anexo I deberán proveer recursos financieros para otros proyectos relacionados con la Convención, que han sido acordados entre un país en desarrollo y el mecanismo financiero de la Convención. Hasta el momento, este mecanismo financiero es administrado por el GEF (Global Environmental Facility) o Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM).

### 3.1.4 COMPROMISOS PARA LOS PAÍSES EN DESARROLLO

De acuerdo a lo señalado en su Artículo 12 y las decisiones adoptadas en la 2ª Reunión de la Conferencia de las Partes en relación con los compromisos de los países en desarrollo, éstos deberán presentar sus primeras comunicaciones nacionales a la Conferencia de las Partes, las que incluirán un inventario de emisiones de gases de efecto invernadero y su absorción por sumideros; y, si es posible, las políticas y medidas que el país ha desarrollado o piensa desarrollar para implementar la Convención, junto con aportar datos científicos u otros relevantes que ayuden a clarificar las tendencias globales de las emisiones.

Además, estas Partes deben especificar sus prioridades de desarrollo y los objetivos y circunstancias bajo las cuales realizarán actividades relativas al cambio climático y sus impactos. Asimismo, las Partes informarán de sus decisiones voluntarias en orden a la adopción de medidas de mitigación y adaptación al cambio climático, toda vez que los países en desarrollo no tienen obligación de tomar dichas medidas.

## 3.2 PROTOCOLO DE KIOTO

Pese a lo estricto que pudieran resultar los compromisos establecidos para los países desarrollados bajo el marco de la Convención, éstos no fueron suficientes para lograr la meta de reducción establecida para esas Partes (esto es, llegar a los niveles de emisiones de 1990 en el año 2000). En efecto, en la Primera Reunión de la

Conferencia de las Partes, efectuada en Berlín en 1995, se concluyó que el grado de cumplimiento de los compromisos de los países Anexo I era insuficiente, y más aún, algunas Partes anunciaron su imposibilidad de cumplir las metas acordadas. En ese momento, se estimó urgente comprometer acciones más concretas y con un carácter vinculante, que dieran cuenta de logros efectivos por parte de los países desarrollados.

Lo anterior se concretó durante la Tercera Reunión de la Conferencia de las Partes de la CMCC, realizada en Kioto en diciembre de 1997, donde se adoptó el llamado Protocolo de Kioto, luego de un proceso de negociación de casi tres años. Las Partes de la Convención lo adoptaron como un instrumento legalmente vinculante que, en lo medular, establece compromisos más estrictos de reducción y limitación de emisiones de gases efecto invernadero para los países del Anexo I de la Convención, y un calendario para cumplir dichos compromisos.

El acuerdo principal fue la reducción conjunta -en al menos un 5%- de las emisiones de GEI para el período 2008-2012 con respecto a los niveles de 1990 (expresadas como emisiones de CO<sub>2</sub> equivalentes). Entre los compromisos individuales destacan: una reducción del 8% para la Unión Europea, 7% para EE.UU., 6% para Japón y 6% para Canadá, y un crecimiento restringido en las emisiones para países en situaciones especiales, tales como Australia (8%) e Islandia (10%).

En esta Tercera Reunión también fue ampliado el listado original de gases controlados: además de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O, se incluyeron los HFCs, PFCs y el SF<sub>6</sub>. Otros avances importantes de dicha reunión fueron la inclusión de los efectos del cambio de uso de la tierra, la transacción de emisiones entre los países, y el establecimiento de un Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), el cual permitirá a las Partes desarrollar iniciativas para reducir emisiones o aumentar la absorción de GEI, y obtener créditos por tales acciones. Estos créditos podrán ser transados entre las Partes o ser retenidos, con el objetivo de compensar emisiones futuras propias o de otras Partes.

El Protocolo de Kioto está abierto para ratificación a partir de marzo de 1999, y entrará en vigor cuando 55 países hayan depositado sus instrumentos de ratificación, aceptación, aprobación o adhesión en la sede de Naciones Unidas, y entre esos países, deben haber Partes del Anexo I que den cuenta del 55 % del total de emisiones de CO<sub>2</sub> que los países desarrollados y con economías en transición emitieron en 1990. A la fecha de preparación de esta Primera Comunicación, 11 países lo han ratificado, siendo todos países en desarrollo.

## 3.3 LA POLÍTICA AMBIENTAL DE CHILE Y SU VINCULACIÓN CON EL CAMBIO CLIMÁTICO

Los compromisos que Chile ha asumido frente a la comunidad internacional en materia de cambio climático, son consistentes con los objetivos de política ambiental que el país aborda en el ámbito interno y con su legislación vigente. Así por ejemplo, la Constitución Política de Chile, en su artículo 19, inciso 8°, establece que todas las personas “tienen el derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación”. Y este principio está recogido en la Política Ambiental de Chile, actualmente en implementación, cuyo objetivo general es promover la sustentabilidad ambiental del proceso de desarrollo y mejorar la calidad de vida de los ciudadanos, garantizando un medio ambiente libre de contaminación, la protección del medio ambiente, la preservación de la naturaleza y la conservación del patrimonio ambiental.

Un paso sustantivo en el diseño e implementación de esta Política Ambiental fue dotar al país con una moderna legislación y una nueva institucionalidad ambiental. En efecto, el desarrollo del marco normativo, iniciado a partir de 1990, condujo finalmente a la dictación de la Ley N° 19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente, promulgada en marzo de 1994. Esta Ley permite hacerse cargo de la temática ambiental desde una perspectiva integral, sentando las bases para una gestión ambiental eficiente y fijando criterios institucionales y regulatorios que comprometen las acciones del Estado, del sector privado y de la ciudadanía.

En ella, se define el concepto de desarrollo sustentable como “el proceso de mejoramiento sostenido y equitativo de la calidad de vida de las personas, fundado en medidas apropiadas de conservación y protección del medio ambiente, de manera de no comprometer las expectativas de las generaciones futuras”. La estrecha relación entre ambiente, calidad de vida y desarrollo productivo, obliga a armonizar las políticas ambientales con las sociales y económicas.

La Ley, al crear la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA), sin derogar las competencias de los ministerios y demás servicios públicos, sienta las bases para el Sistema Nacional de Gestión Ambiental: una institucionalidad de tipo transversal y de carácter coordinador; en un marco de descentralización territorial y de simplicidad administrativa. El Sistema Nacional de Gestión Ambiental está compuesto por todos los ministerios, organismos sectoriales de la administración central y los organismos descentralizados a los que el conjunto de leyes vigentes asigna responsabilidades y potestades ambientales. El eje coordinador de este sistema es CONAMA, en interrelación directa con otros organismos del Estado, los sectores productivos y la ciudadanía.

La estructura institucional de CONAMA está encabezada por el Consejo de Ministros, integrado por 13 Ministros de Estado; cuenta además con un Consejo Consultivo, de nivel nacional y regional, integrado por miembros de la sociedad civil, y una Dirección Nacional, que descentraliza sus tareas a través de las Direcciones Regionales

del Medio Ambiente (COREMAS), establecidas en cada una de las 13 regiones administrativas del país.

Esta Comisión Nacional ha asumido el mandato de coordinar el desarrollo de las políticas, estrategias y programas ambientales, los que están siendo aplicados por diferentes ministerios y agencias gubernamentales.

Entre los objetivos definidos en la Política Ambiental del Gobierno de Chile, y como parte integrante de ella, el pleno cumplimiento de los compromisos establecidos por la CMCC es una meta central que Chile ha asumido frente a la comunidad internacional. Y la estructura institucional antes señalada, ha permitido comenzar a desarrollar la temática del cambio climático en forma integral.

Desde la ratificación de esta Convención, CONAMA se ha transformado en un punto focal para el cambio climático: bajo su coordinación se ha canalizado la cooperación bilateral y multilateral que ha permitido la elaboración de esta Primera Comunicación Nacional, se ha constituido el Comité Nacional Asesor sobre Cambio Global y se ha colocado el tema y sus implicancias para Chile al más alto nivel de decisiones políticas. Por su parte, el Ministerio de Relaciones Exteriores, a través de su Dirección de Medio Ambiente, es el responsable de articular las negociaciones de Chile en los temas ambientales internacionales, y en particular, las negociaciones relacionadas con la CMCC.

Junto con la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, entre otros acuerdos ya ratificados<sup>15</sup> vinculados con el medio ambiente, se encuentran:

- Convención sobre la Diversidad Biológica
- Programa de Trabajo Agenda 21
- Convenio de Viena y el Protocolo de Montreal (sobre Sustancias Agotadoras de la Capa de Ozono)
- Convención sobre los Humedales (Convención de Ramsar)
- Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestres (CITES)
- Convención de Basilea
- Convención de Lucha contra la Desertificación
- Convenio de las Naciones Unidas sobre Derecho del Mar
- Convenio Internacional para prevenir la contaminación por los Buques

<sup>15</sup> Estos convenios internacionales, al ser ratificados por el Parlamento, poseen el rango de Ley de la República





# CIRCUNSTANCIAS NACIONALES





## 4. CIRCUNSTANCIAS NACIONALES

### 4.1 PERFIL GEOGRÁFICO

El territorio chileno se extiende a través del continente americano, la Antártica y el Océano Pacífico. Esta tricontinentalidad se traduce en una gran diversidad geológica, climática y biológica.

Por condiciones geográficas, Chile está separado del resto de Sudamérica: al norte, el Desierto de Atacama (el desierto más árido del mundo); al este, la Cordillera de los Andes; al oeste, el Océano Pacífico y al sur, los hielos Antárticos. El aislamiento geográfico y su extensión de más de 40° de latitud entre sus extremos, confieren a Chile características climáticas muy peculiares, pues en su territorio se presentan rasgos de climas subtropicales hasta de tipo subantártico y antártico.

Chile continental está ubicado entre los 17°30' y 56°30' de latitud Sur, en el margen occidental de Sudamérica, cubriendo una superficie total de 2.006.096 km<sup>2</sup>, de los cuales 756.096 km<sup>2</sup> corresponden a Chile continental y sus posesiones oceánicas, y 1.250.000 km<sup>2</sup> corresponden al territorio Antártico Chileno. El territorio continental se extiende a lo largo de 4.300 km entre sus puntos extremos norte y sur; siendo la distancia promedio este-oeste de 232.5 km, lo que hace de Chile el país más largo y angosto del mundo (Figura 4.1).

Su Mar Territorial cubre un área aproximada de 120.000 km<sup>2</sup> (sin incluir el territorio antártico); su Mar Patrimonial sitúa a Chile entre los países con territorios marítimos más extensos, alcanzando aproximadamente los 3.150.000 km<sup>2</sup>. Adicionalmente, el Estado de Chile tiene derechos de soberanía sobre la Zona Económica Exclusiva (200 millas náuticas), para los fines de explotación y exploración, conservación y administración de los recursos naturales del lecho y subsuelo del mar; y de las aguas subyacentes.

La proyección de Chile en Oceanía se manifiesta en la posesión de siete islas principales: Islas San Félix y San Ambrosio (también llamadas Islas Desventuradas); Archipiélago de Juan Fernández, compuesto por las Islas Róbinson Crusoe, Alejandro Selkirk y Santa Clara; Isla de Pascua e Isla Sala y Gómez. La superficie total insular suma 402.1 km<sup>2</sup>.

La Cordillera de Los Andes constituye el rasgo más importante de Chile Continental. Frontera natural con Bolivia y Argentina, este cuerpo montañoso extendido en sentido norte-sur a lo largo de todo Chile continental, es una gran reserva de nieve, y cabecera de las principales cuencas que proveen agua para riego, consumo humano e industrial y posibilitan la generación de energía hidroeléctrica. Entre el cordón andino y el Océano Pacífico existe un cuerpo montañoso

de menor altura denominado Cordillera de la Costa, extendido también en sentido norte-sur.

La presencia de estos dos cordones montañosos paralelos imprimen al país un relieve accidentado y frágil, en que las superficies planas son relativamente escasas y están asociadas a los grandes valles y a la depresión tectónica entre ambas cordilleras, que domina el espacio de la parte central del país.

FIGURA 4.1 UBICACIÓN DE CHILE CONTINENTAL



### 4.2 PERFIL CLIMÁTICO

La extrema longitud del país, las barreras naturales formadas por ambas cordilleras y las corrientes marinas subtropicales en el norte y polares en el sur, dan como resultado una gran diversidad de climas en el territorio, los que se manifiestan no sólo en el sentido latitudinal sino longitudinal. Los climas del país van desde los de tipo desértico en el norte, con precipitaciones promedio menores a 1 mm/año, a los templados lluviosos fríos en el extremo sur, en donde hay zonas en que se registran precipitaciones superiores a 5000 mm/año.

De acuerdo a la clasificación bioclimática de Di Castri y Hajek<sup>16</sup>,

<sup>16</sup> En "Perfil Ambiental de Chile", CONAMA, 1995

se han reconocido en el país las siguientes cinco zonas bioclimáticas: Desértica, Tropical de Altura, Mediterránea, Oceánica y Continental.

**Zona Desértica.** La zona desértica se extiende desde el límite norte del país hasta, aproximadamente, la latitud 27°S. Esta zona está subdividida en dos regiones longitudinales: la primera corresponde a una franja muy angosta, con influencia oceánica evidente y, en algunos casos, mediterránea, ya que las escasas lluvias se concentran en los períodos invernales; la segunda región corresponde a un desierto de interior con características de aridez aún más marcadas que en el caso anterior. La zona oriental de esta segunda región es un desierto marginal de altura, considerado como una degradación del clima tropical debido a la ocurrencia de lluvias estivales.

La vegetación y vida animal, única de la zona desértica, resulta particularmente sensible a la disponibilidad de agua, y se desarrolla sólo en aquellas áreas donde aflora el agua subterránea o en valles surcados por pequeñas corrientes de agua que bajan de los Andes y que generalmente descargan a cuencas endorreicas.

**Zona Tropical de Altura.** Comprende todo el altiplano chileno y se caracteriza por un claro predominio climático tropical de altura. En esta zona ocurren precipitaciones regulares en el período cálido, las que aumentan en intensidad hacia el noreste, volviéndose progresivamente menores e irregulares hacia el sur. El período de sequía alcanza 7 a 10 meses. La actividad vegetativa ocurre en los meses cálidos, principalmente enero y febrero.

**Zona Mediterránea.** En esta zona se desarrolla la mayor parte de las actividades agrícolas y forestales del país. Se extiende desde la latitud 27°S hasta aproximadamente los 39°S. Esta zona muestra diferencias en el sentido longitudinal, presentando un tipo mediterráneo marino en la costa y uno interior seco, en donde la Cordillera de la Costa se convierte en una barrera que dificulta la penetración de las masas de aire marino. Además de la diferenciación longitudinal, esta zona muestra diferencias latitudinales, que afectan el régimen pluvial, lo que permite la existencia de regiones que presentan 12 meses de sequía, hasta otras en el sur con sólo un mes de sequía.

Este gradiente latitudinal y longitudinal se ve alterado en forma local por factores como la humedad elevada y neblinas persistentes en el sector costero en el norte, el aumento de las precipitaciones en el sector pre-andino, o la penetración de masas de aire de origen marino por los valles hacia el interior.

La vegetación en esta zona es variada. Por el norte, dominan las formaciones vegetacionales xerófitas; arbustos y matorrales crecen cuando las condiciones de lluvia mejoran. Hacia el sur, el incremento de las lluvias favorece la proliferación de tipos vegetacionales mesó-

fitos e higrófitos, y la aparición del bosque esclerófilo, típico de Chile central, y el bosque húmedo en la zona centro-sur.

**Zona Oceánica.** Esta zona se extiende desde el límite sur de la zona Mediterránea (Latitud 39°S) hasta el extremo meridional del país (Latitud 56°S). Presenta dos regiones bien definidas climáticamente; una occidental, con precipitaciones abundantes durante todo el año, y otra oriental o transandina, que presenta características climáticas semi-desérticas. La región occidental muestra abundantes bosques y alto nivel de humedad. La vegetación es más homogénea que en las zonas anteriores, debido a la total predominancia de los bosques.

La región transandina presenta menores precipitaciones, debido a que la Cordillera de los Andes actúa como una barrera a la penetración de masas de aire oceánico, mostrando rasgos de aridez, con períodos de sequía variables. Esta región determina la aparición del ecosistema de tundra y la estepa patagónica.

**Zona Continental.** Cubre desde la ladera oeste de la línea de nieves, entre los 2.000 y 3.500 por sobre el nivel del mar, hasta las cimas más altas de la Cordillera de los Andes, a lo largo de todo Chile Continental. En esta zona nieva en forma abundante. La actividad biológica se concentra en primavera y verano, esto es, después y durante el período de derretimiento de nieves y hielos. La vegetación es dominada por estepas y tundra, semejante a la zona tropical de altura y a la estepa patagónica.

## 4.3 PERFIL DEMOGRÁFICO<sup>17</sup>

La población de Chile ha experimentado un vigoroso crecimiento en los últimos 150 años. De acuerdo a los censos de la República, en 1835 la población de Chile era de 1.010.336 habitantes; en 1895 fue de 2.695.625 habitantes; en 1907 alcanzó la cifra de 3.220.531 y en 1992, casi un siglo más tarde, el censo realizado por el Instituto Nacional de Estadísticas (INE) dio como resultado 13.348.401 habitantes.

Este aumento sostenido puede ser atribuido principalmente al mantenimiento, hasta 1962, de tasas de natalidad moderadamente altas (37,5 por mil habitantes) y a una disminución sostenida de la mortalidad, que se traduce en una esperanza de vida de 75,21 años para el período 1995-2000.

Entre 1994 y 1996, la tasa de natalidad promedio alcanzó el 1,9%, la tasa de mortalidad un 0,55% y el crecimiento vegetativo llegó al 1,4%. La tasa de mortalidad infantil ha decrecido sistemáticamente en las últimas décadas, alcanzando en 1996 el valor de 11,1 por cada mil nacidos vivos.

Se ha estimado que en 1998 la población total de Chile alcanzó los

<sup>17</sup> Las cifras entregadas corresponden al Compendio Estadístico 1998 (INE)

14.821.714 habitantes, con una tasa media de crecimiento anual del 1,4 %. De acuerdo al Censo Poblacional 1992, el 83,5% de los chilenos vive en áreas urbanas. Las regiones más pobladas son: Región Metropolitana (5,3 millones de habitantes); Octava Región, Bío-Bío (1,7 millones de habitantes) y Quinta Región, Valparaíso (1,4 millones de habitantes). Las proyecciones indican que en 1998, la población rural sólo alcanzará el 14,8%.

A lo largo del país se ubican 45 ciudades costeras, dentro de las cuales se encuentran los más importantes centros urbanos del país (a excepción de la Región Metropolitana), tales como Iquique, Antofagasta, Viña del Mar, Valparaíso, Concepción, Talcahuano, Puerto Montt y Punta Arenas.

Los centros urbanos emplazados a una distancia no superior a 10 km del mar, registran aproximadamente el 21% de la población nacional; es decir, cerca de 2.5 millones de habitantes están localizados en centros urbanos costeros importantes, desarrollando actividades económicas en la industria pesquera, la manufactura y los servicios portuarios.

La Región Metropolitana, ubicada en la depresión intermedia, a casi 150 km de la costa, concentra prácticamente el 50% de la población total nacional y una gran parte de las actividades industriales y de generación de servicios del país.

## 4.4 PERFIL ECONÓMICO

Las políticas económicas de Chile incorporan la sustentabilidad como un punto clave en la estrategia de desarrollo del Gobierno, toda vez que la base de este desarrollo se ha sustentado, y lo seguirá haciendo, en la explotación y procesamiento de sus recursos naturales.

Chile es un país en desarrollo que ha mostrado un crecimiento económico alto y sostenido durante la última década, alcanzando tasas anuales de alrededor de 7%. Como resultado, se ha conseguido un ingreso per cápita anual creciente, que en 1997 superó los 5.000 dólares; sin embargo, este mejoramiento económico sostenido aún se ve acompañado de una fuerte concentración del ingreso: el 20% más pobre sólo percibe el 6% del ingreso nacional. Las proyecciones de crecimiento económico apuntan a una baja para los próximos años, lo que situaría la tasa anual esperada en un 5%. La Tabla 4.1 resume los principales indicadores macroeconómicos de Chile, en el período 1991-1998.

**TABLA 4.1 INDICADORES MACROECONÓMICOS DE CHILE (1991-1998)**

<b>Indicadores Económicos</b>	<b>1991</b>	<b>1992</b>	<b>1993</b>	<b>1994</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997(*)</b>	<b>1998(*)</b>
Crecimiento del PIB	7,9%	12,2%	7,0%	5,7%	10,6%	7,4%	7,5%	3,4%
Inflación	18,7%	12,7%	12,2%	8,9%	8,2%	6,6%	6,0%	4,8%
Tasa de Desempleo	6,5%	7,8%	7,4%	7,8%	7,4%	6,5%	6,1%	6,2%
Deuda Externa/PIB	48%	44%	44%	3,5%	32%	32%	16,9%	19,5%
Reservas Internacionales (en miles de U.S.\$)	6.640,5	9.009,0	9.758,6	13.466,5	14.805,0	15.474,0	17.840,9	15.991,8

Fuente: Banco Central de Chile - (\*) Cifras provisionales

El desarrollo económico chileno ha establecido sus bases, históricamente, en la explotación de sus recursos naturales, tanto renovables como no renovables; se estima que en el futuro seguirá teniendo un componente muy importante en dichos recursos. Los sectores económicos de mayor relevancia son la minería, la pesca extractiva, las manufacturas y el sector agrícola-forestal.

El énfasis en el comercio internacional ha conducido a un proceso de globalización profunda de la economía de Chile, mediante el cual el país ha subido sus niveles de participación en los flujos globales de comercio y factores.

Por su parte, el Gobierno ha estado reforzando este proceso mediante una política activa de relaciones económicas internacionales bilaterales y multilaterales. Chile ya posee una red de acuerdos de libre comercio y complementación económica con Canadá y otros países de América Latina. Más aún, es un miembro activo de la APEC, y recientemente se convirtió en miembro asociado del MERCOSUR y de la Comunidad Europea.

En 1996, las exportaciones de bienes del país totalizaron más de

U.S.\$15.4 billones, luego de alcanzar un crecimiento promedio anual de 11% a partir de 1990. Las exportaciones, por sector económico, se distribuyen según lo señala la Figura 4.2.



Fuente: Banco Central de Chile, 1996



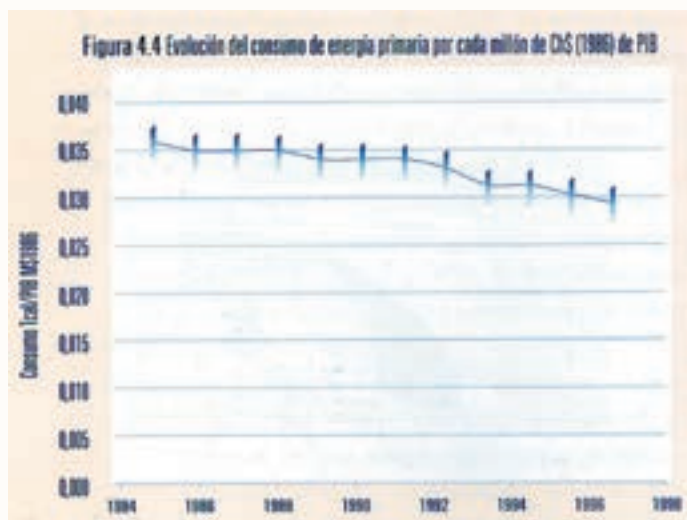
Se prevé que la minería del cobre, en el futuro, continuará siendo un importante motor del desarrollo, aunque con una representación cada vez más relevante de rubros como los recursos forestales, la agroindustria, la acuicultura, el turismo y los servicios.

#### 4.4.1 SECTOR ENERGÉTICO

El acelerado crecimiento económico señalado en el punto anterior, ha provocado un aumento importante del consumo energético en el país. Entre 1990 y 1996, tanto el Producto Interno Bruto (PIB) como el consumo promedio anual de energía, crecieron a una tasa del 7,4% promedio anual. De acuerdo a cifras proporcionadas por la Comisión Nacional de Energía (CNE), las Figuras 4.3 y 4.4 siguientes muestran la evolución del consumo y abastecimiento de energía primaria con respecto al PIB en los últimos 10 años.

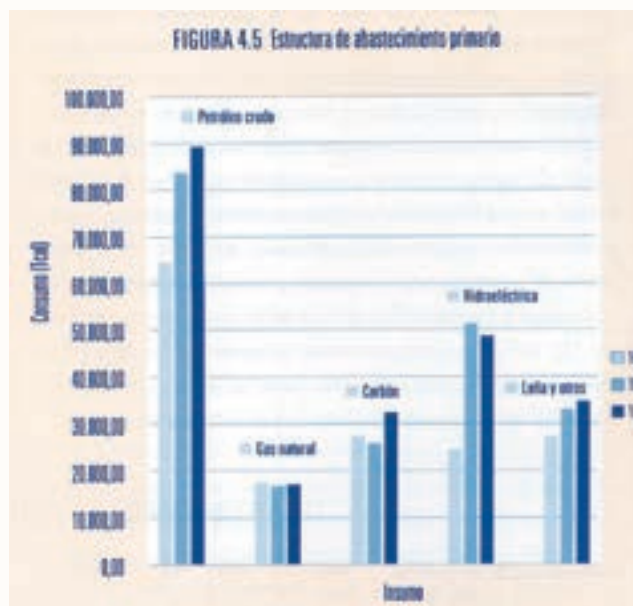


Fuente: CNE, 1999



Fuente: CNE, 1999

petróleo crudo y la hidroelectricidad (Figura 4.5). El suministro de petróleo proviene fundamentalmente de mercados externos, pues la escasa disponibilidad del recurso en el país sólo permite cubrir el 4,7% de las necesidades (1996).



Fuente: CNE, 1999

De la información anterior, se concluye que el consumo de petróleo ha aumentado en el país (64.767Tcal en 1990 a 87.153Tcal en 1996), pero no así su participación relativa en la matriz energética nacional, la cual ha disminuido durante estos años (40,2% en 1990, hasta 39,3% en 1996), frente a un aumento de la hidroelectricidad (15,3% en 1990, hasta 20,9% en 1996).

La participación de la leña ha sido importante en el abastecimiento energético nacional, en especial en zonas de bosque abundante, pues su consumo por parte de los sectores Industrial y Residencial, Co-mercial e Institucional, es significativo en la sustitución de derivados del petróleo. El consumo de leña del sector Residencial, Comercial e Institucional alcanzó a 7.748.000 toneladas y en el sector Industrial, esta cifra alcanzó 1.776.000 toneladas (CNE, 1997).

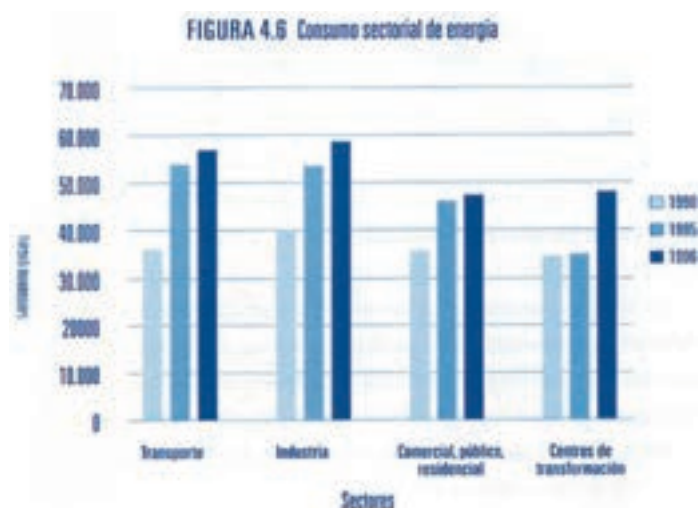
A su vez, el uso del carbón está principalmente concentrado en la generación de electricidad, particularmente en el Sistema Interconectado del Norte Grande (SING), que abastece a la gran minería. Esta situación está cambiando ostensiblemente con la incorporación al SING de gas natural proveniente de Argentina.

El gas natural ha sido utilizado hasta mediados de 1997 sólo en la XII Región, principalmente en la producción de metanol. A partir de agosto de 1997, la construcción de gasoductos entre Chile y

Argentina, ha permitido su utilización en la Región Metropolitana, tanto en la generación eléctrica como en el sector industrial y, progresivamente, en el sector residencial. En la actualidad, se está ampliando el abastecimiento de gas natural desde Argentina a las regiones del extremo norte del país.

Debido a las características hidrológicas de Chile, el potencial hidroeléctrico posible de explotar (evaluado en 11.000MW para el Sistema Interconectado Central, SIC), proporciona una alternativa competitiva para la generación de electricidad. Sin embargo, la generación hidroeléctrica es sensible a la ocurrencia de períodos de sequías, por lo que la oferta de energía eléctrica bajo dichas condiciones considera la generación térmica convencional.

Como contrapartida del patrón de generación de energía, el patrón de consumo sectorial se ilustra en la figura siguiente. En ella es posible observar magnitudes similares de consumo en los distintos sectores usuarios. (Figura 4.6)



Fuente: CNE, 1999

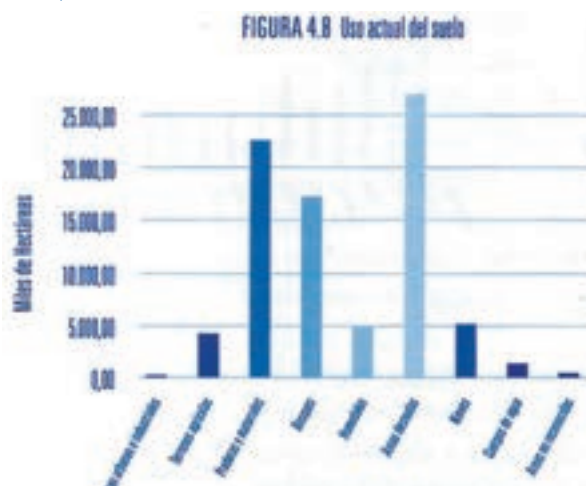
#### 4.4.2 USO DEL SUELO

La superficie del territorio de Chile Continental alcanza aproximadamente los 756.096 km<sup>2</sup>. El proyecto "Catastro y Evaluación de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile" (CONAF-CONAMA-BANCO MUNDIAL, 1997), documento de base para la elaboración de este subcapítulo, ha permitido disponer de información sobre el uso del suelo en todo el territorio nacional, con un nivel de desagregación comunal. Este uso de la tierra, en términos porcentuales, se desglosa según lo señalado en la Figura 4.7.



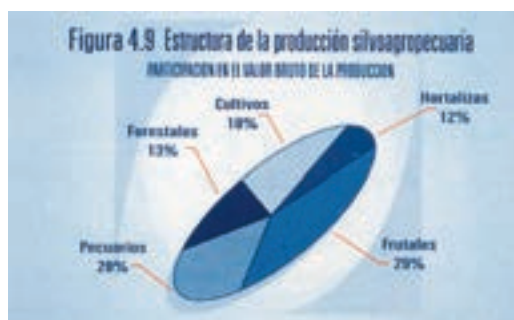
Fuente: Catastro y Evaluación de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile (CONAF-CONAMA, 1997)

Las superficies correspondientes a cada uso se indican en la Figura 4.8. Las superficies de mayor extensión corresponden a los desiertos (áreas desnudas), con un 32,5% y a las praderas y matorrales, con el 27,2%. Los bosques de Chile cubren 15.647.894 hectáreas, las que representan un 20,7% del territorio nacional.



Fuente: Catastro de recursos Vegetacionales Nativos de Chile (CONAF-CONAMA, 1997)

Los terrenos agrícolas, junto a las plantaciones forestales (contabilizadas dentro de la categoría Bosques), alcanzan aproximadamente unos 6 millones de hectáreas. Entre 1990 y 1996, el sector silvoagropecuario representó, en promedio, alrededor de un 7% del Producto Interno Bruto. La estructura de la producción silvoagropecuaria, durante 1997, se muestra en la Figura 4.9 siguiente.

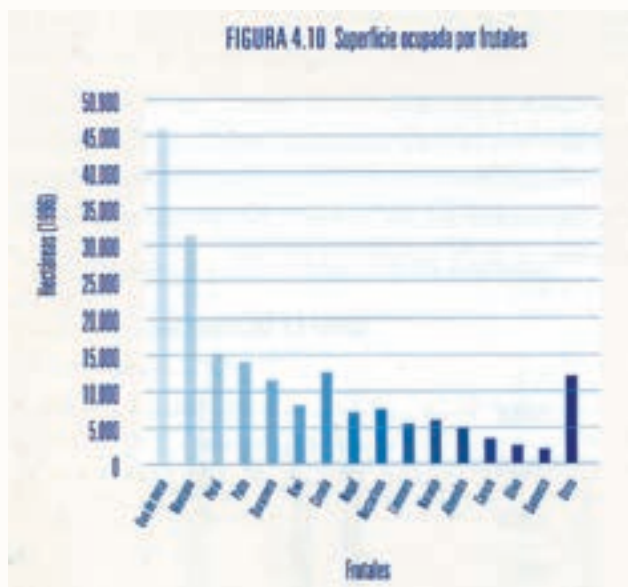


Fuente: MINAGRI, 1997



## FRUTICULTURA

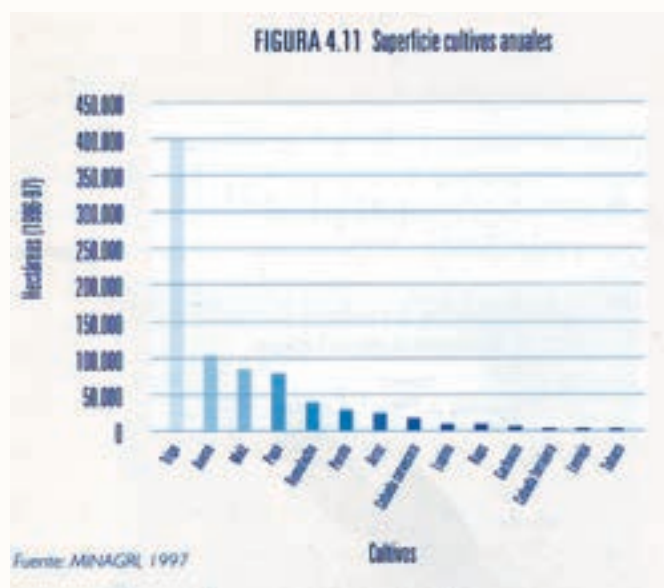
En el período 96-97, la fruticultura se mostró como el principal componente del valor bruto de la producción sectorial, seguida de los productos pecuarios y los cultivos anuales. La superficie total de frutales, durante el período 93-96, creció en un 4,2%. Los cambios en la composición de la oferta de frutas se relacionan con la posibilidad de colocación en mercados internacionales. La superficie cubierta por frutales se indica en la Figura 4.10.



Fuente: MINAGRI, 1997

## CULTIVOS ANUALES

La superficie total sembrada con cultivos anuales, en el período 96-97, se muestra en la siguiente figura:



Fuente: MINAGRI, 1997

## SUPERFICIE NACIONAL DE BOSQUES

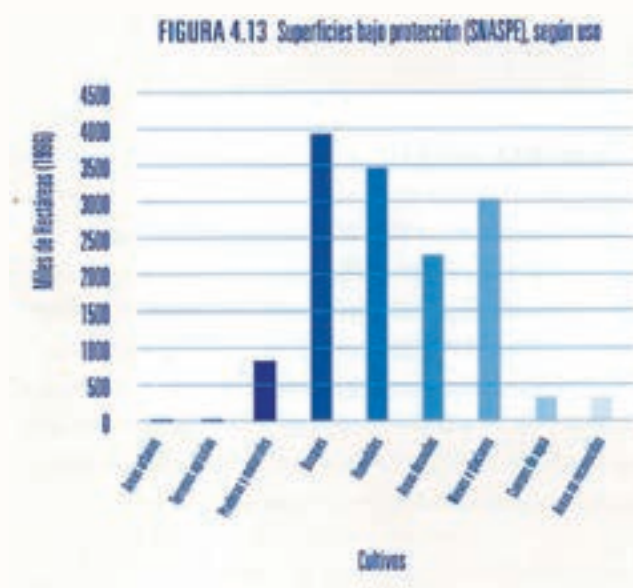
La superficie ocupada por bosques, según su estructura, se muestra en el cuadro siguiente. El bosque nativo alcanza las 13.443.316 há, lo que representa un 85,9% de la superficie cubierta de bosques y el 17,8% de la superficie nacional. Las plantaciones forestales ocupan una superficie de 2.118.836 há, lo que representa un 2,8% del territorio nacional. La distribución de bosques, según su estructura, se indica en la Figura 4.12.



Fuente: Catastro y Evaluación de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile. CONAF-CONAMA, 1997

## AREAS SILVESTRES PROTEGIDAS

El Sistema Nacional de Areas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE), está formado por 90 unidades territoriales, las cuales cubren una superficie de 13.837.458 há. Las superficies que se encuentren bajo alguna categoría de protección (reserva, parque o monumento nacional), según el uso del suelo, se muestra en la figura siguiente:



Fuente: Catastro y Evaluación de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile. CONAF-CONAMA, 1997

La cobertura del SNASPE, para cada uso bajo protección, es heterogénea. Las áreas protegidas correspondientes a bosques y humedales son las de mayor representación (Ver Figura 4.14). Prácticamente un 30% de los bosques del país se encuentran representados en el SNASPE.



Fuente : Catastro y Evaluación de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile (CONAF-CONAMA, 1997)

La caracterización del uso de la tierra en Chile, junto a la creciente globalización de su economía, permiten suponer que, en el futuro, el uso de los suelos dependerá fuertemente de la rentabilidad de los cultivos. Así, la fruticultura y horticultura aparecen como los sectores de más probable crecimiento; en paralelo, se prevé un grado significativo de sustitución de cultivos ante la entrada en vigor de tratados de comercio internacionales, en particular, el MERCOSUR.

Se prevé un aumento de la explotación de plantaciones forestales y bosque nativo manejado; no obstante, las iniciativas de fomento de la forestación y reforestación de suelos degradados y de protección del bosque nativo, contribuirán a un mejor manejo de la actividad forestal.

Los cambios en el uso de la tierra, manteniendo las tendencias observadas desde comienzos de esta década, seguirán mostrando marcados procesos de especialización regional.

## 4.5 DESCRIPCIÓN DE ACCIONES EJECUTADAS EN FORMA PREVIA O PARALELA A LA IMPLEMENTACIÓN DE LA CMCC

### 4.5.1 REDES DE OBSERVACIÓN Y ACTIVIDADES CIENTÍFICAS

#### 4.5.1.1 REDES DE OBSERVACIÓN

La Dirección Meteorológica de Chile (DMC) tiene la responsabilidad de operar y mantener las redes de observación meteorológica del país. Todas ellas forman parte de la red de Vigilancia de la Atmósfera

Global de la Organización Meteorológica Mundial (OMM). Además, la DMC administra el Banco Nacional de Datos Meteorológicos, en el que se encuentra registrada información climatológica desde 1850, constituyendo datos base para la realización de estudios sobre el clima, a escalas locales y regionales, sobre predictibilidad del clima por métodos estadísticos y monitoreo de las variables meteorológicas asociadas al fenómeno de El Niño Oscilación del Sur (ENOS).

Desde fines de 1995, la DMC lleva a cabo mediciones de ozono superficial en Cerro Tololo, de perfil vertical de ozono en Isla de Pascua y, desde fines de 1996, de radiación ultravioleta espectral en Valdivia. Estas estaciones se instalaron en el marco del Proyecto PNUD/GEF/OMM/DMC/RLA 193/G31/A/IG/31 "Network on ozone and greenhouse gases monitoring and research southern cone countries". Adicionalmente, la DMC cuenta con una red de medición de radiación ultravioleta en nueve estaciones a lo largo de todo el país.

En conjunto con universidades, la DMC realiza observaciones de radiación ultravioleta y ozono total. Durante 1998, se han hecho gestiones para ampliar y reorientar las actividades relativas al monitoreo de ozono troposférico, coordinando esfuerzos interinstitucionales (DMC, universidades, CONAMA), para que dicho monitoreo incluya el análisis y caracterización de la estación de Cerro Tololo. De esta manera, se pretende ganar en experiencia y capacidad para enfrentar diversos aspectos de la temática del cambio global.

Las observaciones oceanográficas, por otra parte, son realizadas por el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada (SHOA), en una red de estaciones de marea a lo largo de la costa de Chile, incluyendo las islas oceánicas y la Antártica. Estas estaciones, la primera de las cuales se instaló en 1941, registran de manera ininterrumpida la variabilidad del nivel medio del mar y su temperatura superficial. En la actualidad, la red mareográfica nacional está compuesta por 19 estaciones permanentes, cuya información ha permitido el seguimiento del fenómeno "El Niño-Oscilación del Sur".

Otras instituciones nacionales que efectúan observaciones regulares de variables medioambientales relacionadas con la evaluación de recursos y el pronóstico climático son: la Dirección General de Aguas del Ministerio de Obras Públicas, y el Servicio Meteorológico de la Armada de Chile.

#### 4.5.1.2 DESARROLLO DE ESTUDIOS E INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

Diversas unidades académicas, en conjunto con instituciones públicas y/u organismos internacionales, están llevando a cabo proyectos de investigación en el ámbito del cambio global:

- Universidad de Chile, Departamento de Geofísica de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas: realiza investigaciones en el área de las ciencias atmosféricas, en particular, sobre predictibilidad climática por métodos estadísticos, modelación numérica de fenómenos atmosféricos e interacciones océano-atmósfera.

La Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de esta universidad ha desarrollado un modelo computacional sobre las dinámicas de desertificación y sus impactos socioeconómicos para la población rural, como consecuencia del posible cambio climático.

- Universidad de La Serena: está implementando proyectos de investigación destinados a desarrollar herramientas de modelación atmosférica aplicables en la IV Región, en colaboración con universidades extranjeras, incorporando aspectos de meteorología y química atmosférica. Además, colabora con la DMC y otras instituciones afines para ampliar y potenciar la estación de monitoreo de ozono troposférico.

Otras áreas de estudio que ha desarrollado la Universidad de La Serena se refieren a: i) determinación de indicadores de confort ambiental para actividades turísticas, en el cual se comparan las condiciones climáticas actuales y las tendencias proyectadas de cambio climático para la humedad relativa y temperatura, en las ciudades de La Serena y Coquimbo, ii) determinación de la variación del ciclo hidrológico del ecosistema semiárido transicional frente al cambio climático potencial, mediante análisis de tendencias de la variabilidad de los caudales naturales, para cuencas y subcuencas hidrográficas específicas, para las que se dispone de series de datos de más de 40 años, y iii) evaluación del impacto potencial del cambio climático global en el nivel del mar para el área intercomunal La Serena - Coquimbo (IV Región).

En dicho estudio se utilizaron modelos de escala global para la determinación de las áreas potenciales de anegamiento, se obtuvo la representación cartográfica de estas áreas y se evaluó el impacto económico sobre las actividades productivas desarrolladas en dichas áreas.

- Universidad Técnica Federico Santa María, Departamento de Química: está implementando un laboratorio de análisis químico orientado al monitoreo atmosférico.

- Universidad Católica de Valparaíso, Escuela de Ciencias del Mar: participó activamente durante el período 1991-1997, en el Programa "Joint Global Ocean Flux System, Chile", como parte de los estudios de cambio global del International Geosphere-Biosphere Programme (IGBP). A su vez, este proyecto formó parte de la cooperación científica entre SAREC (Suecia) y CONICYT, en la que además participaron

las universidades de Chile, de Concepción, Valparaíso y el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP).

Este programa permitió estudiar con profundidad las condiciones oceanográficas de la zona central de Chile, obteniéndose una serie de 7 años de mediciones de corriente en diversos puntos de la costa de Chile.

- Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA): en conjunto con el Instituto Meteorológico e Hidrológico de Suecia (SMHI), CONAMA ha iniciado un proyecto orientado a desarrollar las capacidades institucionales para el manejo de problemas de dispersión atmosférica de sustancias, en el corto plazo aplicable a problemas contingentes de contaminación de escala regional, y, en el largo plazo, al estudio de la variabilidad climática. Este proyecto de modelación de escala regional, ha significado importantes avances en la capacitación de profesionales chilenos en la aplicación de instrumentos complejos de modelación atmosférica.

- En el marco del Plan de acción para la Protección del Medio Marino y Áreas Costeras del Pacífico Sudeste CPPS/PNUMA, se creó en Chile un grupo de trabajo integrado por diferentes instituciones nacionales (estatales y académicas), que tuvo como principal misión elaborar el estudio "Evaluación de la vulnerabilidad de las áreas costeras a incrementos en el nivel del mar como consecuencia del calentamiento global: Caso de estudio Bahía de Concepción" (1997). En este estudio se utilizó la metodología recomendada por el PICC para evaluar la vulnerabilidad de zonas costeras ante un aumento del nivel del mar.

#### 4.5.2 ACCIONES EMPRENDIDAS EN EL SECTOR ENERGÉTICO

Al igual que en otros países, en Chile se han aplicado medidas vinculadas directamente con las necesidades específicas de los diferentes sectores productivos, pero no necesariamente articuladas bajo una estrategia o plan de acción sobre cambio climático. Algunas de estas medidas pudieron haber tenido una incidencia positiva en la disminución de las emisiones de gases invernadero, como por ejemplo, aquellas adoptadas en el sector energético desde comienzos de la década del '70, luego de la crisis del petróleo.

La crisis de precios de combustibles ocurrida en 1973, motivó a la mayoría de las industrias chilenas a impulsar proyectos y campañas de aumento de eficiencia para reducir los consumos de energía (refinerías de petróleo, minería del cobre, industria de la celulosa, entre otras). Sin embargo, este esfuerzo no estuvo acompañado de incentivos complementarios que aseguraran su aplicación perman-

ente, como sucedió con los programas y mecanismos desarrollados en los países europeos. Así, se observó que la demanda energética empezó a crecer más rápidamente que el PGB, una vez superado el período de recesión económica de 1980.

#### **4.5.2.1 USO EFICIENTE DE ENERGÍA**

A partir de 1992, la CNE ha desarrollado un Programa de Uso Eficiente de la Energía, con financiamiento compartido entre recursos propios y fondos de cooperación bilateral. El programa se ha focalizado en la difusión de técnicas y prácticas que permitan un mejor uso de la energía, reduciendo el consumo y su impacto sobre el medio ambiente. La política aplicada en las áreas de acción del programa (Residencial, Municipal, Edificación, Industrial, Difusión y Capacitación), ha sido impulsar los proyectos de eficiencia energética de baja y mediana inversión.

En el sector industrial, el programa desarrolló un diagnóstico energético en 40 de las 66 empresas de más alto consumo energético en Chile. En algunas de ellas fueron realizadas auditorías energéticas, cuyo resultado indica que es posible un ahorro del 10% del consumo con medidas que involucran una baja inversión.

En el sector municipal, el programa impulsó el recambio de luminarias municipales en el 60% de las comunas del país; en el sector de la edificación, el programa desarrolló un proyecto de automatización de edificios públicos. Asimismo, la CNE ha elaborado documentos informativos en los que difunde el uso de prácticas de construcción de edificios y selección de electrodomésticos energéticamente eficientes.

El Departamento de Producción Limpia de CORFO y la CNE están trabajando coordinadamente en la asignación de fondos de asistencia técnica (FAT), asociados al uso eficiente de energía en la pequeña y mediana empresa.

Si bien todas estas acciones tienen un impacto en la reducción de emisiones de GEI, esta reducción no ha sido incorporada como un objetivo de política explícito en este programa, ni su impacto ha sido evaluado. Las potencialidades y beneficios alcanzados por el Programa de uso eficiente de energía, como un mecanismo que genera indirectamente reducción de emisiones de GEI, deben ser evaluados, de modo de potenciar estos usos en sectores sensibles y de respuesta rápida, determinar el grado de dificultad de la aplicación de estas prácticas en sectores de alto consumo, identificar barreras al cambio de estas prácticas, facilitar la transferencia de tecnologías, identificar costos y beneficios y estimar las reducciones de GEI factibles de alcanzar.

#### **4.5.2.2 ENERGÍAS RENOVABLES NO CONVENCIONALES**

La política adoptada en esta área es coherente con lo establecido en la política energética global: las fuentes de energía no convencionales compiten en igualdad de condiciones con las energías tradicionales. Entre estas

fuentes se encuentran la energía solar térmica y fotovoltaica, energía eólica, geotérmica, microhidroeléctrica y el biogás.

El uso de fuentes de energía renovables no convencionales, representó sólo el 0,2% del consumo energético primario nacional (CNE, 1993) y la electrificación rural aparece como el ámbito de aplicación más atractivo. En el suministro energético de localidades rurales, los sistemas de generación autónoma (tales como sistemas fotovoltaicos, eólicos y microhidroeléctricos), presentan ventajas en la medida en que la inversión necesaria para extender la red eléctrica convencional, sea superior a la requerida para el desarrollo de la fuente a escala local.

En 1993, el porcentaje de contribución de cada tipo de energía no convencional al 0,2% del consumo primario fue el siguiente:

- 89,8% Biogás
- 8,80% Microhidroelectricidad
- 1,23% Energía solar térmica
- 0,10% Energía solar fotovoltaica
- 0,07% Energía eólica

##### **Biogás**

Utilizado en sectores urbanos, especialmente en Santiago, Valparaíso y Viña del Mar, donde opera a escala industrial en rellenos sanitarios de gran envergadura.

##### **Energía solar**

Utilizada preferentemente en la zona norte, debido a que en ella los niveles de radiación solar están entre los más altos del mundo. Es usada para calentar agua de uso doméstico y también para la generación de electricidad para iluminación de viviendas aisladas y dispersas.

##### **Microcentrales hidroeléctricas**

Permiten aprovechar el potencial energético de pequeños cursos de agua, con tecnología relativamente moderna, para el abastecimiento de electricidad en localidades del sur del país.

##### **Energía eólica**

Utilizada principalmente para el bombeo de agua y pequeños aerogeneradores.

##### **Energía geotérmica**

Abundante a lo largo de todo el territorio, hasta el momento no ha sido utilizada para la generación. En la actualidad se encuentra en el Poder Legislativo un Proyecto de Ley de Concesiones de Geotermia, que sentará las bases legales para la explotación de este recurso.

##### **Biomasa**

Dos plantas utilizan como combustible desechos forestales y una tercera, desechos de la industria del papel, para la obtención de vapor y electricidad. Considerando las 3 plantas, el total de capacidad instalada alcanza a los 37 MW.

### 4.5.3 ACCIONES EMPRENDIDAS EN EL SECTOR NO ENERGÍA

En el sector No Energía, que comprende principalmente las emisiones provenientes de la agricultura, el cambio de uso de la tierra y la actividad forestal, también se han aplicado medidas tendientes a un manejo sustentable de los recursos, que deben ser evaluadas en relación al cambio climático, ya que pueden haber tenido una incidencia directa en la disminución de las emisiones de metano y CO<sub>2</sub> y en el aumento y/o mantención de los sumideros.

Entre estas medidas destacan el mejoramiento de las prácticas agrícolas relativas al manejo de ganado, los planes de manejo forestal, los programas de forestación con fines energéticos, y los incentivos económicos legalmente establecidos en el Decreto Ley N°701 (1974), modificado por la Ley N°19.561 (1998), para las actividades de forestación en suelos frágiles, degradados o en proceso de desertificación, los cuales son asignados sólo por una vez.

Estos cuerpos legales son particularmente relevantes por los efectos indirectos que su aplicación puede tener sobre el aumento de los sumideros de CO<sub>2</sub>. La Ley N°19.561 (1998) es, en la práctica, una renovación del Decreto Supremo N° 701 por otros 15 años, esto es, hasta el año 2023, a la vez que una reorientación de su enfoque y un perfeccionamiento de los procedimientos administrativos.

Las disposiciones legales contenidas en dicha Ley tienen su fundamento en la voluntad gubernamental de "regular la actividad forestal en suelos de aptitud preferentemente forestal y suelos degradados e incentivar la forestación, en especial, por parte de los pequeños propietarios forestales y aquella necesaria para la prevención de la degradación, protección y recuperación de los suelos del territorio nacional."

Esta nueva Ley de fomento forestal conjuga objetivos sociales y ambientales. En términos sociales, incentiva la forestación por parte de pequeños propietarios forestales y, en términos ambientales, lucha contra la desertificación mediante la regulación de la actividad forestal en suelos degradados.

Desde el punto de vista operativo, este cuerpo legal permite la bonificación, por una sola vez, de:

- La forestación de suelos frágiles, ñadis o en áreas en proceso de desertificación
- Las actividades de recuperación y forestación de suelos de secano no arables degradados
- Las actividades de estabilización de dunas y su forestación

Se calcula que los potenciales beneficiarios alcanzarían a más de 200 mil productores, poseedores de alrededor de 2 millones de hectáreas susceptibles de ser plantadas y de 27 millones de hectáreas que se encontrarían en condiciones de ser reforestadas y protegidas. Esta nueva disposición legal incluye nuevas opciones forestales productivas, de modo de diversificar con otras especies madereras las ya tradicionales plantaciones de *Pinus radiata* y *Eucalyptus* spp; entre estas opciones se encuentran el aramo australiano, el álamo, el castaño y el pino oregón.

Aún cuando el análisis de opciones de mitigación señala que el bosque nativo se vería beneficiado por la aplicación de diversos instrumentos que disminuirían las hectáreas sustituidas y habilitadas, ello no implica que su utilización sea racional y sustentable. A este respecto, las disposiciones legales vigentes indican que cualquier intervención sobre un bosque nativo que no se encuentre en alguna categoría legal de protección (parque, monumento o reserva nacional), requiere la autorización de la CONAF, previa presentación y aprobación de un Plan de Manejo Forestal y de un Estudio de Impacto Ambiental, que debe ser aprobado por la CONAMA regional competente. Los bosques en alguna categoría de protección, no pueden ser intervenidos, salvo disposición expresa de una ley.

Chile cuenta con un Ley de Bosques (D.S. N°4.363 de 1932), que establece medidas de protección de los recursos nativos de carácter muy general. Un nuevo cuerpo legal, actualizado y orientado a la protección y manejo sustentable del bosque nativo, se encuentra en trámite legislativo. Se trata del Proyecto de Ley sobre Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal, ingresada a discusión parlamentaria en 1992.



# IMPLEMENTACIÓN DE LOS COMPROMISOS DE LA CONVENCIÓN MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO







## 5. IMPLEMENTACIÓN DE LOS COMPROMISOS DE LA CONVENCIÓN MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO

### 5.1 MARCO INSTITUCIONAL

#### 5.1.1 COMITÉ NACIONAL ASESOR SOBRE CAMBIO GLOBAL

Dada la relevancia que el tema de cambio climático estaba adquiriendo para el país, tanto a nivel del proceso de negociación internacional, como por el inicio de proyectos de cooperación en esta materia, se hizo necesaria la creación de una instancia interinstitucional que sirviera de mesa para el debate y para la asesoría gubernamental en la toma de decisión sobre este tema. Para ello, el 29 de mayo de 1996 se materializó la creación del Comité Nacional Asesor sobre Cambio Global (CNAG), mediante Decreto Supremo N° 466 del Ministerio de Relaciones Exteriores, publicado en dicha fecha en el Diario Oficial.

Su estructura de funcionamiento se formalizó en abril de 1998, oportunidad en que se establecieron grupos de trabajo específicos y se definió, además, una agenda de tareas para el corto y mediano plazo. El tratamiento y análisis de este complejo tema ha cobrado mayor fuerza luego de dicha formalización, permitiendo su incorporación paulatina en la agenda ambiental del Gobierno.

Las principales funciones del CNAG son:

- asesorar al Ministerio de Relaciones Exteriores en la definición de la posición nacional respecto de la Convención de Cambio Climático, del Instituto Interamericano para la Investigación del Cambio Global, y de los Convenios sobre deterioro de la capa de ozono;
- asesorar a la Comisión Nacional del Medio Ambiente en aquellas materias que se relacionan con el cambio global en el territorio chileno, y en la aplicación nacional de planes y programas
- asesorar a las instituciones dedicadas a la investigación del cambio global y a todas aquellas que así lo requieran y/o lo soliciten, y
- servir de órgano de coordinación entre todas las entidades cuyo trabajo esté vinculado al cambio climático y/o cambios globales.

La Comisión Nacional del Medio Ambiente ejerce la presidencia de este Comité, en tanto el Ministerio de Relaciones Exteriores asume la vicepresidencia.

Originalmente, el Decreto Supremo que estableció este Comité incluyó, además, la participación de un representante de las siguientes instituciones:

- Ministerio de Agricultura
- Comisión Nacional de Energía
- Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante
- Dirección Meteorológica de Chile
- Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile
- Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica, y
- Academia Chilena de Ciencias.

Debido a que las materias tratadas en el Comité requerían de una amplia participación interdisciplinaria, a partir de 1998, fueron invitadas a conformar el Pleno del Comité otras instituciones, con el objeto de diversificar su composición, incluyendo sectores productivos, empresariales y de la administración del Estado vinculados al desarrollo económico. Las instituciones invitadas fueron:

- Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción
- Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones
- Empresa Nacional de Petróleos
- Confederación de la Producción y el Comercio
- Fundación Chile
- Comisión Chilena del Cobre
- Corporación del Cobre de Chile
- Red de Acción Climática para América Latina
- Pontificia Universidad Católica de Chile

El Pleno se reúne periódicamente a sesionar sobre temas relevantes para el país en materia de cambio climático. A objeto de cubrir adecuadamente las materias de dicho Comité, se han

conformado grupos de trabajo específicos en temas como transferencia de tecnologías, cambio de uso de la tierra, mecanismos de flexibilización del protocolo de Kioto, entre otros. Principalmente, la labor de los grupos de trabajo está orientada a generar posiciones nacionales en diferentes temas, y a dar respuesta a los requerimientos que la Conferencia de las Partes de la CMCC hace a los países signatarios.

Dependiendo de la naturaleza y relevancia de los temas tratados, el Comité recurre a las decisiones del Consejo Directivo de CONAMA. Esta orgánica institucional ha sido importante para el tratamiento integral del tema en Chile, pues ha permitido que la máxima autoridad político-ambiental del país comience a tomar decisiones en un tema tan importante como lo es el cambio climático.

### **5.1.2 LINEAMIENTOS ESTRATÉGICOS EN MATERIA DE CAMBIO CLIMÁTICO EN CHILE: PLAN DE TRABAJO**

Una labor central del Comité fue la elaboración de los Lineamientos estratégicos en materia de cambio climático en Chile, que tienen el propósito de delimitar el marco de acción del Gobierno para posibilitar la implementación de sus compromisos con la Convención y el Protocolo. Estos fueron aprobados en la sesión del Consejo Directivo de la Comisión Nacional del Medio Ambiente, realizada el 6 de diciembre de 1998 y sirvieron de base para preparar un Plan de Trabajo sobre Cambio Climático, cuyo objetivo es poner en ejecución tales lineamientos. Brevemente, éstos son:

- *La reafirmación de los compromisos establecidos en la convención marco de cambio climático (CMCC)*
  - *La promoción de la ratificación del Protocolo de Kioto*
  - *La participación de sectores relevantes y expertos chilenos en la discusión de los mecanismos económicos establecidos en el Protocolo de Kioto*
  - *La utilización del mecanismo de desarrollo limpio (MDL)*
  - *El diseño de orientaciones básicas respecto de nuevas formas de limitación y/o reducción de emisiones de gases de efecto invernadero para los países en desarrollo*
  - *La generación y aplicación de un Plan de Acción Nacional en Cambio Climático, y*
  - *La creación de un fondo especial para la investigación técnica y científica y la capacitación en cambio climático en Chile*
- El plan de trabajo describe estos siete lineamientos centrales,

aborda aspectos institucionales y financieros de su implementación y define los resultados esperados y las acciones a ejecutar para posibilitar la obtención de dichos resultados.

## **5.2 REPRESENTACIÓN INTERNACIONAL**

### **5.2.1 PARTICIPACIÓN DE CHILE EN EL PROCESO DE NEGOCIACIÓN INTERNACIONAL DE LA CONVENCIÓN Y EL PROTOCOLO DE KIOTO**

La presencia del país en las reuniones de los órganos subsidiarios y de la Conferencia de las Partes de la Convención, tradicionalmente cubiertas por el Ministerio de Relaciones Exteriores, comenzó a ser apoyada por CONAMA y otras instituciones nacionales a partir de 1996. En efecto, el número de delegados y de reuniones cubiertas ha aumentado desde la Primera Conferencia de las Partes, lo cual significa que fondos nacionales se han destinado a este propósito.

Además de participar en el debate de los temas relevantes que en el proceso de negociación internacional de la CMCC se han considerado (revisión de compromisos de los países Anexo I, comunicaciones nacionales, mecanismo financiero, cambio de uso de la tierra y silvicultura, mecanismos flexibles del Protocolo de Kioto, entre otros), Chile ha impulsado iniciativas propias que guardan relación con su política de participar más activamente en la implementación de sus compromisos en materia de cambio climático, las que han comenzado a ser apoyadas por otras Partes de la CMCC.

Tales iniciativas se refieren a i) la pronta implementación de una fase demostrativa para proyectos de reducción de emisiones o aumento de captura de carbono bajo el mecanismo de desarrollo limpio, la que permitiría utilizar en forma temprana este mecanismo, y cuyos resultados serán sometidos posteriormente a las reglas y modalidades que la Conferencia de las Partes (actuando como la Reunión de las Partes en el Protocolo), determine para el MDL, y ii) la discusión informal para una participación más activa de los países en desarrollo frente a la implementación de sus compromisos en cambio climático

## **5.3 PROYECTOS DE COOPERACIÓN INTERNACIONAL EJECUTADOS Y EN EJECUCIÓN**

Luego de la firma y ratificación de la CMCC, Chile ha comprometido esfuerzos en cumplir los compromisos establecidos en

dicho instrumento legal, especialmente los referidos al Artículo 4.1 incisos a) y b) acerca de la elaboración y actualización periódica del inventario de gases invernadero y a la elaboración de estrategias de mitigación, y al Artículo 12, que trata sobre la transmisión de información relacionada con la aplicación de la Convención (primeras comunicaciones nacionales).

El papel de la cooperación internacional ha sido fundamental en la generación de esta información y en el fortalecimiento de las capacidades institucionales nacionales para procesarla, pilares fundamentales del cabal conocimiento de las implicancias del cambio climático para Chile, y del diseño de un conjunto coherente de acciones que permitan enfrentarlas. Las prioridades del desarrollo en Chile imponen serias restricciones a los recursos nacionales destinados al estudio de estas materias, no obstante la voluntad expresamente manifestada desde la Cumbre de Río hasta hoy.

### **5.3.1 INVENTARIO NACIONAL PRELIMINAR DE GEI, 1993**

Chile inició en 1996 la ejecución de un Inventario nacional preliminar de gases de efecto invernadero para el año 1993, siguiendo la metodología propuesta por el PICC. Esta actividad formó parte de un acuerdo de cooperación suscrito entre CONAMA y el Departamento de Energía Estados Unidos (USDOE).

### **5.3.2 “REDUCCIÓN DE GASES PRODUCTORES DEL EFECTO INVERNADERO EN CHILE”**

En marzo de 1996, comenzó la ejecución del proyecto “Reducción de gases productores del efecto invernadero en Chile”, financiado por el GEF. Su objetivo principal fue identificar y aplicar opciones para la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> provenientes de la quema de combustibles fósiles en las áreas de eficiencia energética y energías renovables. Este proyecto fue coordinado conjuntamente por la Comisión Nacional de Energía y CONAMA, con la participación de la oficina local del PNUD.

Como resultados de este proyecto se cuentan el análisis para la creación de una sub-empresa de servicios energéticos (SESEFE) en un complejo minero estatal de gran envergadura, y la asistencia técnica a otras empresas dedicadas a esta actividad en Chile; actualmente se están desarrollando proyectos piloto destinados a incorporar medidas de eficiencia energética en la pequeña y mediana industria, desarrollando para ello mecanismos innovadores de financiamiento y asistencia técnica.

Asimismo, bajo esta actividad GEF, culminó la construcción un

proyecto piloto que permitió dotar de electricidad, a través de la gasificación de biomasa forestal como combustible a una localidad rural aislada, evitando la utilización de combustibles fósiles para la generación eléctrica en este tipo de localidades, ampliando así la base tecnológica para proyectos de electrificación rural.

### **5.3.3 “CAPACITACIÓN DE CHILE PARA CUMPLIR SUS COMPROMISOS CON LA CONVENCION MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO”**

En mayo de 1997, Chile dio inicio al proyecto “Capacitación de Chile para cumplir sus Compromisos con la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático”. Este proyecto se concreta dentro de la modalidad Enabling Activities financiadas por el GEF, y tiene como principal objetivo capacitar al Gobierno de Chile para elaborar la presente Comunicación Nacional a la Conferencia de las Partes (CP) de la Convención.

El proyecto<sup>18</sup> contempló la ejecución de las siguientes actividades:

- a) La elaboración de un Inventario de Gases de Efecto Invernadero para el año base 1994, siguiendo las Guías Metodológicas del PICC, revisadas en 1996. Esta actividad permitió mejorar la información del Inventario Nacional Preliminar 1993, de modo de incluir sectores no considerados con anterioridad y contar con el inventario completo para el año 1994. Un producto central de esta actividad es la elaboración de un software que permita la actualización periódica del inventario nacional.
- b) El análisis de las medidas potenciales para mitigar el aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero en Chile, el cual se basó en las guías elaboradas para tal efecto por el Programa de Estudios País de los Estados Unidos (USCSP). Este análisis incluyó el desarrollo de escenarios de línea-base para emisiones de GEI y la evaluación de las medidas y opciones tecnológicas de mitigación.
- c) El análisis de la vulnerabilidad y mecanismos de adaptación al Cambio Climático en los sectores Agricultura, Recursos Hídricos, Silvicultura, Zonas Costeras y Recursos Pesqueros, el cual utilizó las Guías del PICC para vulnerabilidad, así como documentación provista por el USCSP.

<sup>18</sup> Durante el mes de enero de 1998 se dio comienzo a los estudios “Finalización del inventario nacional de gases de efecto invernadero y análisis de mitigación en el sector energético” y “Finalización del inventario nacional de gases de efecto invernadero y análisis de mitigación en el sector no-energético”. Las instituciones encargadas de ejecutar ambos estudios fueron el Programa de Investigaciones en Energía, PRIEN, de la Universidad de Chile y el Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA, del Ministerio de Agricultura, respectivamente. El Análisis de Vulnerabilidad y Adaptación en Agricultura, Recursos Hídricos y Silvicultura, iniciado en marzo de 1998, fue realizado por el Centro AGRIMED, perteneciente a la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad de Chile, y el Análisis de Vulnerabilidad y Adaptación en Zonas Costeras y Recursos Pesqueros, iniciado en mayo de 1998, está siendo ejecutado por el Centro EULA, de la Universidad de Concepción.

Además de proveer de información para la Primera Comunicación Nacional, el proyecto ha conseguido aumentar la conciencia general y el conocimiento sobre las cuestiones relacionadas con el cambio climático en Chile, a la vez de fortalecer el diálogo, el intercambio de información y la cooperación entre todas las instituciones de apoyo pertinentes, incluyendo los sectores gubernamentales, no gubernamentales, académicos y privados.

### 5.3.4 “REMOCIÓN DE BARRERAS PARA LA ELECTRIFICACIÓN RURAL CON ENERGÍAS RENOVABLES”

Este proyecto comenzó a mediados de 1999, y tiene como propósito desarrollar actividades preparatorias para llevar a cabo un proyecto global de introducción de las energías renovables en el ámbito de la electrificación rural en Chile. El proyecto cubre temas tales como: estructura institucional para la electrificación rural, estándares y certificación de equipamiento de energía renovable, promoción, entrenamiento, financiación, mecanismos de disminución de riesgo,

evaluaciones de mercado, medición de recursos eólicos y proyectos de inversión en electrificación rural.

### 5.3.5 PATROCINIO A PROYECTOS SOBRE ACTIVIDADES IMPLEMENTADAS CONJUNTAMENTE

Con el propósito de ganar experiencia en la temática de las actividades implementadas conjuntamente (AIC), el Gobierno de Chile, a través de la Comisión Nacional del Medio Ambiente, ha otorgado el patrocinio a los proyectos indicados en la Tabla 5.1.

### 5.3.6 PATROCINIO A PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN ASOCIADOS A CAPTURA DE CARBONO

Con el objeto de mejorar el entendimiento acerca del rol de los bosques en la captura de carbono, CONAMA ha dado su patrocinio a los proyectos señalados en la Tabla 5.2.

**TABLA 5.1 PROYECTOS PATROCINADOS POR CONAMA EN CALIDAD DE ACTIVIDADES IMPLEMENTADAS CONJUNTAMENTE**

PROYECTOS	INSTITUCIÓN SOLICITANTE
Secuestro de Carbono Río Cóndor	Fundación Chile
Secuestro de Carbono Forestal Inversiones S.A	Fundación Chile
Wind Energy in Northern Chile	CODELCO/International Institute for Energy Conservation USA
Chile Natural Gas Project	International Greenhouse Partnership Office, Australia
CHILPAVE: Chile Cold Mix In Place Recycled Asphalt Pavement Greenhouse gas Reduction Project	Pontificia Universidad Católica de Chile

*Nota: los proyectos se encuentran en fases tempranas de gestión (ya sea en etapa de informe a la Secretaría de la CMCC, o en búsqueda de aceptación por oficinas de Implementación Conjunta de países desarrollados, etc.).*

**TABLA 5.2 PROYECTOS DE CAPTURA DE CO<sub>2</sub> PATROCINADOS POR CONAMA**

PROYECTOS	INSTITUCIÓN SOLICITANTE
“Medición de la Captura de Carbono en Bosques de Chile y Promoción en Mercado Mundial de Carbono”	CEFOR/Universidad Austral
“Demostración del aumento en la captura de carbono en bosques de Chile mediante inoculación de plántulas”	Instituto Forestal

### 5.3.7 CONVENIO DE COOPERACIÓN ENTRE USEPA Y CONAMA

Bajo el marco de un convenio de cooperación entre la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA) y CONAMA, el gobierno de Chile desea precisar y evaluar con detalle las opciones de mitigación identificadas en el curso de los estudios que han servido de base a esta Primera Comunicación.

A través de este convenio, se implementarán los siguientes componentes:

- Evaluación de los beneficios indirectos (co-beneficios) de la eventual adopción de medidas de mitigación en sectores no vinculados directamente a las emisiones, en particular, los beneficios en la salud<sup>19</sup>.
- Análisis del impacto macroeconómico de las medidas de mitigación y/o de respuesta al Cambio Climático.
- Evaluación de los beneficios globales resultantes de las acciones relacionadas con el medio ambiente, que tienen incidencia indirecta en la reducción de emisiones o aumento de sumideros de GEI (conversiones energéticas o tecnológicas incorporadas en Planes de Descontaminación, políticas, planes o programas forestales y agrarios, políticas y programas energéticos, investigación científica, diseño de regulaciones ambientales, gestión de residuos, entre otras).
- Evaluación de las necesidades de reforzamiento de las capacidades técnicas e institucionales para la participación de Chile en los mecanismos definidos en el Protocolo de Kioto (en particular para el MDL).
- Educación pública y capacitación, que incluya la sensibilización de sectores empresariales, ONGs, comunidades científicas y académicas, y estrategias para incluir el cambio climático en el curriculum educacional formal e informal, en las decisiones sectoriales del ámbito económico y social, y al más alto nivel de decisiones políticas.

<sup>19</sup> La ejecución de este estudio se inició a mediados de 1999



**RESULTADOS DEL  
INVENTARIO DE GASES  
DE EFECTO INVERNADERO,  
DEL ANÁLISIS DE LAS  
OPCIONES DE MITIGACIÓN Y  
DE LA EVALUACIÓN  
DE VULNERABILIDAD  
Y ADAPTACIÓN**







## 6. RESULTADOS DEL INVENTARIO DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, DEL ANÁLISIS DE LAS OPCIONES DE MITIGACIÓN Y DE LA EVALUACIÓN DE VULNERABILIDAD Y ADAPTACIÓN

### 6.1 INVENTARIOS DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

Los inventarios 1993/1994 fueron elaborados para CONAMA por:

- El Programa de Investigaciones en Energía (PRIEN), de la Universidad de Chile, que realizó la sección correspondiente al sector Energía, Procesos Industriales y Uso de Solventes, y
- El Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA, del Ministerio de Agricultura, que realizó la parte relativa al sector No-Energía.

#### 6.1.1 INVENTARIO PRELIMINAR DE GASES DE EFECTO INVERNADERO 1993

Durante 1996, bajo el marco de un acuerdo suscrito entre CONAMA y el Departamento de Energía de los Estados Unidos (USDOE), aún vigente, Chile inició la ejecución de un Inventario Nacional Preliminar de Gases de Efecto Invernadero para el año 1993, siguiendo la metodología propuesta por el PICC (Guías Revisadas para 1996). Se le dio

el carácter de preliminar, pues no incluyó las categorías de Procesos Industriales y Usos de Solventes. El financiamiento de esta actividad se materializó a través del Programa de Estudios País de los Estados Unidos de América (USCSP).

Posteriormente, en consecuencia con los compromisos adquiridos ante la Convención, el gobierno chileno presentó ante el GEF - bajo la modalidad Enabling Activities- un proyecto que permitió completar el inventario de 1993, incluyendo los sectores antes mencionados, así como elaborar el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero para 1994, cuya metodología de elaboración y los resultados correspondientes serán tratados in extenso en secciones posteriores.

El ejercicio preliminar para 1993 sentó las bases metodológicas para futuras actualizaciones y permitió identificar las modificaciones necesarias de introducir en los inventarios siguientes, de modo de reflejar de mejor manera las particularidades nacionales. Sus resultados, si bien no reportan el año referencia para la CMCC, son informados a continuación a modo ilustrativo.

TABLA 6.1 EMISIONES DE GEI Y OTROS GASES, SECTOR ENERGÍA, AÑO 1993 (Gg)

Sector	Gases de Efecto Invernadero			Otros Gases			
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO	NO <sub>x</sub>	COVNM	SO <sub>2</sub>
Energía							
Industria de la energía	6.367,2	0,4	0,1	9,6	19,7	0,8	38,7
Manufactura y construcción	10.195,4	3,3	0,2	40,2	42,9	2,8	54,2
Transporte	11.968,4	1,8	0,8	350,8	78,5	68,6	6,1
Comercial, residencial, institucional	3.836,5	27,2	0,4	438,1	14,0	52,6	25,9
Agricultura, pesca y silvicultura	579,7	0,8	0,0	5,1	0,7	0,5	4,9
Fuentes fugitivas	0,0	43,2	0,0	0,6	0,4	12,3	6,3
<b>TOTAL</b>	<b>32.947,2</b>	<b>76,7</b>	<b>1,5</b>	<b>844,2</b>	<b>156,2</b>	<b>137,6</b>	<b>136,2</b>

**TABLA 6.2 EMISIONES DE GEI Y OTROS GASES - SECTOR PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE SOLVENTES, AÑO 1993 (Gg)**

Sector	Gases de Efecto Invernadero			Otros Gases				
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO	NO <sub>x</sub>	COVNM	SO <sub>2</sub>	HFC,PFC, SF <sub>6</sub>
Procesos industriales								
Cobre	-	-	-	-	-	-	1.831,8	-
Cemento	1.030,7	-	-	-	-	-	0,8	-
Asfalto	-	-	-	-	-	30,4	-	-
Vidrio	-	-	-	-	-	0,2	-	-
Productos químicos	-	1,9	0,5	-	0,7	0,6	22,9	-
Acero y hierro	945,5	-	-	1,3	0,1	0,1	1,8	-
Ferroaleaciones	40,5	-	-	-	-	-	-	-
Papel y pulpa	-	-	-	9,3	2,5	6,1	12,2	-
Alimentos y bebidas	-	-	-	-	-	23,2	-	-
Refrigeración, extintores y otros	-	-	-	-	-	-	-	0,0
<b>Subtotal</b>	<b>2.016,7</b>	<b>1,9</b>	<b>0,5</b>	<b>10,6</b>	<b>3,3</b>	<b>60,6</b>	<b>1.869,5</b>	<b>0,0</b>
Uso de Solventes								
Producción de pintura	-	-	-	-	-	1,0	-	-
Uso industrial de pintura	-	-	-	-	-	8,9	-	-
Uso residencial de pintura	-	-	-	-	-	7,0	-	-
Pintura de autos	-	-	-	-	-	7,4	-	-
Solventes de uso doméstico	-	-	-	-	-	2,6	-	-
Lavasecos	-	-	-	-	-	1,0	-	-
<b>Subtotal</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>27,9</b>	<b>-</b>	<b>-</b>
<b>TOTAL</b>	<b>2.016,7</b>	<b>1,9</b>	<b>0,5</b>	<b>10,6</b>	<b>3,3</b>	<b>88,5</b>	<b>1.869,5</b>	<b>0,0</b>

**TABLA 6. 3 EMISIONES AGREGADAS DE GEI Y OTROS GASES - SECTOR ENERGÍA, PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE SOLVENTES, AÑO 1993 (Gg)**

Sector	Gases de Efecto Invernadero			Otros Gases			
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO	NO <sub>x</sub>	COVNM	SO <sub>2</sub>
Energía	32.947,2	844,2	156,2	76,7	1,5	137,6	136,2
Procesos industriales	2.016,7	10,6	3,3	1,9	0,5	60,6	1.869,5
Uso de solventes	-	-	-	-	-	27,9	-
<b>Total</b>	<b>34.963,9</b>	<b>854,8</b>	<b>159,5</b>	<b>78,6</b>	<b>2,0</b>	<b>226,1</b>	<b>2.005,7</b>
<b>Total Gg de CO<sub>2</sub> equiv</b>	<b>34.963,9</b>	<b>9.402,8</b>	<b>51.040,0</b>				

Los resultados del Inventario de GEI correspondientes al Sector No Energía se indican en la Tabla 6.4.

**TABLA 6.4 EMISIONES DE GEI Y OTROS GASES - SECTOR NO ENERGÍA, AÑO 1993 (Gg)**

Módulo/submódulo	Gases de Efecto Invernadero			Otros Gases	
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO	NO <sub>x</sub>
Agricultura:	0,0	306,36	20,15	48,34	2,83
Cultivo de arroz	0,0	6,20	0,0	0,0	0,0
Ganadería doméstica	0,0	297,86	7,16	0,0	0,0
Cultivo de suelos	0,0	2,30	12,08	0,0	0,0
Quema de rastrojos	0,0	0,0	0,08	48,34	2,83
Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura	-29.372,80	123,70	31,58	1.082,0	30,73
Gestión silvícola	-7.481,20	0,0	0,0	0,0	0,0
Habilitación	2.569,3	4,9	1,24	42,60	1,21
Substitución	5.581,4	5,40	1,39	47,60	1,35
Floreo	4.376,1	0,0	0,00	0,0	0,0
Abandono (regeneración natural)	-41.870,6	0,0	0,0	0,0	0,0
Quema de desechos forestales <sup>20</sup>		80,50	20,56	704,50	20,01
Incendios forestales	7.452,3	32,80	8,38	287,20	8,16
Gestión de residuos			0,83		
Aguas servidas	-		0,83	-	-
<b>Total sector Gg</b>	<b>-29.372,80</b>	<b>430,06</b>	<b>51,73</b>	<b>1.130,34</b>	<b>33,56</b>
<b>Total Gg de CO<sub>2</sub> equiv.</b>	<b>-29.372,80</b>	<b>4.730,66</b>	<b>16.553,6</b>		

<sup>20</sup> De acuerdo a la metodología en uso, la combustión de leña no se traduce en emisión de CO<sub>2</sub>, dado que se trata de biomasa sintetizada dentro del año y regenerable en un año plazo.

### 6.1.2 INVENTARIO DE GASES DE EFECTO INVERNADERO 1994

El Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 1994 fue elaborado para alcanzar dos grandes objetivos: i) cumplir el compromiso de Chile, como país signatario de la Convención, de reportar ante la Secretaría de la Convención su inventario nacional de todos los GEI no controlados por el Protocolo de Montreal, y ii) determinar la disponibilidad nacional de información estadística, en los términos requeridos por la metodología del PICC, identificar los vacíos de información, y proponer adecuaciones a dicha metodología cuando la realidad particular del país así lo requiriera.

Este inventario de emisiones se dividió en dos grandes sectores: Sector Energía que se refiere a las emisiones de GEI producidas por la combustión de energéticos, por los procesos industriales de transformación de insumos y por el uso de solventes, y el Sector No Energía, que se refiere a las emisiones de GEI producidas por la agricultura, la silvicultura, el cambio de uso de la tierra y la gestión de residuos.

Como parte de la elaboración del inventario, se diseñó para ambos sectores un *software* para la adquisición, manejo y actualización de los datos que conforman el banco de información básica necesaria para el cálculo de las emisiones de GEI, de acuerdo a la metodología PICC.

El ejercicio de cálculo de emisiones incluyó los gases de efecto invernadero controlados por la CMCC ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  y  $\text{N}_2\text{O}$ ) y bajo la categoría Otros Gases, se agrupó a los precursores de ozono ( $\text{NO}_x$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{COVNM}$ ) y aerosoles ( $\text{SO}_2$ ), a los hidrofluoro-carbonos (HFC), a los perfluorocarbonos (PFC) y al hexafluoruro de azufre ( $\text{SF}_6$ ), si bien estos tres últimos fueron incluidos como gases controlados a partir de la Tercera Reunión de la Conferencia de las Partes.

#### 6.1.2.1 INVENTARIO SECTOR ENERGÍA

El inventario de este sector incluyó la producción y consumo de energía, los procesos industriales y el uso de solventes. Se reporta el año 1994 por tratarse del año base de cálculo para la CMCC.

Los gases incluidos son:  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{COVNM}$ ,  $\text{SO}_2$ , HFC, PFC y  $\text{SF}_6$ .

La metodología empleada corresponde a la Guía elaborada por el PICC, e incorpora las modificaciones introducidas en 1996. Los coeficientes de emisión usados para los cálculos de emisiones fueron aquellos valores por defecto sugeridos por el PICC, en las ocasiones en que no se dispuso de coeficientes que dieran cuenta de condiciones propias del país.

Un tratamiento especial se dio a las emisiones provenientes de la industria de la celulosa y la minería del cobre. La importancia de estos sectores en la economía nacional y las particularidades de los procesos que en ellos se realizan, les confieren un particular interés metodológico, que puede contribuir al mejoramiento de los inventarios de países en que estas actividades tienen un grado de importancia similar.

El cálculo de emisiones de  $\text{CO}_2$  fue realizado utilizando dos enfoques: el Enfoque de Referencia (basado en la determinación del consumo aparente de cada combustible<sup>21</sup>, y el cálculo de las emisiones de  $\text{CO}_2$  correspondientes, a través de un factor de emisión), y el Enfoque de Usos Finales (basado en el consumo de combustibles en cada uso final y el cálculo de emisiones de  $\text{CO}_2$  a través de factores de emisión representativos de cada combustible, asociados a la tecnología del usuario final). Para otros gases, se aplica el Enfoque de Usos Finales y factores de emisión por defecto, recomendados por el PICC.

Las fuentes de información consultadas fueron el Balance de Energía de la Comisión Nacional de Energía (CNE), órgano que representa la fuente de información oficial en materia energética, estudios del Programa de Investigaciones en Energía (PRIEN) de la Universidad de Chile, la Comisión Chilena del Cobre (COCHILCO), las guías del PICC e información entregada directamente por empresas. Los datos disponibles se encuentran agregados a escala nacional, por lo que no es posible caracterizar el comportamiento de los sectores bajo estudio a escala regional.

Los sectores estudiados, de acuerdo a las clasificaciones del PICC y de la CNE, fueron los indicados en las Tablas 6.5 y 6.6 siguientes.

<sup>21</sup> Consumo aparente= producción-importaciones-bunkers internacionales-cambios de stock

**TABLA 6.5 ACTIVIDADES INCLUIDAS EN EL SECTOR ENERGÍA**

<b>Sector Energía</b>	<b>Subsector</b>	<b>Proceso</b>
<i>Industrias de la energía</i>	Producción de electricidad y calor Refinación de petróleo y gas natural Transformación de combustibles sólidos y otras industrias energéticas	Generación de electricidad  Transformación de gas y coque Carbón y leña
<i>Industria manufacturera y construcción</i>	Hierro Acero Metales no ferrosos Industria Química Celulosa y Papel Procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco Otras	Cobre Petroquímica  Azúcar Cemento
<i>Transporte</i>	Aéreo <sup>22</sup> Transporte caminero Ferroviario Marítimo Agricultura Pesca <sup>23</sup>	
<i>Comercial, institucional, residencial</i>	Residencial urbano y rural Pequeño, mediano y gran comercio Fiscal, municipal y alumbrado público	
<i>Agricultura, Silvicultura, Pesca</i>	Agricultura Pesca	

Para mayor claridad del método aplicado, se han separado las emisiones de GEI producidas por la combustión de energéticos de aquellas generadas por los procesos industriales que transforman insumos, tanto física como químicamente, y aquellas producidas por el uso de solventes. Las fuentes emisoras seleccionadas e inventariadas como procesos industriales y uso de solventes, debido a su relevancia en Chile<sup>24</sup>, se muestran en la Tabla 6.6.

**TABLA 6.6 PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE SOLVENTES**

<b>Sector Procesos industriales y Uso de solventes</b>	
<i>Procesos industriales</i>	Cobre Cemento Asfalto Vidrio Productos químicos Acero y hierro Ferroaleaciones Papel y pulpa Alimentos y bebidas Refrigeración, extintores y otros
<i>Uso de Solventes<sup>25</sup></i>	Producción de pintura Uso industrial de pintura Uso residencial de pintura Pintura de autos Solventes de uso doméstico Lavasecos

<sup>22</sup> Por limitaciones en la información disponible, no se restaron los consumos y emisiones de los bunkers internacionales de aviación

<sup>23</sup> Los consumos y emisiones correspondientes a este subsector se incluyen en el subsector Marítimo, ya que en las estadísticas oficiales no es posible desagregarlos.

<sup>24</sup> Otras fuentes emisoras señaladas en la Guía PICC no se incluyen por no existir en el país

<sup>25</sup> Las emisiones inventariadas en este subsector corresponden a COV. La información disponible no permite cuantificar el porcentaje de metano en el total de COV emitido en las fuentes identificadas.

## RESULTADOS

Los resultados del Inventario de GEI correspondiente al Sector Energía, Procesos Industriales y Uso de Solventes, se indican en las Tablas 6.7, 6.8 y 6.9 a continuación.

**TABLA 6.7 EMISIONES DE GEI Y OTROS GASES - SECTOR ENERGÍA, AÑO 1994 (Gg)**

Sector	Gases de Efecto Invernadero			Otros Gases			
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO	NO <sub>x</sub>	COVNM	SO <sub>2</sub>
Energía							
Industria de la energía	8.439,8	0,2	0,1	3,0	25,7	0,6	58,8
Manufactura y construcción	9.255,3	1,6	0,2	32,8	38,8	2,7	48,5
Transporte	12.695,3	2,1	1,1	378,3	77,7	74,2	6,1
Comercial, residencial, institucional	4.049,6	28,9	0,4	464,5	14,9	55,7	27,8
Agricultura/pesca/silvicultura	787,1	0,7	-	6,0	4,6	1,1	5,0
Fuentes fugitivas	-	40,7	-	0,7	0,4	13,2	6,8
<b>TOTAL</b>	<b>35.227,0</b>	<b>74,1</b>	<b>1,7</b>	<b>885,2</b>	<b>161,9</b>	<b>147,5</b>	<b>153,0</b>

La estimación de emisiones en el subsector Procesos Industriales y Uso de Solventes, se indica en la Tabla 6.8 siguiente.

**TABLA 6.8 EMISIONES DE GEI Y OTROS GASES - SECTOR PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE SOLVENTES, AÑO 1994 (Gg)**

Sector	Gases de Efecto Invernadero			Otros Gases				
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO	NO <sub>x</sub>	COVNM	SO <sub>2</sub>	HFC,PFC, SF <sub>6</sub>
Procesos industriales	-	-	-	-	-	-	-	-
Cobre	-	-	-	-	-	-	1.775,3	-
Cemento	1.021,1	-	-	-	-	-	0,8	-
Asfalto	-	-	-	-	-	45,6	-	-
Vidrio	-	-	-	-	-	0,2	-	-
Productos químicos	-	2,1	0,8	-	1,0	0,7	24,5	-
Acero y hierro	812,2	-	-	1,2	0,1	0,1	1,8	-
Ferroaleaciones	36,7	-	-	-	-	-	-	-
Papel y pulpa	-	-	-	9,8	2,6	6,5	12,7	-
Alimentos y bebidas	-	-	-	-	-	24,7	-	-
Refrigeración, extintores y otros	-	-	-	-	-	-	-	0,0
<b>Subtotal</b>	<b>1.870,0</b>	<b>2,1</b>	<b>0,8</b>	<b>11,0</b>	<b>3,7</b>	<b>77,8</b>	<b>1.815,1</b>	<b>0,0</b>
Uso de Solventes								
Producción de pintura	-	-	-	-	-	1,0	-	-
Uso industrial de pintura	-	-	-	-	-	9,3	-	-
Uso residencial de pintura	-	-	-	-	-	6,9	-	-
Pintura de autos	-	-	-	-	-	7,5	-	-
Solventes de uso doméstico	-	-	-	-	-	2,6	-	-
Lavasecos	-	-	-	-	-	1,0	-	-
<b>Subtotal</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>28,4</b>	<b>-</b>	<b>-</b>
<b>Total</b>	<b>1.870,0</b>	<b>2,1</b>	<b>0,8</b>	<b>11,0</b>	<b>3,7</b>	<b>106,2</b>	<b>1.815,1</b>	<b>0,0</b>

Las cifras agregadas del Sector Energía se indican en la Tabla 6.9.

**TABLA 6.9 EMISIONES TOTALES DE GEI Y OTROS GASES - SECTOR ENERGÍA, PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE SOLVENTES, AÑO 1994 (Gg)**

Sector	Gases de Efecto Invernadero			Otros Gases			
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO	NO <sub>x</sub>	COVNM	SO <sub>2</sub>
Energía	35.227,0 <sup>26</sup>						
	35.392,2 <sup>27</sup>	74,2	1,8	885,3	162,1	147,5	153,0
Procesos Industriales	1.870,0	2,1	0,8	11,0	3,7	77,8	1.815,1
Uso de Solventes	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	28,4	0,0
<b>Total</b>	<b>37.097,0</b>	<b>76,3</b>	<b>2,6</b>	<b>896,3</b>	<b>165,8</b>	<b>253,7</b>	<b>1.968,1</b>

<sup>26</sup> Enfoque Usos Finales  
<sup>27</sup> Enfoque de Referencia

## ANÁLISIS DE RESULTADOS

Durante 1994, el sector energía, procesos industriales y uso de solventes fue responsable de la emisión de 37.097,0 Gg de CO<sub>2</sub>, siendo el sector energía el responsable del 95% de dichas emisiones. Las emisiones de CO<sub>2</sub>, calculadas a través de los métodos Enfoque de Referencia y Enfoque de Usos Finales, no exhiben diferencias significativas.

Si se analizan las emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas al consumo de combustibles, se concluye la importancia del transporte caminero (36%), de la generación termoeléctrica (24%), y el sector manufactura y construcción (26%), como fuentes emisoras.

Con relación a otros gases, en este mismo sector, el transporte caminero mantiene su importancia: representa el 65% de las emisiones de N<sub>2</sub>O, el 48% de las emisiones de NO<sub>x</sub>, el 52% de las emisiones de CO y el 50% de las emisiones de COVNM. El sector inmediatamente cercano al transporte en grado de importancia es el Residencial, Institucional y Comercial (24% del N<sub>2</sub>O, 9% del NO<sub>x</sub>, 52% del CO y 38% de COVNM). En el caso del gas metano emitido por este sector, las fuentes fugitivas dan cuenta del 55% del total. La principal fuente emisora de SO<sub>2</sub> corresponde a la industria del cobre.

Los procesos industriales resultan significativos en las emisiones de precursores de aerosoles (SO<sub>2</sub>) y de ozono (COVNM). Su contribución relativa en términos de emisiones de GEI de efecto directo no aparece significativa.

El inventario del sector energía fue realizado sobre cifras agregadas a escala nacional, por lo que no es posible conseguir una visión del comportamiento de cada sector a escala regional, información relevante para la identificación, diseño y evaluación de opciones de mitigación. Al año de inventario, la información disponible en la CNE consideraba en forma agregada los consumos de energía del sector Residencial, Comercial y Público; la desagregación es posible de obtener a partir de 1997.

La actualización periódica de este inventario surge como una

clara necesidad, debido a la influencia de eventuales cambios estructurales<sup>28</sup> sobre el nivel de las emisiones de GEI y la evolución que puedan experimentar algunas de las principales variables que determinarán dichas emisiones en el futuro. Dicha evolución presenta un significativo grado de incertidumbre. Esta necesidad de actualización se ve reforzada, además, porque los resultados del inventario son fundamentales para conocer los sectores que concentran las principales emisiones y que presentan potencialidades de mitigación.

### 6.1.2.2 INVENTARIO SECTOR NO ENERGÍA

El inventario del sector No energía fue elaborado siguiendo las guías metodológicas PICC/OECD, revisadas en 1996. El inventario incluyó tres módulos:

- Agricultura
- Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura
- Gestión de Residuos

De acuerdo a estas guías metodológicas, los datos recopilados corresponden a los años 1993, 1994 y 1995; no obstante, con el fin de reducir el impacto de condiciones ambientales atípicas y/o extremas sobre el inventario, se reportan los valores obtenidos de promediar las cifras de estos 3 años. Los gases considerados fueron CO<sub>2</sub>, CO, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, NO<sub>x</sub> y COVNM. La disponibilidad de información estadística con desagregación de nivel regional, permitió que el inventario nacional fuera elaborado como la sumatoria de los inventarios regionales.

Como parte de la elaboración del inventario, se diseñó un *software* para la adquisición, manejo y actualización de los datos necesarios para el cálculo de emisiones, de acuerdo a las guías del PICC.

El método consideró las fuentes de emisiones y sumideros de gases señalados en la Tabla 6.10.

**TABLA 6.10 CATEGORÍAS DE FUENTES Y SUMIDEROS DE GEI INCLUIDAS EN EL SECTOR NO ENERGÍA**

Sector	Emisiones inventariadas
Agricultura	Emisión de CH <sub>4</sub> por cultivo de arroz y ganadería doméstica Emisión de gases traza de C y N <sup>29</sup> desde suelos cultivados Emisión de gases traza de C y N por quema de residuos agrícolas
Silvicultura	Captura de CO <sub>2</sub> por incremento de biomasa en bosque nativo gestionado y plantaciones forestales Captura de CO <sub>2</sub> por incremento de biomasa de árboles no forestales (urbanos, otros). Emisión de CO <sub>2</sub> por cosecha forestal (madera, leña, carbón vegetal y astillas) Emisión de gases traza de C y N por quema in y ex-situ de biomasa arbórea residual
Cambio de Uso de la Tierra	Emisión de CO <sub>2</sub> y gases traza de C y N, por habilitación de terrenos (eliminación de cubierta boscosa y reemplazo por cultivos o praderas) Emisión de CO <sub>2</sub> y gases traza de C y N, debida a la substitución de bosque nativo por plantaciones forestales <sup>30</sup> y floreo de bosque nativo Emisión de CO <sub>2</sub> por urbanización de terrenos rurales Captura de CO <sub>2</sub> por regeneración de vegetación boscosa y arbustiva en terrenos abandonados
Gestión de residuos	Emisión de CH <sub>4</sub> por: tratamiento anaerobio de aguas servidas domiciliarias tratamiento anaerobio de residuos industriales líquidos tratamiento anaerobio de residuos sólidos domiciliarios tratamiento anaerobio de residuos sólidos industriales

<sup>28</sup> Por ejemplo: transporte público versus transporte privado, sistemas de construcción y materiales, cambios mayores en los sistemas energéticos, cambios en los mercados mundiales que afecten a los principales productos de exportación del país, etc.

<sup>29</sup> CO, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, NO<sub>x</sub> y COVNM

<sup>30</sup> El método define como emisión neta en el año de ocurrencia, la diferencia entre la biomasa original y la acumulada un año después de la substitución. La biomasa acumulada, a su vez, se define como la suma de la biomasa remanente a la substitución y la acumulada por la plantación en un año.



Las fuentes de información consultadas fueron: Instituto Nacional de Estadísticas (INE), Oficina de Estudios y Políticas Agrícolas (ODEPA), Ministerio de Planificación y Cooperación (MIDEPLAN), Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), Corporación Nacional Forestal (CONAF), Instituto Forestal (INFOR), CONAMA, Superintendencia de Servicios Sanitarios (SISS), Ministerio de Salud (MINSAL), Servicio de Salud Metropolitano del Ambiente (SESMA), Empresa Metropolitana de Obras Sanitarias (EMOS), Empresa Metropolitana de Residuos Sólidos (EMERES), KDM-KIASA, Centro Europa-América Latina (EULA), y empresas sanitarias.

La insuficiencia de información estadística específica requerida por las metodologías propuestas por el PICC fue suplida por el juicio de expertos nacionales, la utilización de estudios de alcance nacional y encuestas a especialistas. Se utilizó los factores de emisión y/o conversión por defecto propuestos por el PICC, cuando no se dispuso de información nacional.

### ADAPTACIONES METODOLÓGICAS

Para los módulos Agricultura y Gestión de residuos, las guías revisadas PICC/OCDE (1996) fueron aplicadas sin modificaciones substanciales. El tratamiento metodológico del segundo módulo, Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura, en cambio, se mostró débilmente estructurado y con fuertes diferencias respecto de la situación nacional. Si bien el desarrollo alcanzado por la silvicultura nacional justificaría un tratamiento del mismo nivel que el dado a la agricultura, la existencia de una estrecha vinculación entre la gestión silvícola y el cambio de uso de la tierra, obligó a un tratamiento conjunto.

Las guías entregadas por el PICC dan cuenta de una situación asimilable a zonas tropicales húmedas, donde la deforestación de la selva lluviosa alcanza magnitudes significativas. El método, en cambio, no reconoce adecuadamente las circunstancias actuales de la silvicultura y el cambio de uso de la tierra en Chile, y, por lo tanto, requirió de una readecuación que, no obstante, respetó las bases metodológicas originales.

Las circunstancias nacionales actuales que demandan adaptaciones metodológicas en el inventario son:

- La metodología propuesta por el PICC considera el submódulo Conversión como la transformación de bosques y praderas en tierras de cultivo o pastizales, en tanto en Chile, las acciones de conversión corresponden a la pérdida de superficie boscosa para la habilitación de terrenos agrícolas, la sustitución por plantaciones forestales, y la urbanización. La dictación del Decreto Supremo N° 701, cuyo objetivo es reincorporar al uso productivo parte de la extensa superficie de tierras forestales erosionadas, establece incentivos económicos a las actividades

de reforestación. En la práctica, estos incentivos han producido una rápida expansión de la superficie de plantaciones forestales, producto de la sustitución de bosque nativo degradado y sustitución de terrenos agrícolas aluviales.

- En el caso del submódulo Abandono, son considerados en tal categoría los casos de abandono de tierras arables o pastizales. En Chile, si bien el ciclo habilitación-abandono está vigente, no presenta las características que el método PICC supone como existentes, pues la habilitación (en su mayoría eliminación de cubierta boscosa), ocurrió masivamente entre el siglo XVIII y el primer tercio del siglo XX, no sólo para proveer tierras de cultivo, sino también para dar lugar a plantaciones forestales. El abandono de tierras habilitadas, a su vez, ocurrió durante la segunda mitad del Siglo XIX y los inicios del siglo XX, debido a la erosión hídrica desencadenada en tierras forestales habilitadas para actividades agropecuarias.
- Los incendios forestales en Chile consumen anualmente una extensa superficie de plantaciones forestales y vegetación nativa; en el primer caso, el incendio es equivalente a una quema de desechos forestales, puesto que ocurre un replante inmediato; en el segundo caso, el incendio equivale a dos acciones (conversión y abandono), ya que genera una superficie donde la regeneración queda entregada a las fuerzas naturales.
- El método propuesto por el PICC no incorpora la urbanización como una acción que reduce irreversiblemente la capacidad de soporte de cubierta vegetal. Chile experimenta un acelerado cambio de uso de la tierra de rural a urbano, que conduce a reducir la superficie apta para soportar cubiertas vegetales de alta densidad; este cambio tiene un reconocimiento legal cuando el suelo pasa a ser considerado dentro del radio urbano, y una connotación no legal cuando el suelo pasa a formar condominios o parcelas de agrado.
- El abandono de tierras agrícolas, el floreo, la tala rasa y los incendios forestales, han generado extensas áreas con una mínima o nula intervención humana, en donde se está regenerando vegetación nativa. De acuerdo a las guías metodológicas, esta superficie no podría clasificarse como abandonada; sin embargo, se la ha clasificado así puesto que en ella se produce una captura neta de carbono, y se prevé que su explotación dentro de los próximos 100 años será ambientalmente sustentable. Adicionalmente, la información estadística disponible no permite desagregar las tierras abandonadas en las categorías agrícolas, bosque nativo y tierras incendiadas

En consecuencia, la metodología para el inventario correspondiente a los módulos Silvicultura y Cambio de Uso de la Tierra fue adaptada, a fin de incluir los procesos de emisión o captura de GEI, que se muestran en la Tabla 6.11 siguiente:

**TABLA 6.11 SUBMÓDULOS ADICIONALES INCLUIDOS EN EL MÓDULO CAMBIO DE USO DE LA TIERRA Y SILVICULTURA**

<b>Submódulo</b>	<b>Origen de la emisión y/o captura</b>	<b>Cambio de uso observado</b>
Cambio en existencias forestales y otras biomásas madereras o Gestión silvícola	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Captura anual de CO<sub>2</sub> por incremento anual de biomasa de plantaciones forestales y bosque nativo gestionado</li> <li>· Emisión anual de CO<sub>2</sub> por cosecha forestal (leña, carbón vegetal, astillas, maderas)<sup>31</sup></li> </ul>	
Conversión <sup>32</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Emisión de CO<sub>2</sub> por tala de biomasa boscosa, mineralización de detritos y oxidación de C edáfico, y emisión de gases trazas por quema in y ex-situ de parte de la biomasa talada</li> <li>· Emisión de CO<sub>2</sub> por reducción de biomasa boscosa, por aprovechamiento secundario de bosque floreado<sup>33</sup>, y emisión de gases trazas por quema in y ex-situ de parte de la biomasa talada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Habilitación (eliminación de cubierta boscosa y reemplazo por cultivos y praderas)</li> <li>· Substitución (eliminación de cubierta boscosa nativa degradada y substitución por plantaciones forestales)</li> <li>· Floreo (cosecha de madera, leña o astillas u obtención de metro ruma, a partir de los mejores ejemplares del bosque)</li> </ul>
Urbanización	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Emisión de CO<sub>2</sub> por reducción de la capacidad de soporte de cubierta vegetal de las tierras urbanizadas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Construcción de condominios y parcelas de agrado</li> </ul>
Abandono	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Captura de CO<sub>2</sub> por regresión a vegetación arbustiva /arbórea en tierras abandonadas (agrícolas abandonadas, bosque talado o floreado)</li> <li>· Captura de CO<sub>2</sub> por regresión de biomasa natural en tierras incendiadas</li> </ul>	
Quema de biomasa forestal	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Emisión de CO<sub>2</sub> por mineralización de parte de los desechos forestales generados en plantaciones y bosque nativo manejado</li> <li>· Emisión de gases traza por quema in y ex-situ de parte de los desechos generados en plantaciones forestales<sup>34</sup> y bosque nativo manejado</li> <li>· Emisión de CO<sub>2</sub> y de gases traza por quema in y ex-situ de biomasa vegetal en incendios forestales</li> </ul>	

## RESULTADOS

Los resultados del Inventario de GEI correspondiente al Sector No Energía se indican en la Tabla 6.12.

**TABLA 6.12 EMISIONES DE GEI Y OTROS GASES - SECTOR NO ENERGÍA, AÑO 1994 (Gg)**

Módulo/submódulo	Gases de Efecto Invernadero			Otros Gases		
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO	NO <sub>x</sub>	COVNM
Agricultura:	0,00	321,79	20,64	50,35	2,88	2,59
Cultivo de arroz	0,00	6,40	0,00	0,00	0,00	0,00
Ganadería doméstica	0,00	313,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Lixiviación	0,00	0,00	3,58	0,00	0,00	0,00
Cultivo de suelos	0,00	0,00	15,90	0,00	0,00	0,00
Quema de rastrojos	1.223,64	2,40	1,98	50,35	2,88	2,59
Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura	-29.709,27	111,33	0,77	974,153	27,66	50,64
Gestión silvícola	-1.899,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Habilitación	2.629,94	4,94	0,03	43,20	1,23	2,22
Substitución	5.451,95	7,54	0,05	65,99	1,87	3,40
Floreo	6.917,01	7,37	0,05	64,47	1,83	3,32
Abandono (regeneración natural)	-50.917,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Quema de desechos forestales <sup>35</sup>	17.940,44	58,42	0,40	511,20	14,52	26,33
Incendios forestales	7.856,34	33,06	0,23	289,30	8,22	15,37
Urbanización	252,24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Gestión de residuos	0,00	83,97	0,67	0,00	0,00	0,00
Aguas servidas	0,00	0,15	0,67	0,00	0,00	0,00
Residuos industriales líquidos	0,00	10,08	0,00	0,00	0,00	0,00
Residuos sólidos domiciliarios	0,00	73,74	0,00	0,00	0,00	0,00
Residuos sólidos industriales	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Total sector Gg</b>	<b>-29.709,27</b>	<b>517,10</b>	<b>22,08</b>	<b>1.024,50</b>	<b>30,54</b>	<b>53,24</b>
<b>Total Gg de CO<sub>2</sub> equiv.</b>	<b>-29.709,27</b>	<b>5.688,1</b>	<b>7.065,6</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>

<sup>31</sup> La emisión de gases traza por quema in-situ de desechos provenientes de la gestión silvícola, fue contabilizada en el submódulo "Quema de residuos forestales".

<sup>32</sup> Debe leerse pérdida de superficie boscosa.

<sup>33</sup> El floreo es la tala de los mejores árboles del bosque, con la consecuente degradación del ecosistema. La regeneración del bosque floreado fue incorporada al submódulo "Gestión Silvícola".

<sup>34</sup> Al igual que los residuos agrícolas, se asume que la quema de desechos forestales no se traduce en emisión de CO<sub>2</sub>, dado que se trata de biomasa sintetizada dentro del año y regenerable en un año plazo.

Considerando que el Sector No Energía incluye los mecanismos de captura de CO<sub>2</sub>, y que en el inventario se entrega el saldo neto, es importante observar cuáles son las acciones que intervienen en los mecanismos de emisión y cuáles en los de captura. La siguiente Tabla

6.13 indica las acciones o procesos del módulo Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura que se traducen en emisión y captura de CO<sub>2</sub>.

**TABLA 6.13 BALANCE DE EMISIONES Y CAPTURAS DE CO<sub>2</sub> DEL MÓDULO CAMBIO DE USO DE LA TIERRA Y SILVICULTURA, AÑO 1994 (Gg)**

<b>Acción o proceso</b>	<b>Emisión</b>	<b>Captura</b>	<b>Saldo neto</b>
Gestión Silvícola	34.935,84	36.835,54	-1.899,70
Incendios forestales	7.856,34	0,0	7.856,34
Habilitación	2.629,94	0,0	2.629,94
Sustitución	5.451,95	0,0	5.451,95
Floreo	6.917,01	0,0	6.917,01
Quema de desechos <sup>36</sup>	17.940,44	0,0	17.940,44
Abandono	0,0	50.917,06	-50.134,12
Urbanización	252,24	0,0	252,24
<b>Totales</b>	<b>58.043,33</b>	<b>-87.752,6</b>	<b>-29.709,27</b>

#### ANÁLISIS DE RESULTADOS

El balance global de las emisiones y capturas de gases invernadero indica una captura neta de 29.709,3 Gg CO<sub>2</sub>/año, debida fundamentalmente a la regeneración de bosque nativo en una extensa superficie abandonada (57,6%); el otro 42,4% provino de la expansión de biomasa forestal, especialmente de plantaciones forestales.

De los gases restantes, el CO fue el más abundante (1.024,5 Gg/año), seguido del CH<sub>4</sub> (517,1 Gg/año); los óxidos de N, en conjunto, suman 50,8 Gg/año. El CO fue emitido íntegramente por la quema, in y ex-situ, de residuos biomásicos, proviniendo en un 95,1% de la quema de biomasa forestal (cambio de uso, residuos, incendios) y en un 4,9% de la quema de residuos agrícolas. El CH<sub>4</sub> fue emitido en un 62,2% por la agricultura (mayoritariamente, la ganadería doméstica); la gestión anaerobia de residuos aportó con el 16,2% de la emisión total y la quema, in y ex-situ de biomasa forestal, con el 21,5%.

Las emisiones de (NO)<sub>x</sub> alcanzaron los 50,8 Gg/año, procedentes

en un 42,7% del módulo Agricultura, mayoritariamente por cultivación de suelos, en un 55,9% del módulo Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura, mayoritariamente por quema de residuos forestales, y en un 1,3% por Gestión de Residuos, específicamente por escorrentía de aguas servidas no tratadas.

Sin embargo, al aplicar los factores de equivalencia calórica, la situación cambia significativamente. Así, los 517,1 Gg de CH<sub>4</sub> se transforman en 5.688,1 Gg de CO<sub>2</sub> equivalente y los 22,08 Gg de N<sub>2</sub>O, en 7.056 Gg de CO<sub>2</sub> equivalente, con una captura neta real, del sector No-Energía, de 16.172,6 Gg/año de CO<sub>2</sub> equiv. El balance, finalmente favorable a la captura de CO<sub>2</sub>, indicó que el país incrementó su capital de carbono gracias, principalmente, a la regeneración de vegetación nativa en una extensa superficie abandonada y librada a la regeneración natural, y a la expansión de la superficie destinada a las plantaciones forestales.

#### 6.1.2.3 INVENTARIO DE EMISIONES TOTALES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO, AÑO 1994

El inventario de emisiones agregadas de los Sectores Energía y No Energía se muestra en la siguiente tabla:

**TABLA 6.14 INVENTARIO DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO Y OTROS GASES, AÑO 1994 (Gg)**

Sectores	Gases de Efecto Invernadero				Otros Gases		
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	NO <sub>x</sub>	CO	COVNM	SO <sub>2</sub>
Energía	35.227,0	74,2	1,8	162,1	885,3	147,5	153,0
Procesos industriales	1.870,0	2,1	0,8	3,7	11,0	77,8	1.815,1
Uso de solventes	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	28,4	0,0
Subtotal	37.097,0	76,3	2,6	165,8	896,3	253,7	1.968,1
No energía							
Agricultura	0,0	321,8	20,64	2,9	50,4	2,6	-
Silvicultura y cambio Uso de la Tierra	-29.709,3	111,3	0,8	27,7	974,2	50,6	-
Gestión de residuos	0,0	84,0	0,7	0,0	0,0		-
Subtotal	-29.709,3	517,1	22,08	30,6	1.024,6	53,2	-
<b>Total país Gg (1994)</b>	<b>7.387,3</b>	<b>593,4</b>	<b>24,68</b>	<b>196,4</b>	<b>1.920,9</b>	<b>306,9</b>	<b>1.968,1</b>

<sup>36</sup> Idem nota anterior

Las emisiones detalladas en la Tabla 6.14 corresponden a valores netos de cada subsector considerado. El sector Energía, Procesos Industriales y Uso de Solventes es responsable de emisiones netas que igualan a sus emisiones brutas, dado que no existen mecanismos

de captura en este sector. El sector No Energía, en cambio, presenta emisiones netas provenientes de un balance entre emisiones brutas y captura. El balance agregado de fuentes y sumideros se indica en la Tabla 6.15 siguiente.

**TABLA 6.15 BALANCE AGREGADO DE FUENTES Y SUMIDEROS DE CO<sub>2</sub> AÑO 1994 (Gg)**

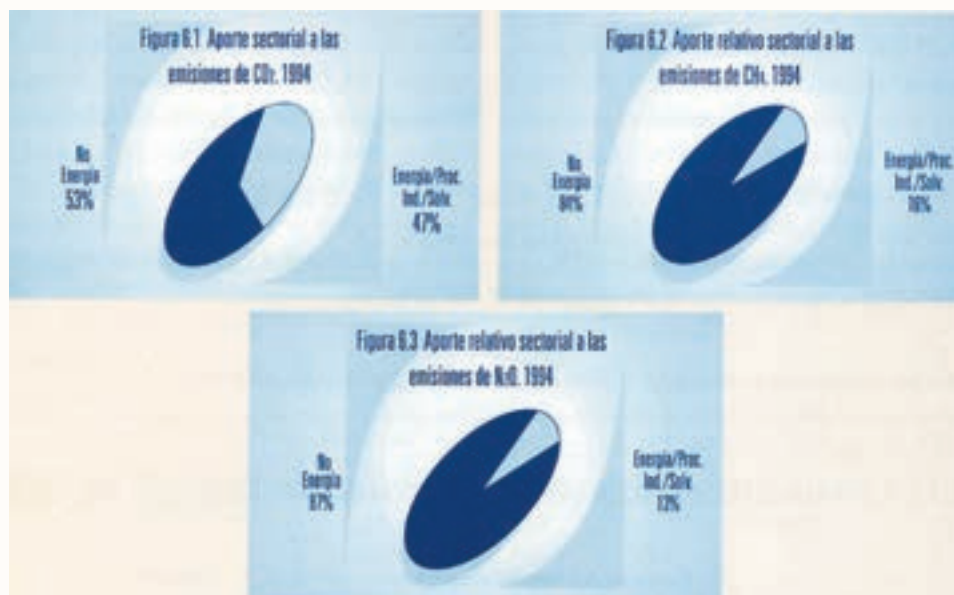
Sector	Emisión	Captura	Saldo neto
Energía/Proc. Ind./Solv.	37.097,0	0,0	37.097,0
No Energía	58.043,3	87.752,6	-29.709,3
<b>Totales</b>	<b>95.140,3</b>	<b>87.752,6</b>	<b>7.387,7</b>

El balance agregado de emisiones correspondientes al Año 1994, expresado en Gg de CO<sub>2</sub> equiv se indica en la Tabla 6.16.

**TABLA 6.16 BALANCE AGREGADO DE EMISIONES GEI (Gg DE CO<sub>2</sub> equiv ) AÑO 1994**

Sector	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	Total
Energía/Proc. Ind./Solv.	37.097,0	839,3	832,0	38.768,3
No Energía	-29.709,3	5.688,1	7.065,6	-16.955,6
<b>Totales</b>	<b>7.387,7</b>	<b>6.527,4</b>	<b>7.897,6</b>	<b>21.812,7</b>

Las Figuras 6.1 a 6.3 indican el aporte relativo de los sectores Energía y No Energía a las emisiones totales de los gases CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, y N<sub>2</sub>O.



## ANÁLISIS DE RESULTADOS

El inventario agregado de todos las fuentes y sumideros de GEI en Chile, durante el año base de inventario 1994, condujo a una emisión neta de 7387.7 Gg de CO<sub>2</sub>, proveniente de 95.140,3 Gg emitidos y 87.752,60 Gg capturados. El mayor emisor en el año inventariado fue el sector No Energía con una emisión de 58.043,3 Gg de CO<sub>2</sub>.

Para los otros gases inventariados, se observan emisiones netas de 593,4 Gg de CH<sub>4</sub>, mayormente asociadas a la agricultura; 1.921,0

Gg de CO, en las que la participación de los sectores Energía, Procesos Industriales y Uso de Solventes y No-Energía se muestra balanceada; 24,68 Gg de N<sub>2</sub>O, cuya fuente principal es la agricultura y 196,4 Gg de NO<sub>x</sub>, provenientes en su mayoría de la combustión de energéticos. El inventario también reporta las emisiones de SO<sub>2</sub>, que alcanzan los 1.968,0 Gg provenientes de la industria del cobre.

Los datos que sirvieron de base a los inventarios no presentan, sin

embargo, una desagregación geográfica común: en tanto el sector Energía, Procesos Industriales y Uso de Solventes se elaboró sobre cifras nacionales, el sector No Energía (Agricultura, Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura y Gestión de Residuos), dispuso de información de escala regional. La regionalización de ambos inventarios, a escalas geográficas compatibles, es un paso necesario para una mejor caracterización del patrón de emisiones y una posterior evaluación de las medidas de mitigación factibles de aplicar en cada sector:

Resulta necesario, a su vez, la actualización de estos inventarios, de modo de disponer de información relativa a tendencias, áreas sensibles, respuesta del inventario a condiciones climáticas (sequía particularmente), económicas (fluctuaciones de precios internacionales, interconexión energética, etc.), evolución de aspectos tecnológicos y cambios posibles de procesos en algunas ramas, subsectores y/o procesos y otras variables significativas, de modo de proponer y evaluar, sobre la base de la mejor información posible, las medidas de mitigación factibles de aplicar, sus costos y beneficios y, finalmente, los actores sociales sobre los cuales recaerán estos costos y beneficios.

Es importante notar que los correspondientes software de adquisición, manejo y actualización de datos básicos, desarrollados para cada sector por separado, proveen de valiosas herramientas para futuros ejercicios de actualización de esta comunicación nacional. No obstante, será necesario armonizar estas herramientas en una sola, que provea de un software amigable, consistente y útil para ambos sectores.

## **6.2 PROYECCIONES DE EMISIONES Y SUMIDEROS ANTROPOGÉNICOS DE GEI, PARA ESCENARIOS CASO BASE Y AÑO 2020 MITIGADO.**

### **6.2.1 PROYECCIONES SECTOR ENERGÍA, PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE SOLVENTES: CASO BASE Y AÑO 2020 MITIGADO**

Este análisis fue realizado para CONAMA por PRIEN.

#### **6.2.1.1 METODOLOGÍA**

Los escenarios futuros Caso Base (año 2020 sin considerar medidas de mitigación) y Futuro Mitigado (año 2020, aplicando medidas de mitigación), fueron elaborados sólo para cada subsector considerado en el Sector Energía del Inventario de Gases de Efecto Invernadero 1994, sin incluir los Procesos Industriales y Uso

de Solventes. El método empleado correspondió al Enfoque de Usos Finales. La información utilizada correspondió a los Balances de Energía de la CNE, los estudios realizados por PRIEN, y la literatura y publicaciones internacionales<sup>37</sup>.

Los subsectores considerados fueron:

- Industria de la Energía
- Manufactura y Construcción
- Residencial, Comercial y Público
- Transporte

### **CONSIDERACIONES METODOLÓGICAS GENERALES<sup>38</sup>**

Si bien las proyecciones obtenidas fueron construidas sobre la base de la mejor información disponible, debe tenerse en cuenta que en el largo plazo ellas son susceptibles de cambios. Chile enfrenta un acelerado proceso de cambio tecnológico que afecta a las principales empresas productivas, especialmente a las volcadas a la exportación; al mismo tiempo, se están produciendo cambios estructurales en el sector energético, y a futuro se prevé una eventual incorporación de actividades nuevas, cuyos procesos puedan ser de elevada intensidad energética.

Chile no dispone de estimaciones realizadas por agencias oficiales, respecto de la evolución esperada del sector energético en el horizonte de tiempo bajo estudio. La construcción de escenarios futuros para el sector energético chileno, realizado bajo el marco de esta Primera Comunicación Nacional, constituye un ejercicio primero y único hasta el momento, cuyo principal aporte es el desarrollo de un marco metodológico y conceptual consistente con los compromisos asumidos por Chile como país ratificante del CMCC y útil para enfrentar la problemática del cambio climático en Chile, pues permite identificar carencias de información, identificar y proponer medidas de mitigación y visualizar la incidencia y cruces de políticas sectoriales indirectamente relacionadas con las emisiones de GEI en escenarios futuros.

En esta sección se discutirán algunas consideraciones metodológicas aplicables a todos los sectores en estudio. Las particularidades de cada uno de ellos se exponen en secciones posteriores.

Debido a las especificidades del sector energético chileno en términos de los mecanismos de despacho eléctrico y las características del subsector transporte, cuya evolución depende de políticas ambientales y de la sustitución de fuentes, de compleja incorporación en los modelos de simulación, no fue posible la aplicación de modelos conocidos<sup>39</sup>.

Los escenarios futuros incorporan sólo aquellos sistemas productivos, de servicios o de patrones de vida directamente vinculados al sector energía. En tal sentido, este estudio no analizó ni propuso cambios en las políticas de sectores como el transporte, la vivienda, la minería u otros, sino que los considera parte del Caso Base. Las políticas correspondieron, en algunos casos, a las definidas en documentos oficiales de ministerios u otros organismos responsables, o bien, surgieron de discusiones con planificadores y/o especialistas sectoriales y del sector privado.

<sup>37</sup> Ver, por ejemplo, "Inventory of Technologies, Methods and Practices", compilado por Davis Streets para el SAR II del PICC y "Scenarios of U.S. Carbon Reductions", realizado por los Laboratorios Nacionales Oak Ridge, Lawrence Berkeley, Argonne, Renewable Energy y Pacific Northwest.

<sup>38</sup> La información detallada se encuentra contenida en el estudio "Mitigación de Gases de Efecto Invernadero, Chile 1994-2020: Informe Final". Programa de Investigaciones en Energía PRIEN (1999).

<sup>39</sup> Se intentó la aplicación del Modelo LEAP (Long-range Energy Alternatives Planning System) desarrollado por el Stockholm Environment Institute-Boston Center at Tellus Institute.

En un contexto general, los escenarios proyectados consideraron:

- Las tendencias macroeconómicas (evolución del PIB) y demográficas esperadas en el período.
- La aplicación de reformas en el sector energético: la interconexión gasífera y eléctrica chileno-argentina, las políticas respecto del abastecimiento de petróleo y gas natural y la interconexión de los sistemas nacionales Sistema Interconectado Central (SIC) y Sistema Interconectado del Norte Grande (SING).
- Proyecciones esperadas de crecimiento de la actividad exportadora.
- Contexto internacional (transferencia tecnológica, crecimiento esperado de los mercados relevantes para Chile y tendencias de precios internacionales de energéticos).

Los supuestos generales utilizados en la construcción de los escenarios Caso Base y Futuro Mitigado son los siguientes:

- Evolución del PIB: 5% promedio anual (la tasa de crecimiento del PIB disminuirá a lo largo del período 1994-2020, desde un 5,5 a un 4,0%).
- La distribución del ingreso permanece constante en el período 1994-2020.
- Evolución de la población:

La población rural se mantendrá constante en el período 1994-2020, en torno a 2.500.000 hab.

La población urbana crecerá de 11.785.000 a 16.970.000 hab en el mismo período.

- Los precios de la energía no variarán en forma significativa como para influir en el consumo o la sustitución de fuentes.
- Como se establece en el estudio de mitigación de GEI de Argentina<sup>40</sup>, las tasas de crecimiento de la economía de Asia (excepto Japón) crecería en un 5,9%, la de Europa en un 2,1%, Estados Unidos y Canadá en un 2,3%, Japón en un 2,1% y Latino América en un 3,9% promedio anual para el período 1995-2030.
- La interconexión energética chileno-argentina se materializará en el año 2005.
- La interconexión de los sistemas nacionales SIC y SING se materializará en el año 2000.
- Las tecnologías incorporadas en los escenarios de mitigación son aquellas para las cuales se conocen actualmente sus características, rendimientos y costos.
- Los escenarios de mitigación utilizados en este estudio, presuponen la incorporación de medidas rentables para los usuarios. Su introducción y masificación dependerán de políticas de mitigación respaldadas por recursos humanos, financieros, técnicos y legales. Los costos en que se incurrirá para proveer estos recursos corresponden íntegramente a costos de mitigación.
- En el caso del sector transporte, el escenario de base adopta fundamentalmente las metas del Plan de Prevención y Descontaminación de la Región Metropolitana.
- Las producciones físicas consideradas para los principales sectores y el valor agregado para el conjunto de empresas definido como industria y minas varias, son las indicadas en la Tabla 6.17:

**TABLA 6.17 PROYECCIONES DE PRODUCCIÓN FÍSICA EN MILES DE TONELADAS**

AÑOS	COBRE <sup>41</sup>			CELULOSA			
	Concentrados	Cátodos ER	Cátodos SX-EW	CQ	CM	TMP	Total
2000	3.049	1.285	1.407	2.360	200	240	2.800
2005	2.957	1.600	1.474	2.990	200	240	3.430
2010	3.428	1.600	1.709	3.610	200	240	4.050
2015	3.974	1.600	1.981	4.020	200	240	4.460
2020	4.607	1.600	2.296	4.420	200	240	4.860

**TABLA 6.17 (CONT.) PROYECCIONES DE PRODUCCIÓN FÍSICA EN MILES DE TONELADAS**

AÑOS	CEMENTO	HIERRO			ACERO	PESCA	AZÚCAR	SALITRE
		Mineral	Pellet	Total		Harina		
2000	4.822	8.000	4.500	12.500	1.137	1.400	350	910
2005	6.665	8.000	4.500	12.500	1.614	1.400	360	975
2010	8.815	8.000	4.500	12.500	2.173	1.400	365	1.055
2015	11.624	8.000	4.500	12.500	2.839	1.400	370	1.150
2020	14.216	8.000	4.500	12.500	3.624	1.400	380	1.245

<sup>40</sup> Proyecto Arg/95/G/31-PNUD-SECYT, "Mitigación de gases de efecto invernadero", Buenos Aires, Argentina, diciembre 1997.

<sup>41</sup> Información entregada por la Comisión Chilena del Cobre (1998).

Respecto del subsector Industrias y Minas Varias (que incluye la pequeña y mediana industria), se ha estimado una evolución del producto como la indicada en la Tabla 6.18.

**TABLA 6.18 EVOLUCIÓN PREVISTA DEL VALOR AGREGADO - SECTOR INDUSTRIAS Y MINAS VARIAS**

AÑOS	INDUSTRIAS Y MINAS VARIAS
	Miles de millones de Ch\$ (1986)
	de 1986
2000	5.760
2005	8.044
2010	10.558
2015	13.389
2020	16.582

### 6.2.1.2 ESCENARIO CASO BASE: AÑO 2020 NO MITIGADO

#### Supuestos de simulación

Además de las consideraciones metodológicas generales, el escenario Caso Base resulta de la consideración de las tendencias históricas sectoriales, las políticas en plena aplicación (por ejemplo, aquellas vinculadas a la contaminación ambiental) o las políticas ya elaboradas, pero cuya aplicación está pendiente por distintas razones, y no presentan vinculación directa con las políticas de mitigación<sup>42</sup> (aún cuando ellas reduzcan las emisiones de GEI).

Ello supone que aunque dichas políticas tengan costos importantes, no deben considerarse como costos de mitigación, ya que su materialización se llevará a cabo independientemente de la mitigación producida.

Para la construcción del escenario Caso Base, se adoptaron los resultados de los escenarios concebidos por los especialistas de otras áreas, apoyándose en el material publicado por los organismos especializados. Los supuestos explícitos e implícitos y las implicancias de los mismos, fueron sometidos a consulta experta.

#### Industria de la energía

La incidencia del sector energía en las emisiones nacionales de GEI seguirá siendo muy significativa, debido no sólo al ritmo de crecimiento previsto de la energía, sino que, además, debido a que la generación termoeléctrica tendrá una importancia creciente en la zona geográfica del Sistema Interconectado Central (SIC), lo que no es necesariamente compensado por la introducción de gas natural en lugar de carbón, en las nuevas centrales eléctricas que se construyan en la zona geográfica del Sistema Interconectado del Norte Grande (SING).

Los supuestos para la proyección del Caso Base incluyeron:

- Proyección de los consumos de combustibles de las fuentes generadoras, sobre la base del Plan de Obras de la CNE<sup>43</sup> hasta el año 2008.
- Entre los años 2008 y 2020, la proyección se realizó sobre una extrapolación basada en el Plan de Obras de la CNE, en el cual se indica la importancia relativa entre generación hidro y termoeléctrica y las tendencias de los costos relativos esperados, tanto en consideración de las distintas opciones tecnológicas, como de la disponibilidad de recursos energéticos.
- Los crudos llegarán a ser casi totalmente importados (99.9% en el año 2020). Para la determinación de los requerimientos de refinación de crudos en el país, se supuso que los porcentajes de importación de derivados refinados del petróleo se mantendrán constantes entre los años 2005 y 2020.
- La demanda de gas natural ha sido estimada a partir de los consumos previstos en generación eléctrica (plantas de ciclo combinado), consumos industriales, consumos residenciales y del sector Transporte, en las regiones que serán abastecidas por los proyectos de gasoductos<sup>44</sup>.
- Se prevé que la industria carbonífera sufrirá una expansión entre los años 2000 y 2010 y, a partir de entonces, permanecerá a producción constante, manteniendo precios competitivos con el carbón importado.

<sup>42</sup> Como es el caso, por ejemplo, de la política de transporte.

<sup>43</sup> El Plan de Obras no constituye una proyección del crecimiento del sector energético, sino un instrumento para el diseño de tarifas.

<sup>44</sup> Básicamente, las regiones II, V, VIII y Metropolitana. Se consideró también el posible abastecimiento de la División El Teniente de CODELCO.



Las estimaciones de demandas energéticas sectoriales se basaron en el Enfoque de Usos Finales. Las emisiones fueron calculadas a partir de los factores por defecto definidos por el PICC.

### Sector Manufactura y Construcción

En lo medular, se consideró que en el Caso Base serán introducidas opciones técnicas probadas y factibles de aplicar en el corto y mediano plazo, en términos de uso eficiente de la energía y/o de reducción de emisiones. Entre las opciones técnicas genéricas, se encuentran: ahorro de energía, automatización de procesos, electrificación y la sustitución de combustibles (conversión a gas natural).

Adicionalmente, se incorporarán opciones específicas por rama de actividad, a saber:

**Cobre:** secado mecánico, nuevos procesos, reemplazo de motores por otros de alta eficiencia

**Celulosa y papel:** cogeneración y reciclado de material celulósico

**Acero:** nuevos procesos, turbinas de recuperación de gases, reciclado

**Cemento:** ajuste de relación clinker/cemento, clasificadores de partículas de alta eficiencia

**Hierro:** molinos de alta eficiencia

**Azúcar:** cogeneración, mejoras en secadores de pulpa

**Salitre:** energía solar

**Petroquímica:** cogeneración

El efecto de la aplicación de las opciones técnicas descritas, se ha cuantificado en términos de una variación del valor y/o composición del consumo específico de cada combustible. Finalmente, las emisiones de GEI se calcularon sobre la base del consumo de energía, aplicando la metodología y factores de emisión propuestos por el PICC.

### Sector Transporte

Las actividades comprendidas por este sector son el transporte caminero, marítimo, aéreo y ferroviario de pasajeros y carga. Los resultados del inventario 1994 muestran que este sector es uno de los principales responsables de las emisiones de GEI, y en él, el transporte caminero representa casi la totalidad de las emisiones.

El Caso Base se construyó a partir de los siguientes elementos centrales:

- La proyección del nivel de actividad tendencial, obtenido del "Modelo Nacional de Análisis de Políticas Estratégicas de Inversión, Precios y Regulación. Infraestructura Ministerio de

Obras Públicas" (MEPLAN), utilizado para las proyecciones de requerimientos de infraestructura vial, portuaria y aeroportuaria hasta el año 2020.

- El Plan de Descontaminación Atmosférica de la Región Metropolitana de CONAMA (1998), cuyo objetivo es el cumplimiento de las normas de calidad del aire en la región, que ha sido declarada zona saturada por material particulado respirable y ozono, y zona latente para óxidos de nitrógeno. El escenario base considera el pleno cumplimiento de las metas de reducción de emisiones del sector transporte.
- Introducción de tecnologías energéticamente eficientes ya probadas. Se obtiene mayor eficiencia por mayores tasas de ocupación, mejoras técnicas, mejor mantención, etc.

En cada caso, se estimó la influencia de estos elementos en las variables de modelación (nivel de actividad por modo, factores de emisión de GEI y eficiencias en el consumo de energía). A partir de estos antecedentes, se estimó los flujos de pasajeros y carga desagregados de acuerdo a los distintos modos (terrestre, aéreo, marítimo y ferroviario) y los consumos de combustibles requeridos. Las emisiones de GEI se estimaron a partir de factores de emisión coherentes con las normas impuestas por el Plan de Descontaminación y disponibles en la literatura internacional.

### Sector Residencial, Comercial y Público

Para evaluar los escenarios futuros de consumo de energía, así como las emisiones de GEI asociadas, se recurrió a antecedentes históricos, estudios realizados por el PRIEN<sup>45</sup> y desgloses del consumo de estos tres sectores realizados por la CNE para 1997. El sector incluye los consumos energéticos de tipo:

Residencial (urbano y rural)  
Institucional (fiscal, municipal y de alumbrado público)  
Comercial

La metodología aplicada para estimar las emisiones asociadas al Caso Base requirió no sólo conocer los consumos desagregados por fuente energética para cada subsector sino que, además, conocer para cada uno de ellos cómo el consumo se distribuye en usos finales. Cada uno de los 3 subsectores se estudió separadamente.

### Sector Residencial

El Caso Base se construyó sobre los siguientes supuestos principales:

- La evolución del parque de viviendas urbanas para el período en análisis se estimó sobre la base del stock de viviendas en el

<sup>45</sup> Ver, por ejemplo: "Previsión de la demanda por energía eléctrica en el Sistema Interconectado Central (1994-2003)" PRIEN, 1994. "Uso eficiente de la electricidad en Chile (1994-2020)". PRIEN, IIEC y NDRC, 1996. "Prestación de servicios de uso eficiente de la electricidad: una estrategia de diversificación de negocios para SAESA". PRIEN, 1993. "Mejoramiento de la eficiencia global de los sistemas de iluminación vial en la ciudad de Constitución". PRIEN, IIEC y NDRC, 1993.

<sup>46</sup> Estimado en un 0,5% del stock de viviendas del año.

año previo al estimado, el crecimiento de la población en el intervalo de tiempo considerado, la evolución del tamaño de las nuevas familias, la reducción del déficit habitacional y el proceso anual de demolición y reemplazo de viviendas como resultado de los procesos de urbanización<sup>46</sup>.

- La población rural se mantiene prácticamente constante en el período 1994-2020, por lo que el número de viviendas rurales permanece constante en 506.997 viviendas.
- Electrificación del 100% de las viviendas urbanas y rurales, a contar del año 2010.
- Introducción gradual y sostenida de gas natural como combustible para cocina, calefacción y agua caliente. Al final del período, se ha desplazado completamente el uso de kerosene y gas ciudad.
- El grado de saturación de electrodomésticos se incrementa gradualmente en el sector urbano y, a tasas menores, también lo hace el sector rural.
- Disminución gradual del consumo de leña en viviendas urbanas y rurales, debido a la sustitución por gas natural y gas licuado.

### Sector Comercial

Con el objeto de definir el escenario base, la metodología distinguió el Gran Comercio (GC) del Pequeño y Mediano Comercio (PMC), debido a que los distintos estratos comerciales tienen diferentes estructuras de consumo por uso final y distintas tendencias tecnológicas.

Los supuestos de la proyección Caso Base son:

- De acuerdo a estudios realizados entre 1993 y 1996, la importancia relativa del Gran Comercio era, en 1994, de un 12% y se prevé que en el año 2010 alcanzará a un 15% y en el 2020 a un 20%<sup>47</sup>
- Se supuso, tanto en el caso del GC como en el del PMC, un

aumento espontáneo y gradual de la eficiencia en refrigeración, iluminación fluorescente, climatización y otros usos. Este mejoramiento alcanzaría un 5% al año 2005 y un 10% al año 2020. Los consumos de combustibles del sector comercial son marginales a nivel del país.

- Dada la imposibilidad de establecer regresiones para consumos que sólo se conocen para un año, se ha supuesto que la demanda por combustibles evolucionará al mismo ritmo que la electricidad que demandará el PMC, evolución estimada en base a la variación de la importancia relativa del PMC en relación al conjunto del subsector. Dicha proyección se hizo, en primera instancia, por uso final; posteriormente, para cada uso final se analizó el grado de penetración del Gas Natural en el horizonte de tiempo del estudio.

Sobre la base de los consumos de combustibles y los factores de emisión del PICC, se determinaron las emisiones de GEI, distinguiendo aquellas que provienen del uso de combustibles comerciales, de aquellas que provienen del uso de la leña.

### Sector Institucional

La evolución esperada de este sector no está documentada. Sin embargo, es posible definir algunos criterios para proyectar la demanda energética del sector en el escenario Caso Base. Entre los más importantes:

- El sector no crecerá a un ritmo superior al del PIB
- Se supone una elasticidad ingreso igual a 1,0<sup>48</sup>
- La tasa de crecimiento de la demanda eléctrica del sector se estima en 4.8%, de acuerdo a estudios nacionales
- El gas natural sustituirá gradual y sostenidamente los combustibles tradicionales, con una tasa de penetración de un 70% al final del período

Las emisiones de GEI fueron calculadas sobre la base del consumo de combustibles estimado para el horizonte del estudio y los factores de emisión del PICC.

## RESULTADOS

Las emisiones de GEI asociadas al Sector Energía, proyectadas para el Caso Base año 2020, se indican en la Tabla 6.19.

**TABLA 6.19 EMISIONES DE GEI Y OTROS GASES, SECTOR ENERGÉTICO: CASO BASE (CON INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA)<sup>49</sup> (Gg)**

Sector	Gases de Efecto Invernadero			Otros Gases			
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO	NO <sub>x</sub>	COVM	SO <sub>2</sub>
Industrias de la energía	15.678,0	96,57	0,073	8,77	44,68	17,32	40,23
Manufactura y construcción	16.371,05	5,63	0,28	72,99	78,61	6,25	35,4
Transporte	54.539,9	15,8	18,2	627,1	255,6	86,8	15,4
Comercial, residencial, institucional	9.534,0	13,15	0,22	199,21	16,25	24,04	17,17
Combustión Leña <sup>50</sup>	13.067,0	-	-	-	-	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>96.122,95</b>	<b>131,15</b>	<b>18,77</b>	<b>908,07</b>	<b>395,14</b>	<b>134,41</b>	<b>108,2</b>

<sup>47</sup> PRIEN, "Prestación de servicios de uso eficiente de la electricidad: una estrategia de diversificación de negocios para SAESA", Santiago, Chile, julio 1993. PRIEN, IIEC y NRDC, "Uso eficiente de la electricidad en Chile (1994-2020)", Santiago, Chile, mayo 1996.

<sup>48</sup> PRIEN, "Previsión de la demanda por energía eléctrica en el Sistema Interconectado Central (1994-2003)", agosto de 1994, Santiago, Chile.

<sup>49</sup> El estudio incluyó el ejercicio de estimar las emisiones en el caso sin interconexión. La aprobación oficial de la interconexión se produjo en el transcurso de la elaboración de este documento.

<sup>50</sup> El CO<sub>2</sub> emitido por combustión de leña no es contabilizado, de acuerdo a la metodología PICC. Los gases distintos de CO<sub>2</sub> emitidos por combustión de leña han sido contabilizados en los respectivos subsectores de uso final.

## ANÁLISIS DE RESULTADOS

En el escenario Caso Base, se produce un aumento del 159 % de las emisiones de CO<sub>2</sub>, con respecto al año inventario, alcanzando la cifra de 96.122,95 Gg. El mayor crecimiento se produce en el subsector Transporte: su importancia relativa respecto del total de emisiones de CO<sub>2</sub> aumenta desde un 36 % en el año del inventario hasta alcanzar un 56,7% en el año 2020. Esta situación se observa también en relación con otros gases: el transporte será eventualmente responsable del 69% de las emisiones de CO, del 65% de aquellas de NOx, del 65% de los COVNM emitidos y del 97% de las emisiones de N<sub>2</sub>O.

Los sectores que siguen en importancia son Manufactura y Construcción e Industrias de la Energía, alcanzando un 17% y 16% de las emisiones totales de CO<sub>2</sub>, respectivamente.

Es importante notar que la introducción de gas natural y combustibles comerciales como sustitutos de la leña, genera mayores emisiones contables. No obstante, esta sustitución -que se produce básicamente en los usos residenciales tanto urbanos como rurales- sólo consigue reducir la tasa de aumento del consumo de leña, poniendo de relieve que su uso seguirá estando presente como una fuente significativa de energía para la satisfacción de los requerimientos residenciales.

### 6.2.1.3 ESCENARIO FUTURO: AÑO 2020 MITIGADO

#### Supuestos de simulación

El escenario Año 2020 mitigado se proyecta suponiendo que se produce una introducción no espontánea de tecnologías y acciones que reducen la emisión o concentración de GEI. En principio, se enfatizó la introducción de medidas rentables para el usuario, cuya adopción está impedida por barreras de mercado. Así, las opciones de mitigación están focalizadas en el ahorro de energía y en su uso eficiente.

Respecto del cambio de combustibles, las tecnologías emergentes y la sustitución de fuentes fueron consideradas significativas, sobre todo en el caso de la industria de la energía. Se estimó que para los usuarios finales, el grado de penetración de gas natural y el grado de sustitución de leña, sería igual al del Caso Base.

Es importante señalar que en el sector Residencial se intensifica un reemplazo importante de los consumos de leña por combustibles comerciales. Esta situación implica, según la metodología del PICC, un aumento de las emisiones de CO<sub>2</sub>, ya que esta metodología no suma las emisiones de este gas derivadas del consumo de leña, con las emis-

iones provenientes del consumo del resto de los combustibles.

#### Industria de la energía

El escenario Año 2020 mitigado consideró, junto con las nuevas demandas sectoriales (reducidas por la introducción de tecnologías eficientes), una reducción en las pérdidas de distribución y transmisión de energía, los aportes de la cogeneración no convencional y la introducción de las energías renovables, especialmente la eólica.

En el caso de la transformación de combustibles sólidos (carbón, básicamente), el Año 2020 mitigado coincide con el Caso Base.

El escenario mitigado adoptó como punto de partida el parque generador definido para el Caso Base -tanto para el SING como para el SIC- desplazando la entrada de algunas de las centrales en función de los nuevos requerimientos.

En lo que respecta a la distribución de la demanda total entre el SIC y el SING, se adoptó el mismo criterio utilizado para la construcción del Caso Base. La capacidad generadora requerida para el período analizado, se estimó a partir de los factores de carga de cada sistema, los nuevos niveles de pérdidas de transmisión y distribución, los consumos propios, la autogeneración, la cogeneración no convencional, los aportes de las energías renovables y el efecto de la interconexión eléctrica con Argentina, y entre el SIC y el SING.

La definición del parque generador del SING se apoyó en el parque establecido para el Caso Base, desplazando la entrada en servicio de algunas centrales (incluso en ciertos casos se consideró la entrada de algunas unidades primero y el resto al año siguiente), las mejoras en la eficiencia de transmisión y distribución, la incidencia de la cogeneración no convencional y de las energías renovables.

#### Sector Manufactura y Construcción

Las hipótesis relativas a la información exógena (proyecciones de la producción y del PIB de los subsectores y crecimiento demográfico), son las mismas que se adoptaron para el Caso Base. En cambio, en el Año 2020 mitigado, se prevé un mayor grado de penetración de las opciones técnicas eficientes consideradas en el Caso Base.

Se supondrá, de acuerdo a la información proveniente de la literatura internacional y a los estudios de PRIEN, una disminución en los Consumos Energéticos Específicos de combustibles y electricidad, disminución que se reflejará directamente en una menor emisión de GEI en comparación con el Caso Base. La disminución de los CE tenderá hacia los mejores estándares de eficiencia internacionales.

Se considerará que en el Sector Industrial y Minero se producirá una conversión de los actuales combustibles a gas natural y/o a electricidad (más allá de lo dado por las tendencias “espontáneas”).

En esta aproximación se modifica el nivel de consumo de los combustibles reemplazados con respecto al Caso Base.

El consumo energético del escenario Año 2020 Mitigado se calculó sobre el mismo nivel de producción física asociado al Caso Base.

### **Sector Transporte**

La experiencia internacional muestra que en el sector transporte, las acciones de mitigación de GEI deben estar estrechamente ligadas a las acciones para descontaminar, descongestionar y/o mejorar la calidad de vida en las grandes ciudades. Ello es especialmente relevante para Chile, cuya capital, como se señaló anteriormente, fue declarada zona saturada y latente para ciertos contaminantes.

A pesar del conjunto de medidas consideradas en el Plan de Descontaminación Atmosférica de la Región Metropolitana -que de acuerdo a las estimaciones hechas en dicho Plan, tienen un costo superior a los quinientos millones de dólares sólo para el sector transporte- las metas propuestas se vislumbran aún lejos. Ello sugiere que el margen de medidas rentables en el escenario de mitigación puede ser muy reducido o nulo.

Las acciones de mitigación deben considerar un adecuado balance entre las emisiones del ciclo de vida (manufactura del modo de transporte, abastecimiento de la energía que utiliza, operación y disposición final), por una parte, y el balance de emisiones que tiene cada medida adoptada en el conjunto de GEI, expresados por ejemplo, en su equivalente de CO<sub>2</sub> a través de los potenciales de calentamiento global.

Por ejemplo, según el PICC, desde el punto de vista del calentamiento global y considerando la totalidad de emisiones en su equivalente a CO<sub>2</sub>, no está claro que los autos con convertidor catalítico sean mejores que aquellos sin dicho dispositivo, ya que las emisiones de N<sub>2</sub>O aumentan considerablemente. Más aún, desde esta misma perspectiva, el uso de gas natural en los autobuses sería más negativo que el uso de petróleo diesel<sup>51</sup>.

En resumen, dada la importancia de la Región Metropolitana en el total nacional y que las medidas del Plan de Prevención y Descontaminación atmosférica son aún insuficientes para cumplir las metas propuestas, se ha considerado que el escenario Año 2020 mitigado incluirá sólo medidas de cambios intermodales (hacia modos con menores emisiones de GEI) y de mejoras de rendimiento energético. Se ha supuesto que los efectos de las medidas comenzarán a ser apreciados a partir del año 2001.

### **Sector Residencial, Comercial e Institucional**

El escenario Año 2020 mitigado se ha definido a partir de la introducción de tecnologías energéticamente eficientes, que disminuyen los consumos específicos. No se han considerado cambios en el grado de saturación de equipos, sino sólo mejoras en sus rendimientos, estima-

dos por estudios nacionales (es el caso de refrigeradores, iluminación fluorescente, lámparas fluorescentes compactas, lavadoras y otros). La penetración de los equipos eléctricamente eficientes no se logra desde el primer año en que se implanta una política de mitigación, lo que se estima ocurrirá a partir del año 2001.

El escenario Año 2020 mitigado mantiene las hipótesis del Caso Base respecto del número de viviendas rurales y urbanas, así como también del grado de electrificación rural. Se supone una menor penetración de las tecnologías eficientes en el ámbito rural, en comparación con el urbano.

Las hipótesis respecto del total de viviendas y su distribución según el combustible empleado en cada uno de los usos finales (calefacción, cocción de alimentos y calentamiento de agua), son las mismas que en el Caso Base. Lo que varía son los requerimientos de energía (en el caso de la calefacción) y la eficiencia energética de los equipos que satisfacen dichos requerimientos. El grado de saturación de electrodomésticos se supone igual al del Caso Base.

En el sector comercial, el escenario Año 2020 mitigado también fue construido suponiendo la introducción de tecnologías energéticamente eficientes, junto a la sustitución de gas licuado y, especialmente, de gas de cañería por gas natural.

Las principales tecnologías de mitigación previstas se enumeran a continuación:

- Introducción de reflectores de alto poder reflectante y ballast electrónicos
- Reemplazo de lámparas incandescentes de 100W por fluorescentes compactas de 25 W
- Introducción de refrigeradores eficientes
- Reducción del consumo de climatización
- Instalación de sistemas de control de frecuencia (ASD) y control automático en ascensores
- Introducción de computadores eficientes
- Mejora de la iluminación incandescente

Respecto del alumbrado público, la CNE mantiene un programa de mejoramiento de la eficiencia, en aplicación desde principios de esta década. Se supondrá que, dadas las facilidades del reemplazo, en el escenario mitigado se cambiará un 90% de las luminarias ineficientes.

El escenario Año 2020 mitigado supone una mejora de la calidad térmica de los edificios y de los equipos de calefacción y agua caliente (cuando existen calderas para la calefacción, se considera que estos equipos abastecen también de agua caliente al edificio). Como en el Caso Base, se supone una penetración importante del gas natural en el sector fiscal y municipal, en las regiones que serán abastecidas por los proyectos de gasoducto.

<sup>51</sup> "Climate Change 1995. Impacts, Adaptations and Mitigation of Climate Change: Scientific-Technical Analyses. Contribution of Working Group II to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change". Editado por Robert Watson, Marufu C. Zinyowera y Richard H. Moss. Publicado para el PICC. Cambridge University Press, 1996.

## RESULTADOS

La construcción del escenario Año 2020 Mitigado para el Sector Energía conduce a los resultados señalados en la Tabla 6.20

**TABLA 6.20 EMISIONES DE GEI Y OTROS GASES SECTOR ENERGÍA<sup>52</sup>: ESCENARIO AÑO 2020 MITIGADO, CON INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA (Gg)**

Sector	Gases de Efecto Invernadero			Otros Gases			
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO	NO <sub>x</sub>	COVNM	SO <sub>2</sub>
Industria de la energía	13.067,00	91,95	0,064	7,80	38,70	15,04	35,01
Manufactura y construcción	13.634,69	4,69	0,23	60,93	67,25	5,37	25,96
Transporte	47.678,30	14,40	15,60	538,30	232,50	74,50	14,70
Comercial, residencial, institucional	8.734,00	13,05	0,21	198,79	15,23	23,98	16,64
Combustión Leña <sup>53</sup>	12.046,00	-	-	-	-	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>83.113,99</b>	<b>124,09</b>	<b>16,10</b>	<b>805,82</b>	<b>353,68</b>	<b>118,89</b>	<b>92,31</b>

## ANÁLISIS DE RESULTADOS

El Escenario Año 2020 mitigado también señala al sector Transporte como el principal emisor. La introducción de medidas rentables para los usuarios -si fuera posible asumir el costo de los recursos necesarios para hacer posible esta introducción, los que no han sido evaluados hasta el momento- no genera un cambio radical en las emisiones de GEI en comparación con el escenario Caso Base.

Entre las medidas contenidas en el Plan de Descontaminación de la Región Metropolitana, consideradas parte del Caso Base puesto que su implementación responde a una política ambiental en ejecución, se establecen normas de emisión restrictivas para el sector Transporte;

sin embargo, el aumento previsto del parque automotor hará que la aplicación de estas normas no signifique una reducción de las emisiones totales (por el contrario, éstas aumentan a una tasa más baja). Considerando que el Plan de Descontaminación generará importantes costos para el sector, es de prever que éstos se verán incrementados ante la aplicación de medidas de mitigación adicionales.

El grado de penetración de tecnologías eficientes, si bien mayor que en el Caso Base, continua viéndose limitado por la lenta rotación del parque nacional de equipos y viviendas.

## COMPARACIÓN DE RESULTADOS: INVENTARIO 1994, CASO BASE Y AÑO 2020 MITIGADO, SECTOR ENERGÍA

La variación estimada de las emisiones agregadas del Sector Energía, en relación con el año de inventario, se muestra en la siguiente tabla comparativa.

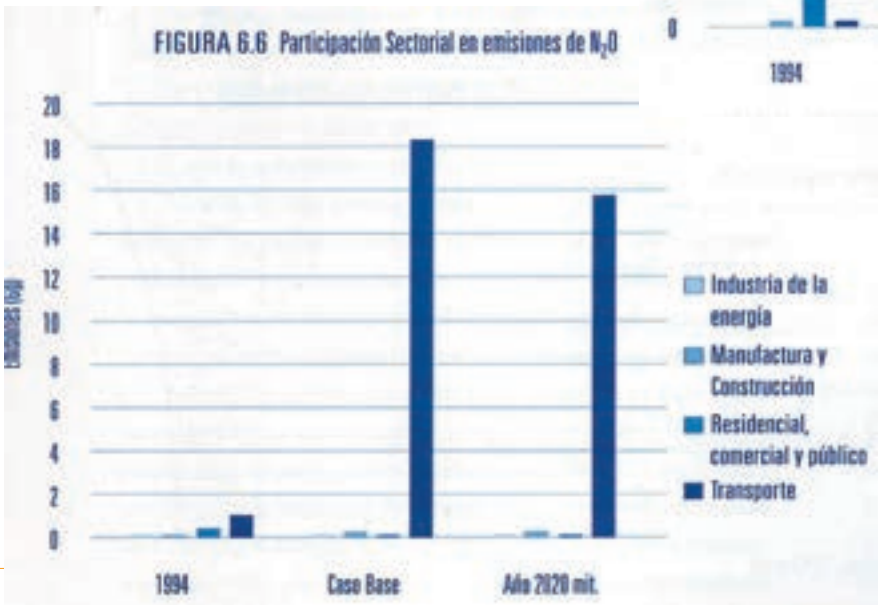
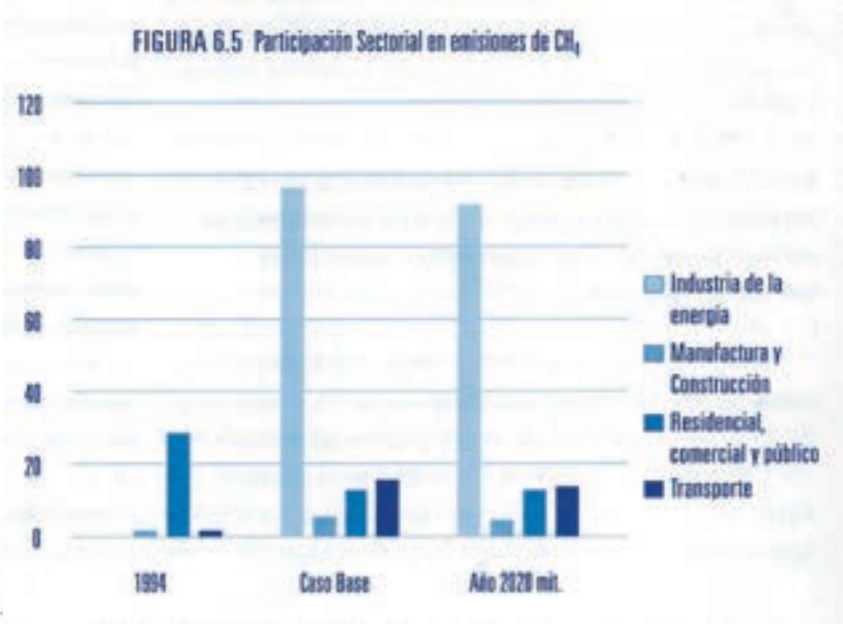
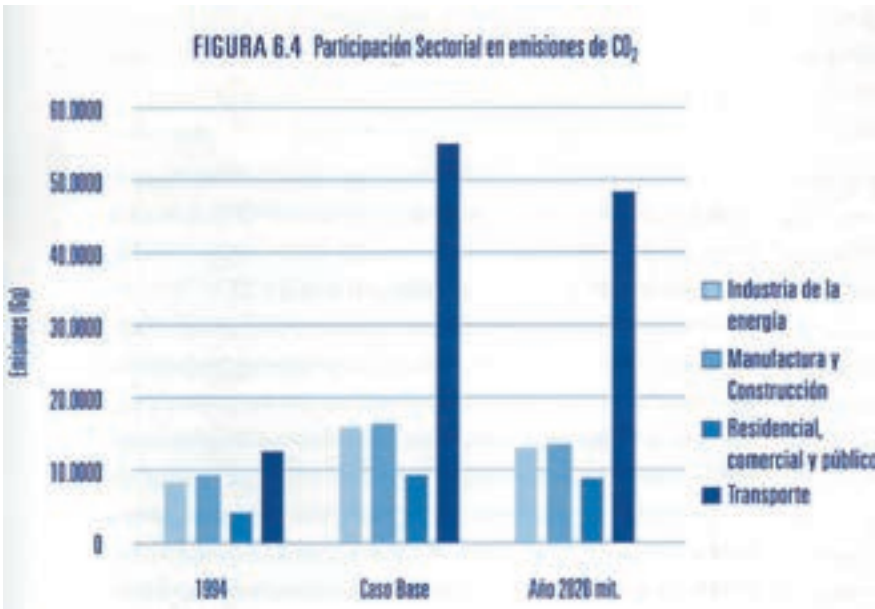
**TABLA 6.21 EMISIONES DE GEI Y OTROS GASES, SECTOR ENERGÍA PARA ESCENARIOS EN ESTUDIO (Gg)**

Escenario	Gases de Efecto Invernadero			Otros Gases			
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO	NO <sub>x</sub>	COVNM	SO <sub>2</sub>
Inventario 1994	35.227,0	74,1	1,7	885,2	161,9	147,5	153,0
Caso Base	96.122,95	131,15	18,77	908,07	395,14	134,41	108,2
Año 2020 Mitigado	83.113,99	124,09	16,10	805,82	353,68	118,89	92,31

<sup>52</sup> Debido a que no se realizó el análisis de opciones de mitigación para el sector Procesos Industriales y Uso de Solventes, las emisiones de COVNM y SO<sub>2</sub> mostradas en esta tabla no incluyen estos sectores.

<sup>53</sup> No contabiliza emisiones de CO<sub>2</sub>.

La participación de los subsectores en el consumo de energía asociado a estos escenarios, se muestra en las figuras siguientes:





## 6.2.2 PROYECCIONES SECTOR NO-ENERGÍA: CASO BASE Y AÑO 2020 MITIGADO

Este análisis fue realizado para CONAMA por INIA.

### 6.2.2.1 METODOLOGÍA

Los escenarios Caso Base y Año 2020 mitigado fueron desarrollados utilizando el modelo AGRI, elaborado por el Centro de Agricultura y Medio Ambiente (AGRIMED) de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad de Chile. Este modelo se construyó con el objeto de analizar las limitaciones que los recursos naturales podrían imponer al crecimiento esperado del sector silvoagropecuario, bajo diversas proyecciones macro-económicas, y analizar los costos ambientales de este crecimiento proyectado, y fue adaptado para ser aplicado en este estudio, incorporando las directrices del PICC.

El ejercicio de simulación de escenarios futuros consideró la identificación, selección y valoración económica de la aplicación de medidas de mitigación. La evaluación económica consideró los costos y beneficios económicos privados y públicos.

### 6.2.2.2 UTILIZACIÓN DEL MODELO Y MODIFICACIONES INTRODUCIDAS PARA LA SIMULACIÓN DE ESCENARIOS DE EMISIONES DE GASES EFECTO INVERNADERO EN EL SECTOR NO ENERGÍA

El modelo simula el comportamiento de los sectores agropecuario y forestal, tomando como datos de entrada el patrimonio de suelos en sus distintas clases de capacidad de uso, las potencialidades climáticas, la disponibilidad de recursos hídricos, el uso del suelo, la demografía y el ingreso. Las necesidades futuras de productos agrícolas son proyectadas sobre la base del crecimiento vegetativo de la población y del crecimiento

del ingreso per cápita. Los productos agrícolas, pecuarios y forestales están clasificados en rubros, que no necesariamente coinciden con la clasificación propuesta por el PICC. La equivalencia usada para manejar el modelo AGRI bajo la clasificación PICC se muestra en la tabla 6.22.

El modelo entrega una estimación de las superficies totales requeridas para responder a las necesidades de producción proyectadas para cada rubro. Estas superficies se calculan en función del crecimiento económico propuesto para el sector; la rentabilidad del rubro, el crecimiento de la población, el ingreso *per cápita*, los coeficientes de productividad característicos (corregidos por coeficientes tecnológicos que modifican la productividad potencial, como resultado de la incorporación de mejoras esperadas en el proceso productivo), y coeficientes de corrección, que reflejan las limitaciones que puede enfrentar un mismo rubro, al cambiar de una clase de capacidad de uso de la tierra a otra.

El modelo también considera una tasa de reemplazo de producción nacional por importaciones, aplicable principalmente a aquellos rubros considerados tradicionales, sobre los cuales existe consenso respecto del impacto que los acuerdos comerciales tendrán sobre su superficie cultivada.

En la siguiente etapa conceptual de la aplicación del modelo, la demanda de superficie se compara con la disponibilidad de terrenos aptos para los distintos rubros, representada por el patrimonio total de suelos en sus distintas capacidades de uso, el uso vigente al momento de simulación, las potencialidades climáticas y los recursos hídricos disponibles de cada zona.

**TABLA 6.22 EQUIVALENCIA ENTRE RUBROS USADOS POR EL MODELO AGRI Y CATEGORÍAS PROPUESTAS POR EL PICC**

<b>Rubros AGRI</b>	<b>Rubros Inventario según PICC</b>
Frutales	Hoja caduca - Hoja perenne - Uva mesa
Vid vinífera	Uva vinífera
Industriales	Maravilla - Papas - Raps - Remolacha - Tabaco
Cereales	Trigo - Maíz - Cebada - Centeno
Leguminosas	Arveja - Chicharo - Garbanzo - Lenteja - Lupino - Poroto
Praderas artificiales	Forrajeras anuales - Praderas artificiales permanentes
Plantaciones forestales	Plantaciones forestales
Praderas naturales	Vegetación nativa
Bosque Nativo	Bosque nativo adulto - Bosque nativo adulto más renoval - Renoval
Bovinos	Bovinos
Porcinos	Porcinos
Aves	Aves
Otros	Caballares - Ovinos - Mulares



Según la demanda y la disponibilidad de superficie, el modelo reasigna el uso del suelo, otorgando a cada rubro una prioridad determinada por su rentabilidad, la preexistencia del rubro en una región dada y el beneficio estratégico para el país. El resultado muestra un nuevo escenario de uso de suelo, producto de la contracción o expansión de los distintos rubros, a escala nacional y regional, en función de los supuestos considerados.

La posibilidad de expansión de la frontera agrícola, en algunos rubros, podría implicar una presión por habilitar terrenos originalmente ocupados por vegetación nativa. Si bien esta posibilidad es considerada en el modelo, está sujeta a restricciones legales sobre el uso de esos terrenos.

A partir de los escenarios generados, el modelo permite determinar la capacidad del rubro para responder a la demanda esperada y los impactos que puede generar este escenario sobre el medio ambiente, la sociedad y el propio rubro, en relación con el uso actual del suelo y los procesos involucrados en el cambio de su uso. Se dispone de algoritmos que permiten estimar la pérdida de suelo agrícola debido a la degradación, la demanda de recursos hídricos generada por los distintos niveles de producción y el impacto del cambio de uso de la tierra en la tasa de ruralidad.

Por sus características, el modelo se adapta razonablemente a las necesidades de generación de escenarios posibles de emisión de GEI, como función de los cambios esperados en el uso del suelo; se transforma así en una herramienta útil en la generación de escenarios futuros, mitigados y no mitigados, y en la evaluación de medidas de mitigación. Sin embargo, para su aplicación ha debido sufrir una serie de adaptaciones, de forma de entregar al estudio las variables necesarias para obtener proyecciones futuras de emisiones de GEI.

Estas adaptaciones se han centrado en generar una versión resumida del modelo, que contemple solamente aquellos módulos que tienen relación directa con el uso del suelo a escala nacional y regional. Esto involucra un trabajo de selección y reprogramación de la colección de algoritmos del modelo original en un lenguaje adaptable al formato de datos disponibles provenientes del inventario 1994, que es considerado como condición inicial y de validación.

Además, se han generado algunos nuevos algoritmos para la proyección de variables necesarias para el inventario y que no estaban recibiendo un tratamiento especial en el modelo original, como en el caso del cultivo del arroz, considerado un cereal más en el modelo AGRI, pero objeto de especial atención en el cálculo de emisiones de GEI.

También ha sido necesario realizar adaptaciones en las bases de datos, para contar con un nivel de agregación de la información compatible, por una parte, con los algoritmos disponibles en el modelo y, por otra, con la necesidad de generar escenarios y evaluar medidas de mitigación sobre una base confiable y compatible con la metodología del PICC. Estas adaptaciones podrían causar distorsiones menores

respecto de la contabilidad original del inventario, pero permiten comparar escenarios.

Se agregó nuevas clasificaciones para una mejor descripción de superficies boscosas nativas, sujetas a diversas transformaciones en el transcurso del período simulado, y que en conjunto, complementan el balance para el sector forestal, según la Tabla 6.23.

**TABLA 6.23 CLASIFICACIÓN DE SUPERFICIES DE BOSQUE NATIVO**

---

Bosque nativo adulto
Bosque nativo adulto más renovales
Renovales
Bosque nativo incendiado
Vegetación nativa incendiada
Plantaciones incendiadas
Bosque nativo substituido
Bosque nativo floreado
Bosque nativo manejado
Bosque nativo habilitado

---

### 6.2.2.3 ESQUEMA METODOLÓGICO APLICADO

El esquema metodológico utilizado para la determinación de las emisiones de GEI en los escenarios Caso Base y Año 2020 mitigado, contempló las siguientes etapas:

- Caracterización del año 1994 (Inventario de emisiones y sumideros de GEI en el sector no energético)
- Validación del modelo AGRI con los datos correspondientes al Inventario 1994
- Definición del escenario Caso Base
- Definición de variables macroeconómicas, demográficas y tendencias requeridas por el modelo AGRI
- Aplicación del modelo
- Cálculo de las emisiones y sumideros de GEI (según metodología PICC 1996), de modo de generar el inventario asociado al escenario línea base
- Definición del escenario Año 2020 mitigado, sensibilizado respecto de tres perspectivas: optimista, realista y pesimista.
- Elaboración de listado exhaustivo de posibles opciones de mitigación
- Desarrollo de un taller interinstitucional, a fin de seleccionar las opciones más factibles de aplicar en el país
- Desarrollo de taller de expertos con el objeto de determinar el rango de adopción y éxito de cada opción
- Adjudicación de indicadores numéricos a las opciones de mitigación en los escenarios optimista, realista y pesimista
- Simulación de los escenarios optimista, realista y pesimista con el modelo AGRI, alimentado con los indicadores correspondientes
- Cálculo de emisiones y sumideros de GEI según metodología PICC (1996), de modo de generar el inventario asociado al caso Año 2020 mitigado.

#### 6.2.2.4 VALIDACIÓN DEL MODELO AGRI CON LOS DATOS CORRESPONDIENTES AL INVENTARIO 1994

Con el objetivo de estimar las diferencias entre el escenario Caso Base y el año del inventario, comparando sobre las mismas bases metodológicas, el modelo AGRI fue corrido para 1994, alimentando los parámetros relevantes de acuerdo a la información económica, demográfica y de uso de la tierra vigente en ese año. Así, fue posible obtener un inventario 1994 simulado, o inventario simplificado. Se observó un buen ajuste entre las emisiones y capturas de GEI del inventario real y del simplificado. Las diferencias observadas resultaron menores a un 4% en todos los casos, a excepción de los COVNM, en que la simulación produjo la mitad de la cantidad inventariada; en particular, los -28.926,33 Gg de CO<sub>2</sub> del inventario real fueron estimados por la simulación en -26.570,86 Gg de CO<sub>2</sub>.

#### 6.2.2.5 ESCENARIO CASO BASE: AÑO 2020 NO MITIGADO

El escenario Caso Base para el año 2020, de acuerdo a la metodología PICC, no considera la aplicación de medidas de mitigación. Para estimar cambios en las emisiones y/o sumideros de gases, la variable esencial, de acuerdo a los resultados del inventario, es el submódulo Cambio de Uso de la Tierra. La aplicación del modelo AGRI, con las adaptaciones mencionadas, permitió una adecuada simulación de los escenarios futuros. Como criterio general, se asumió la presencia de las condiciones más adversas, es decir, las condiciones que significan las mayores emisiones de GEI.

En lo que se refiere a Cambio de Uso de la Tierra, fueron incorporados los siguientes supuestos:

- Tasa de crecimiento del PIB del 5% en el período 1994-2020
- Tasa de crecimiento del PIB agrícola del 3% en el período 1994-2020
- Tasas de sustitución de importaciones de un 30% y 50%, aplicadas principalmente a los rubros cereales y arroz
- Una tasa anual de expansión de plantaciones forestales, de 40,0 kha, común a ambos escenarios de sustitución por importaciones, pero menor a la tasa vigente a 1994, debido a la posible saturación del mercado de la madera, que debería ocurrir dentro del período de evaluación<sup>54</sup>
- Una mayor tasa de habilitación de tierras boscosas, subiendo de 6,7, en 1994, a 7,5 kha para una sustitución de 30% y 6,9 kha para una sustitución del 50%
- Una menor tasa de sustitución del bosque nativo, bajando

de 16,6 kha, en 1994, a 15,8 kha/año, para una sustitución de 30% de importaciones y 14,3%, para una sustitución de importaciones del 50%

- Una menor tasa anual de floreo del bosque nativo, bajando de 18,8 kha, en 1994, a 15,3 kha en ambos niveles de sustitución de importaciones
- Una tasa de urbanización levemente mayor, subiendo de 3,4 kha en 1994, a 3,6 kha, en ambos niveles de sustitución de importaciones
- Plena vigencia de los cuerpos legales que fomentan la actividad forestal (Modificación del DL N° 701)
- Tasa de generación de residuos por los cultivos y tasa de biomasa quemada se mantienen constantes en el período
- La cosecha de productos forestales mantiene la relación con la biomasa generada por bosques gestionados y plantaciones forestales determinada para 1994, durante todo el período
- Se asume una tasa de incendios forestales constante en el período e igual a la de 1994
- La habilitación, la sustitución y el floreo de bosque nativo, mantienen las tasas estimadas por CONAF para 1994 durante el período simulado
- La superficie habilitada acumulada en el período fue descontada de la superficie de renovales en el módulo Abandono
- La superficie sustituida acumulada en el período fue descontada de la superficie de renovales en el módulo Abandono
- La superficie floreada acumulada en el período fue descontada de la superficie de (bosque+renovales) en el módulo Abandono
- En el año 2020 la totalidad de la población urbana del país tendrá cobertura de plantas de tratamiento de aguas servidas; la cobertura de rellenos sanitarios se mantiene constante e igual a la observada en 1994
- La estimación de emisiones de CH<sub>4</sub> por tratamiento anaerobio de residuos, se fundamentó en las tasas de generación de residuos per cápita al año 1994 y en las estimaciones de población atendida al año 2015
- Las variables no modelables, tales como las tasas de tratamiento de residuos antrópicos y la expansión urbana, fueron estimadas sobre la base de análisis de tendencias y del crecimiento poblacional.

<sup>54</sup> La modelación se hizo sobre bases de normalidad; por tanto, no incluye el impacto de situaciones anormales y no previsibles.

## RESULTADOS

Los resultados de la simulación efectuada con el Modelo AGRI para el escenario futuro Caso Base se indican en la Tabla 6.24. y 6.25, para los niveles 30% y 50% de sustitución de importaciones agropecuarias.

**TABLA 6.24 EMISIONES DE GEI Y OTROS GASES SECTOR NO ENERGÍA. CASO BASE: 30% SUSTITUCIÓN DE IMPORTACIONES (Gg)**

Módulo/submódulo	Gases de Efecto Invernadero			Otros Gases		
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO	NO <sub>x</sub>	COVNM
<b>Agricultura:</b>	<b>0,00</b>	<b>376,78</b>	<b>29,92</b>	<b>87,68</b>	<b>5,01</b>	<b>4,53</b>
Cultivo de arroz	0,00	9,64	0,00	0,00	0,00	0,00
Ganadería doméstica	0,00	362,92	0,00	0,00	0,00	0,00
Cultivo de suelos	0,00	0,00	26,48	0,00	0,00	0,00
Quema de rastrojos	2.131,09	4,18	3,44	87,68	5,01	4,53
<b>Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura:</b>	<b>-27.840,69</b>	<b>172,45</b>	<b>1,20</b>	<b>1.508,96</b>	<b>43,43</b>	<b>28,90</b>
Gestión silvícola	-2.917,36	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Habilitación	2.942,11	5,47	0,04	47,85	1,36	1,89
Substitución	5.179,97	7,17	0,05	62,69	1,78	3,23
Floreo	5.700,20	5,86	0,04	51,23	1,45	6,00
Abandono (regeneración natural)	-44.314,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Quema de desechos forestales	39.889,68	129,90	0,89	1.136,62	32,28	1,02
Incendios forestales	5.533,83	24,29	0,18	212,58	6,56	16,75
Urbanización	46,97	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Gestión de residuos:</b>	<b>0,00</b>	<b>309,34</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
Aguas servidas	0,00	5,07	0,00	0,00	0,00	0,00
Residuos industriales líquidos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Residuos sólidos domiciliarios	0,00	304,26	0,00	0,00	0,00	0,00
Residuos sólidos industriales	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Total sector Gg</b>	<b>-27.840,69</b>	<b>858,57</b>	<b>31,12</b>	<b>1.508,96</b>	<b>48,44</b>	<b>33,43</b>
<b>Total Gg de CO<sub>2</sub> equiv.</b>	<b>-27.840,69</b>	<b>9.444,27</b>	<b>9.958,4</b>			

**TABLA 6.25 EMISIONES DE GEI Y OTROS GASES SECTOR NO ENERGÍA. CASO BASE: 50% SUSTITUCIÓN DE IMPORTACIONES (Gg)**

Módulo/submódulo	Gases de Efecto Invernadero			Otros Gases		
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO	NO <sub>x</sub>	COVNM
<b>Agricultura:</b>	<b>0,00</b>	<b>386,65</b>	<b>27,72</b>	<b>76,53</b>	<b>4,37</b>	<b>3,95</b>
Cultivo de arroz	0,00	7,75	0,00	0,00	0,00	0,00
Ganadería doméstica	0,00	375,25	0,00	0,00	0,00	0,00
Cultivo de suelos	0,00	0,00	24,71	0,00	0,00	0,00
Quema de rastrojos	1.860,03	3,64	3,0	76,53	4,37	3,95
<b>Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura:</b>	<b>-28.806,75</b>	<b>171,54</b>	<b>1,20</b>	<b>1.500,92</b>	<b>43,20</b>	<b>28,57</b>
Gestión silvícola	-2.917,36	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Habilitación	2.674,65	4,97	0,03	43,50	1,24	1,72
Substitución	4.709,06	6,51	0,04	57,0	1,62	2,94
Floreo	5.700,20	5,86	0,04	51,23	1,45	6,0
Quema de desechos forestales	39.889,68	129,9	0,89	1.136,62	32,28	1,02
Incendios forestales	5.593,4	24,53	0,18	214,6	6,61	16,89
Urbanización	46,97	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Gestión de residuos:</b>	<b>0,00</b>	<b>309,34</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
Aguas servidas	0,00	5,07	0,00	0,00	0,00	0,00
Residuos industriales líquidos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Residuos sólidos domiciliarios	0,00	304,26	0,00	0,00	0,00	0,00
Residuos sólidos industriales	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Total sector Gg</b>	<b>-28.806,75</b>	<b>867,52</b>	<b>28,91</b>	<b>1.577,46</b>	<b>47,58</b>	<b>32,52</b>
<b>Total Gg de CO<sub>2</sub> equiv.</b>	<b>-28.806,75</b>	<b>9.542,72</b>	<b>9.251,2</b>			

La comparación entre los escenarios futuros Caso Base (para 30% y 50% de sustitución de importaciones) y el Inventario 1994, se observa en la Tabla 6.26.

**TABLA 6.26 EMISIONES DE GEI Y OTROS GASES, SECTOR NO ENERGÍA: 1994 (INVENTARIO SIMPLIFICADO) Y CASO BASE, PARA 30% Y 50% DE SUSTITUCIÓN DE IMPORTACIONES (Gg)**

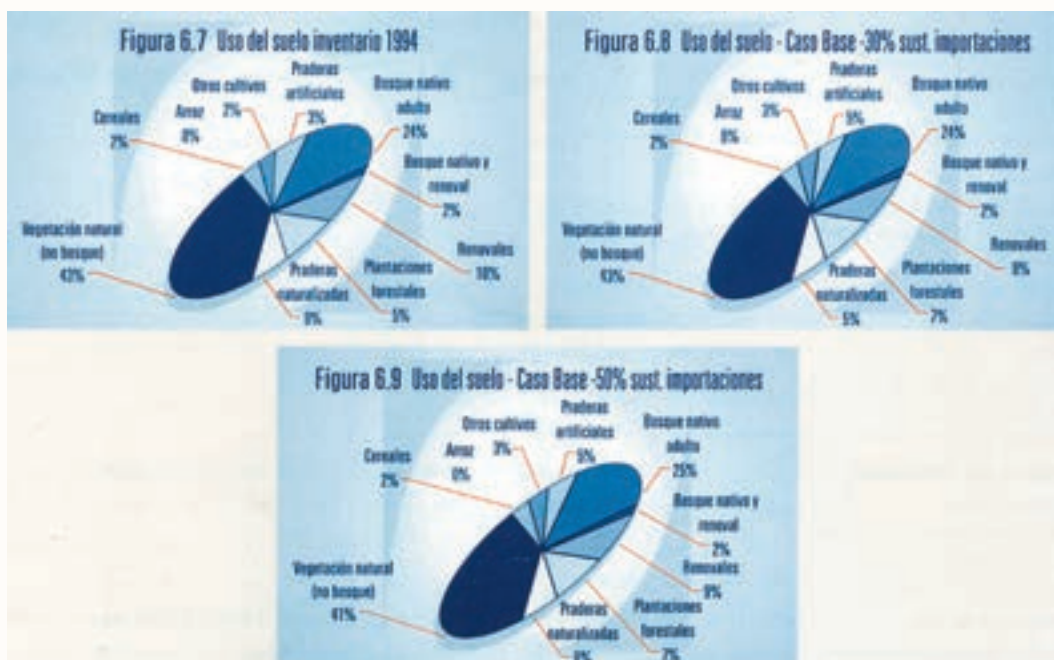
Gas		Emisiones 1994	Emisiones Caso Base		Diferencia 1994 - Caso Base		Diferencia porcentual 1994 - Caso Base	
			30% sust.	50% sust.	30% sust.	50% sust.	30% sust.	50% sust.
Gases de Efecto Invernadero	CO <sub>2</sub>	-26.570,86	-27.840,69	-28.806,75	-1.269,83	-2.235,9	4,8	8,4
	CH <sub>4</sub>	507,01	858,57	867,52	351,56	360,51	69,3	71,1
	N <sub>2</sub> O	19,58	31,12	28,91	11,54	9,33	59,0	47,7
Otros Gases	CO	1.024,50	1.596,65	1.577,46	572,15	552,96	55,8	54,0
	NO <sub>x</sub>	30,55	48,44	47,58	17,89	17,03	58,6	55,7
	COVMN	27,07	33,43	32,52	6,36	5,45	23,5	20,2

Si se expresan las emisiones de GEI en términos de Gg de CO<sub>2</sub> equiv., se obtiene la siguiente tabla:

**TABLA 6.27 EMISIONES DE GEI SECTOR NO ENERGÍA, EXPRESADAS EN Gg DE CO<sub>2</sub> equiv.**

Gas		Emisiones 1994	Emisiones Caso Base		Diferencia 1994 - Caso Base		Diferencia porcentual 1994 - Caso Base	
			30% sust.	50% sust.	30% sust.	50% sust.	30% sust.	50% sust.
CO <sub>2</sub> CH <sub>4</sub> N <sub>2</sub> O		-26.570,86	-27.840,69	-28.806,75	-1.269,83	-2.235,9	4,8	8,4
		5.577,16	9.444,27	9.542,71	3.867,11	3.965,55	69,3	71,1
		6.264,48	9.957,95	9.250,91	3.693,47	2.986,43	59,0	47,7
Total		-14.728,1	-8.438,47	-10.013,12	6.289,63	4.716,08	-42,7	-32,0

Los usos del suelo estimados para 1994 y proyectados en el escenario Caso Base, se muestran en las Figuras 6.7, 6.8 y 6.9 siguientes:



## ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para el año 2020, y en ausencia de medidas de mitigación, se espera un aumento del 4,8 % en la captura neta de CO<sub>2</sub> con respecto a la captura observada durante 1994, si la sustitución de importaciones alcanza un 30%; para un 50% de sustitución, el aumento en la captura llega a un 8,4%. Sin embargo, al incluir las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O y su equivalencia calórica -expresada en Gg de CO<sub>2</sub> equiv- se observa que la captura neta del sector caerá un 42,7% y un 32%, para tasas de 30% y 50% de sustitución de importaciones, respectivamente.

Si la importación de alimentos alcanzara el 30% de la demanda interna de alimentos, en el escenario Caso Base:

- habría un 70,5% de incremento en la superficie cultivada (+1.565,7 kha), debida a un crecimiento general de la superficie cultivada en sus distintos rubros
- los rubros para el cuales se estima una mayor expansión son los frutales (+106,3%) y las vides viníferas (+110,2%); por su parte, los rubros con una menor expansión estimada son los cereales (+55,3%), el arroz (+51,4%) y las leguminosas de grano (+47,5%)
- habría una expansión del 61% de la superficie destinada a plantaciones forestales (con una tasa anual de 40,0 kha), y del 48,9% de la superficie urbanizada. Esta expansión de cultivos y plantaciones forestales se centraría, fundamentalmente, en la superficie de praderas naturales mejoradas (+42,9%); paralelamente, habría una reducción de la superficie de bosque nativo (-4,6%), principalmente a expensas de renovales y de la restante vegetación natural, básicamente matorrales (-3,4%)
- pérdida del 1% del bosque nativo debida a la habilitación (-7,5kha/año) para fines agropecuarios, sustitución (-15,8 kha/año) por plantaciones forestales e incendios forestales (-2,1 kha/año).

Si la importación de alimentos alcanzara un 50% de la demanda interna de alimentos, en el escenario Caso Base:

- habría una menor expansión de la superficie cultivada, equivalente al 50,1%, justificada por una menor expansión en los rubros de cereales (+11,0%) y de arroz (21,1%)
- se estima una expansión de las plantaciones forestales similar al caso en que se supone un 30% de sustitución, situación que también ocurriría con la superficie urbanizada

praderas naturales (-37,7%), de vegetación nativa tipo matorral (-3,5%) y, muy especialmente, de bosque nativo (-3,8%)

- pérdida de un 1 % de superficie de bosque nativo, debida a la habilitación para fines agropecuarios (-6,9 kha/año), sustitución por plantaciones forestales (-14,3 kha/año) e incendios forestales (-2,1 kha/año).

### 6.2.2.6 ESCENARIO FUTURO: AÑO 2020 MITIGADO

#### Análisis de las opciones de mitigación

El análisis de medidas de mitigación se realizó fundamentalmente sobre la base del criterio de expertos nacionales y el trabajo de talleres ad-hoc. Usando como base la lista de opciones de mitigación contenidas en Sathaye y Meyers (1995) "Mitigation Options for Greenhouse Gas Emission: Assesment", se elaboró una lista exhaustiva de posibles opciones aplicables al sector no energía. La lista fue agrupada en torno a las siguientes áreas temáticas:

- Preservación del capital de carbono almacenado
- Reducción de emisiones directas de CO<sub>2</sub>
- Reducción de emisiones indirectas de CO<sub>2</sub> (por consumo rural de combustibles fósiles)
- Reducción de emisión indirecta de CO<sub>2</sub> por consumo de combustibles fósiles en la fabricación de agroquímicos
- Aumento de captura de CO<sub>2</sub>
- Reducción de emisión de gases traza
- Medidas tendientes a reemplazar el uso generalizado de combustibles fósiles.

El conjunto de opciones de mitigación a ser empleadas en la simulación, emergió de la valoración de cada una de ellas mediante un taller de expertos nacionales. Los criterios que este panel de expertos definió para evaluar las medidas de mitigación propuestas, y seleccionar aquellas factibles de aplicar con relativo éxito, fueron: su potencial de mitigación, sus impactos ambientales, disponibilidad de territorio a intervenir, la viabilidad económica, los costos de implementación, la adaptabilidad social ante la medida y la demanda de transferencia tecnológica. Cada criterio fue ponderado en una escala relativa, resultando una ponderación única para cada medida de mitigación.

Las medidas de mitigación seleccionadas fueron agrupadas en un programa básico de mitigación de emisiones de GEI. Sobre este programa, fue aplicado nuevamente el juicio de expertos, en un taller de trabajo interno, para cuantificar el grado de eficacia de la medida seleccionada (en términos de porcentaje de reducción de emisión o incremento de captura de GEI) y establecer el rango pesimista-optimista (condición peor; condición óptima) de su grado de adopción.

La cuantificación del efecto de cada medida de mitigación en los escenarios pesimista, realista y optimista, fue incorporada en el modelo AGRI, que entregó la nueva asignación de uso de la tierra. Finalmente, se procedió a traducir los diferentes escenarios de uso de la tierra en inventarios simplificados de emisiones y capturas de GEI. Dado que el modelo AGRI no reconoce todas las variables consideradas en el método PICC de cálculo de Inventario, la estimación de emisiones y capturas asociadas a cada escenario se tradujo en un inventario simplificado. No obstante lo anterior, dado que el método de cálculo empleado fue similar al propuesto por el PICC y aplicado exactamente igual para todos los escenarios evaluados, la base de comparación es la misma, lo que permite confrontar los resultados de manera consistente.

Cabe señalar que aquellas variables no reconocidas por el modelo AGRI, como crecimiento poblacional, tasas de tratamiento de residuos y urbanización, consideradas en el Inventario, fueron estimadas sobre información oficial publicada por INE y utilizando análisis de tendencias, bajo las perspectivas realista, pesimista y optimista.

El análisis de opciones de mitigación incluyó una evaluación económica de un Programa de Mitigación, que permitió estimar costos públicos y privados que eventualmente deberían efectuarse, para que el uso real de la tierra al año 2020 corresponda al escenario futuro mitigado.

## MEDIDAS DE MITIGACIÓN SELECCIONADAS

Las medidas seleccionadas fueron agrupadas en las siguientes categorías:

- Programas educacionales regulares y de capacitación, conducentes a generar cambios positivos en la valoración de la sociedad hacia el patrimonio ambiental
- Acciones tendientes a preservar el capital de carbono almacenado en formaciones vegetacionales
- Acciones tendientes a reducir las emisiones directas de CO<sub>2</sub> provenientes de incendios, quema de biomasa y habilitación de tierras

- Acciones tendientes a aumentar la captura de CO<sub>2</sub>, a través de la forestación de tierras áridas y semiáridas, forestación y/o reforestación de tierras desertificadas y/o erosionadas, la recuperación de praderas degradadas y el aumento de la densidad arbórea urbana
- Acciones tendientes a aumentar la oferta de biomasa mediante el incremento de plantaciones forestales y el aumento del destino útil de desechos forestales

Como medidas complementarias, indirectamente vinculadas al cambio de uso de la tierra, se agregan:

- Disminución del uso de combustibles fósiles y de agroquímicos sintéticos, a través de una mejor utilización de residuos orgánicos, un mayor reciclaje, la sustitución de pesticidas, y el incremento en el cultivo de leguminosas
- Acciones tendientes a reducir las emisiones de metano a través del incremento del tratamiento aerobio de las aguas servidas y la oxidación aerobia de residuos sólidos domiciliarios de carácter orgánico

## RESULTADOS

Los resultados entregados por el modelo AGRI, sobre la base de la aplicación de medidas de mitigación seleccionadas y valoradas por criterio de expertos, se resumen en las siguientes tablas. Se han incluido los casos en que se produce un 30% y 50% de sustitución de importaciones (Tablas 6.28 y 6.29, respectivamente).

Las medidas de mitigación seleccionadas y valoradas según criterio de expertos, que muestran ser las más eficientes, fueron:

- La preservación del capital de carbono almacenado en áreas protegidas del SNASPE
- La reducción de emisiones directas de CO<sub>2</sub> debida a la detención de la habilitación de tierras boscosas y la prohibición del uso del fuego como medio para eliminar residuos forestales
- El aumento y recuperación de la capacidad de captura de CO<sub>2</sub> en praderas degradadas, tierras desertificadas, suelos erosionados, tierras estériles y la regeneración del bosque nativo degradado y promoción de su posterior gestión sustentable.

**TABLA 6.28 EMISIONES DE GEI Y OTROS GASES SECTOR NO ENERGÍA. AÑO 2020 MITIGADO: 30% SUSTITUCIÓN  
DE IMPORTACIONES (Gg)**

Módulo/submódulo	Gases de Efecto Invernadero			Otros Gases		
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO	NOx	COVNM
<b>Agricultura:</b>	<b>0,00</b>	<b>341,73</b>	<b>25,82</b>	<b>71,34</b>	<b>4,07</b>	<b>3,69</b>
Cultivo de arroz	0,00	8,94	0,00	0,00	0,00	0,00
Ganadería doméstica	0,00	329,40	0,00	0,00	0,00	0,00
Cultivo de suelos	0,00	0,00	23,02	0,00	0,00	0,00
Quema de rastrojos*	1.734,00	3,40	2,80	71,34	4,07	3,69
<b>Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura:</b>	<b>-35.668,14</b>	<b>98,75</b>	<b>0,69</b>	<b>864,09</b>	<b>24,98</b>	<b>22,80</b>
Gestión silvícola	-3.296,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Habilitación	2.201,79	4,01	0,03	35,08	1,00	1,28
Substitución	3.132,22	4,39	0,03	38,39	1,09	1,98
Floreo	4.370,86	4,49	0,03	39,29	1,12	4,60
Abandono (regeneración natural)	-46.777,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Quema de desechos forestales*	2.085,42	65,41	0,45	572,32	16,25	0,59
Incendios forestales	4.671,74	20,46	0,15	179,01	5,52	14,34
Urbanización	43,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Gestión de residuos:</b>	<b>0,00</b>	<b>288,10</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
Aguas servidas	0,00	4,54	0,00	0,00	0,00	0,00
Residuos industriales líquidos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Residuos sólidos domiciliarios	0,00	283,56	0,00	0,00	0,00	0,00
Residuos sólidos industriales	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Total sector Gg</b>	<b>-35.668,14</b>	<b>728,59</b>	<b>26,51</b>	<b>935,43</b>	<b>29,05</b>	<b>26,49</b>
<b>Total Gg de CO<sub>2</sub> equiv.</b>	<b>-35.668,14</b>	<b>8.014,49</b>	<b>8.483,2</b>			

\* De acuerdo a la metodología PICC, la quema de residuos agrícolas y forestales no contabilizan emisiones de CO<sub>2</sub>

**TABLA 6.29 EMISIONES DE GEI Y OTROS GASES SECTOR NO ENERGÍA. AÑO 2020 MITIGADO: 50% SUSTITUCIÓN  
DE IMPORTACIONES (Gg)**

Módulo/submódulo	Gases de Efecto Invernadero			Otros Gases		
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO	NOx	COVNM
<b>Agricultura:</b>	<b>0,00</b>	<b>352,27</b>	<b>23,93</b>	<b>62,27</b>	<b>3,56</b>	<b>3,22</b>
Cultivo de arroz	0,00	7,15	0,00	0,00	0,00	0,00
Ganadería doméstica	0,00	342,15	0,00	0,00	0,00	0,00
Cultivo de suelos	0,00	0,00	21,49	0,00	0,00	0,00
Quema de rastrojos*	1.513,45	2,97	2,44	62,27	3,56	3,22
<b>Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura:</b>	<b>-36.454,53</b>	<b>98,16</b>	<b>0,69</b>	<b>858,92</b>	<b>24,83</b>	<b>22,60</b>
Gestión silvícola	-3.296,75	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Habilitación	2.001,63	3,64	0,03	31,89	0,91	1,16
Substitución	2.847,47	3,99	0,03	34,90	0,99	1,80
Floreo	4.370,60	4,49	0,03	39,29	1,12	4,60
Abandono (regeneración natural)	-47.124,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Quema de desechos forestales*	20.085,42	65,41	0,45	572,32	16,25	0,59
Incendios forestales	4.716,51	20,63	0,15	180,51	5,56	14,44
Urbanización	43,10	0,00	0,00	0,00	0,0	0,00
<b>Gestión de residuos:</b>	<b>0,00</b>	<b>288,10</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
Aguas servidas	0,00	4,54	0,00	0,00	0,00	0,00
Residuos industriales líquidos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Residuos sólidos domiciliarios	0,00	283,56	0,00	0,00	0,00	0,00
Residuos sólidos industriales	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Total sector Gg</b>	<b>-36.454,5</b>	<b>738,53</b>	<b>24,62</b>	<b>921,18</b>	<b>28,39</b>	<b>25,82</b>
<b>Total Gg de CO<sub>2</sub> equiv.</b>	<b>-36.454,5</b>	<b>8.123,83</b>	<b>7.878,4</b>			

\* De acuerdo a la metodología PICC, la quema de residuos agrícolas y forestales no contabilizan emisiones de CO<sub>2</sub>



Las variaciones observadas en las emisiones, si se sensibiliza para condiciones "optimistas-realistas-pesimistas", se observan en la Tabla 6.30 y siguientes.

**TABLA 6.30 EMISIONES DE GEI Y OTROS GASES, SECTOR NO ENERGÍA, AÑO 2020 MITIGADO: 30% DE SUSTITUCIÓN DE IMPORTACIONES**

	Gas	Emisiones Año 2020 mitigado			Diferencia <sup>55</sup>		Rango de variación <sup>56</sup>	
		Pesimista (Gg)	Realista (Gg)	Optimista (Gg)	Diferencia (Gg)	Diferencia %	Máximo (Gg)	Mínimo (Gg)
Gases de Efecto Invernadero	CO <sub>2</sub>	-30.423,42	-35.668,14	-44.432,05	-7.827,45	28,1	-16.591,36	-2.582,73
	CH <sub>4</sub>	763,44	728,59	696,62	-129,98	-15,1	-161,95	-95,13
	N <sub>2</sub> O	29,12	26,51	24,35	-4,6	-14,8	-6,77	-2,0
Otros Gases	CO	1.048,85	935,43	839,80	-661,21	-41,4	-756,85	-547,80
	NO <sub>x</sub>	32,57	29,05	26,10	-19,39	-40,0	-22,34	-15,86
	COVNM	31,74	26,49	20,19	-6,94	-20,8	-13,223	-1,68

Si se expresan estas emisiones en términos de Gg de CO<sub>2</sub> equiv., se tiene la siguiente tabla:

**TABLA 6.31 EMISIONES DE GEI SECTOR NO ENERGÍA, AÑO 2020 MITIGADO, EXPRESADAS EN Gg DE CO<sub>2</sub> equiv.**

Gas	Emisiones Caso Base	Emisiones Año 2020 mitigado	Diferencia <sup>57</sup>	Diferencia porcentual
CO <sub>2</sub>	-27.840,69	-35.668,14	-7.827,45	-28,1
CH <sub>4</sub>	9.444,27	8.014,46	-1.429,82	-15,1
N <sub>2</sub> O	9.957,95	8.484,17	-1.473,18	-14,8
<b>Total</b>	<b>-8.438,47</b>	<b>-19.168,91</b>	<b>-10.730,45</b>	<b>127,16</b>

**TABLA 6.32 EMISIONES DE GEI Y OTROS GASES SECTOR NO ENERGÍA, AÑO 2020 MITIGADO: 50% DE SUSTITUCIÓN DE IMPORTACIONES**

	Gas	Emisiones Año 2020 mitigado			Diferencia <sup>58</sup>		Rango de variación	
		Pesimista (Gg)	Realista (Gg)	Optimista (Gg)	Diferencia (Gg)	Diferencia %	Máximo (Gg)	Mínimo (Gg)
Gases de Efecto Invernadero	CO <sub>2</sub>	-31.315,69	-36.454,53	-45.016,97	-7.647,79	26,5	-16.210,22	-2.508,94
	CH <sub>4</sub>	773,00	738,53	707,15	-128,99	-14,9	-160,37	-94,52
	N <sub>2</sub> O	27,03	24,62	22,61	-4,29	-14,8	-6,3	-1,88
Otros Gases	CO	1.032,29	921,18	829,12	-656,28	-41,6	-748,34	-545,17
	NO <sub>x</sub>	31,81	28,39	25,56	-19,19	-40,3	-22,02	-15,77
	COVNM	30,97	25,82	16,69	-6,70	-20,6	-1,55	-15,83

Si se expresan estas emisiones en términos de Gg de CO<sub>2</sub> equiv., se tiene la siguiente tabla:

**TABLA 6.33 EMISIONES DE GEI SECTOR NO ENERGÍA, AÑO 2020 MITIGADO, EXPRESADAS EN Gg DE CO<sub>2</sub> equiv.**

Gas	Emisiones Caso Base	Emisiones Año 2020 mitigado	Diferencia	Diferencia porcentual
CO <sub>2</sub>	-28.806,75	-36.454,53	-7.467,79	-26,5
CH <sub>4</sub>	9.542,71	8.123,87	-1.418,84	-14,9
N <sub>2</sub> O	9.250,91	7.878,23	-2.015,05	-14,8
<b>Total</b>	<b>-10.013,12</b>	<b>-20.452,44</b>	<b>-10.439,31</b>	<b>104,26</b>

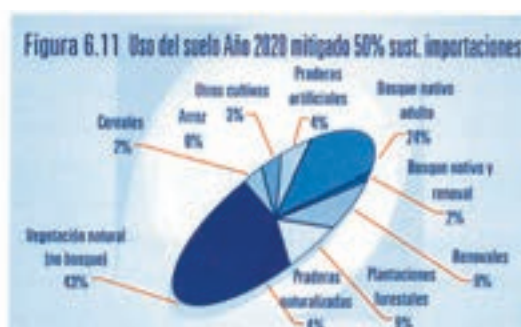
Los usos de suelo proyectados al Año 2020 mitigado, para 30% y 50% de sustitución de importaciones agropecuarias, se muestran en las Figuras 6.10 y 6.11 siguientes:

<sup>55</sup> La diferencia se calcula entre el Caso Base con un 30% de sustitución de importaciones, y el Año 2020 mitigado realista con 30% de sustitución de importaciones.

<sup>56</sup> Considera las emisiones mayores (máximo) y menores (mínimo) posibles de obtener, en los escenarios pesimista y optimista, respectivamente.

<sup>57</sup> La diferencia se calcula entre el escenario Año 2020 mitigado realista y el Caso Base.

<sup>58</sup> La diferencia se calcula entre el Caso Base con un 50% de sustitución de importaciones, y el Año 2020 mitigado realista con 50% de sustitución importaciones.



## ANÁLISIS DE RESULTADOS

Comparando el Caso Base con el Año 2020 mitigado realista, y un 30% de sustitución de importaciones, se visualiza que no habría impacto de las medidas de mitigación sobre la superficie cultivada (3.786,6 kha), pero sí una expansión significativa de la superficie plantada con especies arbóreas forestales (543,2 kha, con un 19.4%), la que ocurriría básicamente a expensas de la superficie con vegetación natural (praderas naturales y naturalizadas, y matorrales), que vería reducida su superficie en un 3,2%. Adicionalmente, habría una mejor preservación del bosque nativo, con 178,6 kha no convertidas, mayoritariamente asociadas a la superficie con renovales.

En un escenario mitigado realista al 30% de sustitución de importaciones, la implementación del programa de mitigación definido se traduciría en una mayor captura neta de CO<sub>2</sub> del 28,1%, lo que significa un incremento de captura neta de CO<sub>2</sub> de 7827,4 Gg/año, ambas cifras respecto del Caso Base. Como se espera, los gases restantes ven disminuidas sus emisiones.

La simulación no consideró el impacto adicional de la implementación de medidas transversales, no modelables (como la educación, capacitación e investigación), sobre las emisiones y capturas de gases. Asumiendo una mayor mitigación entre 10 y 30% por estas causales, el Año 2020 mitigado con un 30% de sustitución de importaciones tendría un balance neto favorable a la captura de CO<sub>2</sub>, de 22.044,3 Gg/año. Este valor constituye el potencial nacional de mitigación, en función del programa de mitigación evaluado para el año 2020, si el 30% de la demanda alimenticia interna fuera satisfecha por la vía de las importaciones.

La principal diferencia entre los escenarios que suponen 30% y 50% de sustitución de importaciones respectivamente, se encuentra en la menor habilitación de terrenos para cultivar cereales, lo cual involucraría una menor presión sobre el bosque nativo y restante vegetación nativa, alcanzándose por tanto, una menor conversión

hacia terrenos de cultivo y plantaciones forestales. En el escenario Año 2020 mitigado realista, con un 50% de sustitución por importaciones, se verificaría una menor pérdida de bosque nativo de 180,1 kha (1,4% de la existencia total respecto del Caso Base) y una presión sobre la vegetación nativa no boscosa, equivalente a 294,8 kha (1,7% de la existencia total del Caso Base). Finalmente, es previsible una reducción en las tasas del cambio de uso de la tierra y una reducción de la tasa de incendios forestales.

Si se compara con el Caso Base, el escenario mitigado con un 50% de sustitución de importaciones significaría un incremento del 26,5% de la capacidad neta de captura de CO<sub>2</sub>. Expresando todos los gases invernadero en CO<sub>2</sub>-equivalentes, la implementación del programa de mitigación involucraría el aumento de la captura neta de CO<sub>2</sub> en un 104,3%.

Evaluando el impacto de las medidas transversales, referentes a educación, capacitación e investigación, el potencial nacional de mitigación para el escenario que supone un 50% de sustitución, se elevaría a 13.507,2 Gg CO<sub>2</sub>-equivalentes/año.

Es evidente, en primera instancia, que el mayor porcentaje de sustitución por importaciones tendrá que reducir la presión por habilitación de tierras para actividades de cultivos y ganadería; por ello, no debe sorprender la menor superficie cultivada que se alcanzaría en el Año 2020 mitigado, en función de la mayor cuantía de las importaciones de alimentos de origen agrícola, junto a una mayor preservación de las superficies destinadas a vida silvestre (bosque nativo, matorrales y praderas naturales y/o naturalizadas). Pero, al mismo tiempo, esta variable de sustitución por importaciones no debiera repercutir en la actividad forestal, por lo que se estimó similares expansiones de la superficie bajo plantaciones forestales.

Desde la perspectiva del inventario de gases invernadero, la evaluación del impacto de la implementación de un programa de mitigación debe considerar que se parte de Casos Base diferentes, según el grado de sustitución por importaciones. Así, el escenario

Caso Base con 30% de sustitución, involucraría 1.574,7 Gg CO<sub>2</sub>-equivalentes menos de captura que el escenario similar; Caso Base con 50% de sustitución.

Dentro del escenario 50% de sustitución por importaciones, la implementación de medidas mitigatorias significaría un incremento de la captura neta de CO<sub>2</sub> desde -28.806,8 Gg/año en el Caso Base, a -36.454,5 Gg/año. Para los restantes gases estudiados, se verificaría una reducción de emisiones ligeramente superior. Expresados los resultados en CO<sub>2</sub>-equivalentes, el escenario realista Año 2020 mitigado con 50% sustitución de importaciones, tendría una menor capacidad de mitigación, al ser comparado con su equivalente en que se ha supuesto un 30% de sustitución.

Si bien los escenarios mitigados, basados en la condición de 50% de sustitución, conducen a balances netos de captura de carbono de mayor cuantía, ello se debe a que, como se planteó en el párrafo anterior, se parte de un Caso Base con mayor balance de captura de carbono

y no a que la mitigación sea más eficiente. Por el contrario, el porcentaje de incremento de la capacidad neta de captura de carbono es claramente mayor para el escenario que considera un 30% de sustitución por importaciones; así, en un escenario mitigado realista, la mitigación para el escenario con 30% de sustitución, conduciría a un 22.9% de captura adicional, con respecto a similar escenario con 50% de sustitución.

### 6.2.3 ESCENARIOS CASO BASE Y AÑO 2020 MITIGADO AGREGADOS

Las contribuciones agregadas de los Sectores Energía y No Energía al total de emisiones de GEI esperadas para los escenarios Caso Base y Año 2020 Mitigado para 30% y 50% de sustitución de importaciones, se indican en la Tabla 6.34. Se ha incluido el Inventario 1994 para permitir la comparación.

**TABLA 6.34 EMISIONES TOTALES EN LOS ESCENARIOS INVENTARIO 1994, CASO BASE, AÑO 2020 MITIGADO, PARA 30% Y 50% DE SUSTITUCIÓN DE IMPORTACIONES AGROPECUARIAS (Gg)**

Escenario	Gases de Efecto Invernadero			Otros Gases			
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO	NO <sub>x</sub>	COVNM	SO <sub>2</sub>
<b>Año 1994</b>	<b>7.387,7</b>	<b>593,4</b>	<b>24,68</b>	<b>1.920,9</b>	<b>196,4</b>	<b>306,9</b>	<b>1.968,1</b>
Sector Energía <sup>59</sup>	37.097,0	76,3	2,6	896,3	165,8	253,7	1.968,1
Sector no Energía	-29.709,3	517,1	22,08	1.024,6	30,6	53,2	-
<b>Caso Base-30%</b>	<b>68.282,26</b>	<b>989,72</b>	<b>49,89</b>	<b>2.504,72</b>	<b>443,58</b>	<b>167,84</b>	<b>108,2</b>
Sector Energía	96.122,95	131,15	18,77	908,07	395,14	134,41	108,2
Sector no Energía	-27.840,69	858,57	31,12	1.596,65	48,44	33,43	-
<b>Caso Base- 50%</b>	<b>67.316,2</b>	<b>998,67</b>	<b>47,68</b>	<b>2.486,16</b>	<b>442,72</b>	<b>166,93</b>	<b>108,2</b>
Sector Energía	96.122,95	131,15	18,77	908,7	395,14	134,41	108,2
Sector no Energía	-28.806,75	867,52	28,91	1.577,46	47,58	32,52	-
<b>Año 2020 Mitigado -30%</b>	<b>47.445,85</b>	<b>852,68</b>	<b>42,61</b>	<b>1.741,25</b>	<b>382,73</b>	<b>145,38</b>	<b>92,31</b>
Sector Energía	83.113,99	124,09	16,10	805,82	353,68	118,89	92,31
Sector no Energía	-35.668,14	728,59	26,51	935,43	29,05	26,49	-
<b>Año 2020 Mitigado -50%</b>	<b>46.659,66</b>	<b>862,62</b>	<b>40,72</b>	<b>1.727,0</b>	<b>382,07</b>	<b>144,71</b>	<b>92,31</b>
Sector Energía	83.113,99	124,09	16,10	805,82	353,68	118,89	92,31
Sector no Energía	-36.454,53	738,53	24,62	921,18	28,39	25,82	-

Si se analizan las emisiones y capturas brutas, se obtiene el balance entre fuentes y sumideros de CO<sub>2</sub> estimadas para el Caso Base que se muestra en la Tabla 6.35, sensibilizado respecto de niveles de 30% y 50% de sustitución de importaciones.

**TABLA 6.35 BALANCE AGREGADO DE FUENTES Y SUMIDEROS DE CO<sub>2</sub> CASO BASE (30% Y 50% SUST.) (Gg)**

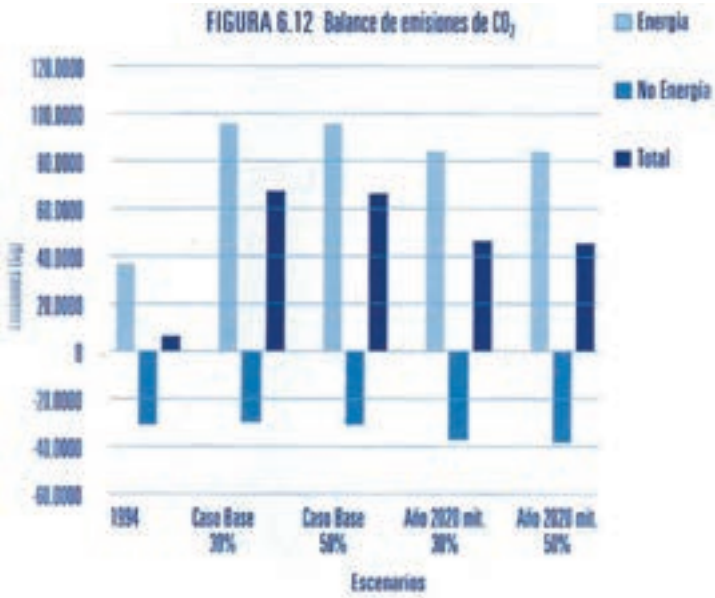
Sector	Emisión		Captura		Saldo neto	
	30%	50%	30%	50%	30%	50%
Energía	96.122,95	96.122,95	0,00	0,00	96.122,95	96.122,95
No Energía	73.264,72	72.585,92	-101.105,41	-101.392,66	-27.840,69	-28.806,74
<b>Totales</b>	<b>169.387,67</b>	<b>168.708,87</b>	<b>-101.105,41</b>	<b>-101.392,66</b>	<b>68.282,26</b>	<b>67.316,21</b>

<sup>59</sup> El Sector Energía incluyó los subsectores Procesos Industriales y Uso de Solventes para efectos del Inventario 1994. Estos subsectores no fueron incluidos en los escenarios futuros.

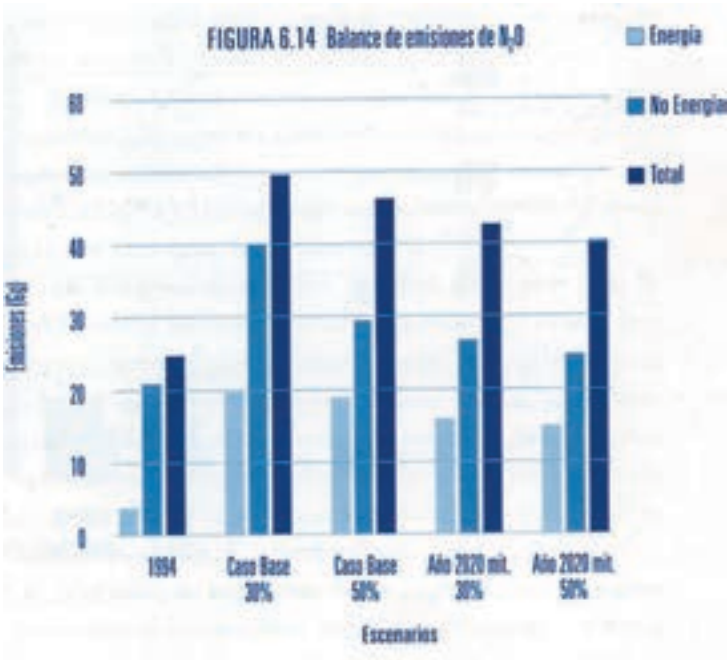
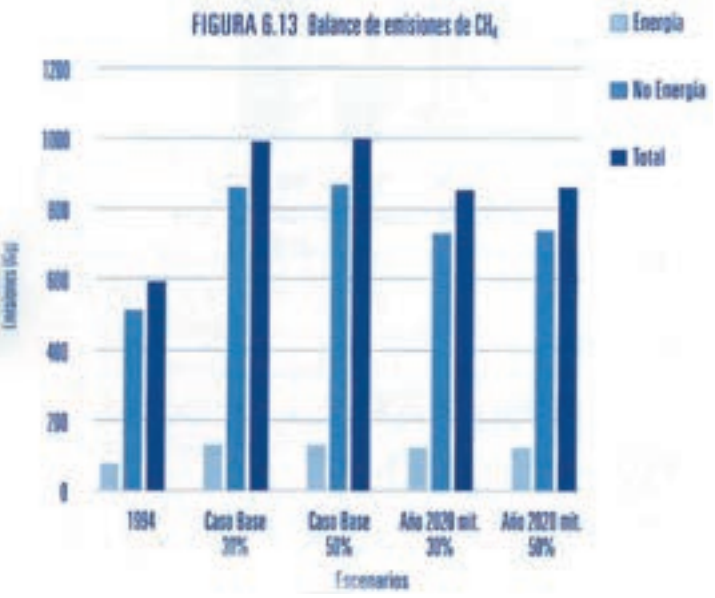
Si se analizan las emisiones y capturas brutas, se obtiene el balance entre fuentes y sumideros de CO<sub>2</sub> estimadas para el Año 2020 mitigado que se muestra en la Tabla 6.36; el análisis incluye la sensibilización respecto de niveles de 30% y 50% de sustitución de importaciones.

TABLA 6.36 BALANCE AGREGADO DE FUENTES Y SUMIDEROS DE CO<sub>2</sub> AÑO 2020 MITIGADO (30% Y 50% SUST) (Gg)

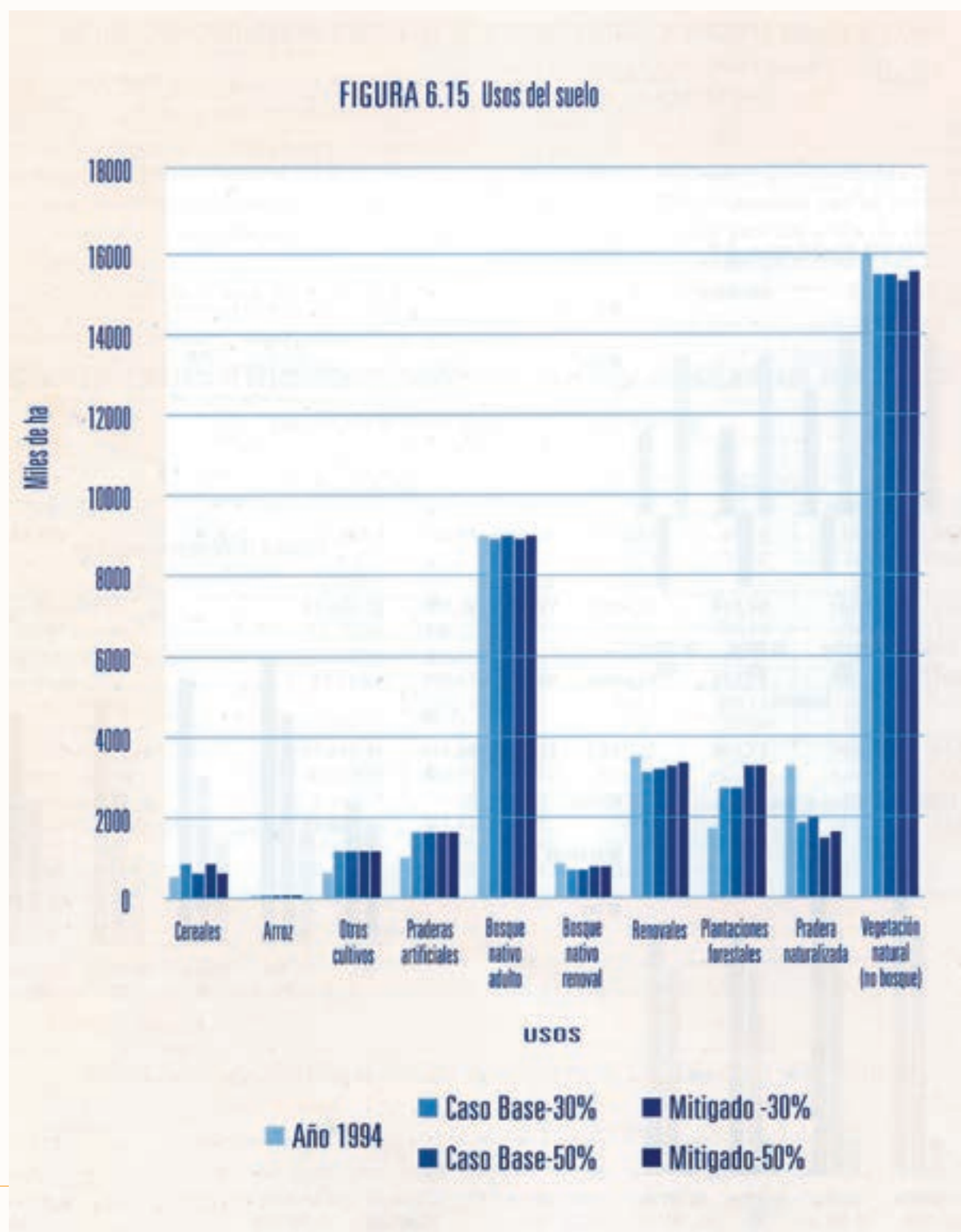
Sector	Emisión		Captura		Saldo neto	
	30%	50%	30%	50%	30%	50%
Energía	83.113,99	83.113,99	0,00	0,00	83.113,99	83.113,99
No Energía	77.311,40	76.871,26	-112.979,54	-113.325,79	-35.668,14	-36.454,53
Totales	160.425,39	159.985,2	-112.979,54	-113.325,79	47.445,85	46.659,46



Las Figuras 6.12, 6.13 y 6.14 siguientes, muestran las variaciones de emisiones sectoriales y totales netas de los gases controlados por a CMCC en los escenarios futuros Caso Base y Mitigado, para 30% y 50% de sustitución de importaciones de productos agropecuarios.



Las variaciones en el uso del suelo resultantes de simular los escenarios futuros de sustitución de importaciones agropecuarias, en comparación con los usos al año de inventario, se muestran en la Figura 6.15 siguiente:



## 6.2.4 EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA APLICACIÓN DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN EN EL SECTOR NO ENERGÍA

### GENERALIDADES

De acuerdo a los antecedentes proporcionados por el modelo AGRI y tomando como base las proyecciones de crecimiento de la economía chilena para los próximos años, indicadas en los supuestos de simulación, las mayores modificaciones en la estructura productiva del sector silvoagropecuario, desde el año 1994 hasta el 2020, se registrarán en la superficie de plantaciones forestales, praderas naturales y/o naturalizadas y en el grado de intervención en el bosque nativo. Por otra parte, al considerar los recientes acuerdos comerciales suscritos por Chile, se visualiza una sustitución importante de la producción nacional por importaciones, lo que tendrá efectos en la estructura productiva del sector agrícola, especialmente en lo relacionado con cultivos tradicionales.

El modelo AGRI no registra una variación de la superficie de cultivos entre el Caso Base y el escenario Año 2020 Mitigado, en ninguna de las percepciones sensibilizadas (pesimista, promedio y optimista). Dada la globalización de los mercados, asumiendo un 30% de sustitución de la producción por importaciones, sobre la base de las actuales condiciones, no se registrarían modificaciones en la superficie global de cereales, arroz, otros cultivos y praderas artificiales.

Entre la situación al año 1994 y el Caso Base, la superficie cultivada aumentará, si eventualmente existiera un 30% de sustitución por importaciones, en un 55,3% para el caso de cereales, mientras que para arroz y otros cultivos, en un 51,4% y en un 87,3%, respectivamente. Con relación a las praderas artificiales, este incremento se estima en un 69,2% para el año 2020.

Las mayores variaciones se observan en la superficie forestal. El modelo AGRI estimó que, bajo un 30% de sustitución por importaciones y con un crecimiento del 5% en la economía del país, ésta se incrementaría desde 1.706,4 a 2.746,6 kha, en el Caso Base año 2020 no mitigado. A partir de esta situación, los aumentos en la

superficie forestal alcanzarían un 9,8%; un 19,4% y un 29,1% para las visiones pesimista, promedio y optimista respectivamente. Gran parte de este aumento se daría a expensas de la superficie de praderas naturalizadas y de la vegetación natural no arbórea.

Sin medidas de mitigación, la conversión del bosque nativo adulto, bosque nativo+renoval y renovales, alcanzaría, de acuerdo a las estimaciones, a 90,8; 138,5 y 394,1 kha, respectivamente, con relación a la superficie existente al año 1994. La superficie de bosque nativo, y sus disminuciones, en condiciones de mitigación, responden a una menor intervención producto de las restricciones a su uso por parte de las acciones del Estado, introducidas al modelo AGRI.

El uso de la tierra, simulado con igual tasa de crecimiento de la economía (5%), y con una sustitución por importaciones del 50%, registra un aumento de la superficie dedicada a la producción agrícola desde 2.220,9 a 3.523,9 kha, habiendo un menor incremento que si la tasa de sustitución fuese de un 30%.

Las diferencias en superficie de terrenos cultivados, para las condiciones de sustitución de 30% y de 50%, no se reflejan en la superficie destinada a la producción forestal; de hecho, los incrementos, entre las condiciones no mitigadas y mitigadas, son equivalentes para las dos condiciones de sustitución por importaciones. La superficie forestal aumentaría en el Caso Base respecto de la superficie registrada en 1994, para condiciones pesimista, promedio y optimista, en un 9,8%, 19,4% y un 29,1%, respectivamente.

Gran parte del incremento de la superficie forestal, en las dos condiciones de sustitución, se realizaría a expensas de las praderas naturales y naturalizadas, que disminuirían en más de 1.000 kha en el Caso Base, en relación a la existencia de 1994. Posteriormente, las disminuciones en praderas son, más o menos, equivalentes a los aumentos correspondientes a las plantaciones forestales registradas para cada uno de los escenarios pesimista, promedio y optimista.

Por razones de importancia económica, se analizó desde el punto



de vista de la evaluación económica, las variaciones en la superficie de las plantaciones forestales para el Año 2020 Mitigado en condiciones pesimista, promedio y optimista, con relación al escenario Caso Base.

Se asumió que el 60% de la superficie de plantaciones, sería plantada con eucaliptos, y el 40% con pino insigne. La evaluación económica estuvo centrada, en consecuencia, en estimar los costos asociados a la expansión de la superficie plantada con árboles forestales.

El aumento de la superficie forestal calculada tiene su fundamento en las modificaciones establecidas en la renovación del Decreto Supremo N° 701, por otros 15 años. Las nuevas disposiciones legales ponen énfasis en estimular a los pequeños y medianos productores en las plantaciones forestales, siempre y cuando los títulos de dominio de la propiedad que se piensa plantar, estén perfectamente saneados. Este requisito, sin embargo, no se cumple por todos los agricultores que supuestamente se verían beneficiados con las nuevas disposiciones legales. No obstante, los agricultores recibirán asistencia técnica del Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP), para facilitar el proceso de saneamiento de títulos de los agricultores.

Se calcula que los potenciales beneficiarios alcanzarían a más de 200 mil productores, poseedores de alrededor de 2.000 kha de tierras susceptibles de ser plantadas y de 27.000 kha que se encontrarían en condiciones de ser reforestadas y protegidas. Se incluye, en esta nueva disposición, las nuevas opciones forestales productivas disponibles para diversificar con otras interesantes especies madereras, además del pino radiata y el eucalipto.

Aún cuando este trabajo de evaluación indica que producto de los distintos escenarios, el bosque nativo se vería beneficiado por diversos instrumentos, especialmente públicos, que determinarían una disminución del número de hectáreas sustituidas y habilitadas con fines agrícolas, no implica la utilización de esta superficie en una explotación racional del bosque, dado que existen diversos estudios que demuestran la posibilidad de utilizar la madera proveniente de bosques nativos con fines comerciales y un nivel de rentabilidad promedio del 12% de tasa interna de retorno. Se agrega a lo anterior, especies tales como Aromo australiano, álamo, castaño, pino oregón, especies que eventualmente podrían presentar alternativas interesantes para diversificar la producción maderera de nuestro país.

Básicamente, el nuevo Decreto Supremo N° 701 opera en suelos de aptitud preferentemente forestal y en los degradados, e incentiva la plantación para prevenir la degradación, y fomentar la protección y recuperación de suelos en el territorio nacional. En este sentido, la ley opera con un fuerte componente ambiental, puesto que la degradación ambiental es común en áreas de ladera, debido a la suma de los factores sociales ligados a este tipo de suelos que

se encuentran en franco deterioro.

Otros objetivos insertos en este nuevo cuerpo legal son modernizar los procedimientos de administración y pago de las bonificaciones forestales, perfeccionar el régimen de aplicación de sanciones y reorientar los incentivos y franquicias tributarias existentes, todo lo cual implicará eventuales modificaciones en las políticas presupuestarias del Fisco para enfrentar adecuadamente estas responsabilidades.

Para aprovechar estos beneficios, los pequeños y medianos propietarios forestales, tienen a su disposición una serie de medidas de apoyo como créditos de enlace a largo plazo del Instituto de Desarrollo Agropecuario para efectuar las plantaciones, cuyos costos netos los pagan cuando reciben la bonificación; asistencia técnica desde el cultivo del bosque hasta la cosecha y para mejorar su gestión empresarial silvícola, así como sanear sus títulos de propiedad, requisito indispensable para postular a la bonificación.

Es importante señalar que los terrenos que gozaron de estas bonificaciones durante el periodo de vigencia anterior (1974-1996), no podrán solicitar nuevamente dicho beneficio. Desde el punto de vista operativo, el decreto vigente a la fecha, a partir de 1996, bonifica el 75% de los costos netos de las siguientes actividades, por una sola vez y por cada superficie:

- la forestación de suelos frágiles, ñadis o en áreas en proceso de desertificación
- las actividades de recuperación de suelos de secano no arables y de clase IV de riego, ambos degradados, y la forestación de los mismos
- las actividades de estabilización de dunas y su forestación
- el establecimiento de cortinas cortavientos, en suelos de cualquier clase, que se encuentren degradados o con serio peligro de erosión por acción de los vientos.

En las forestaciones ejecutadas en suelos degradados con pendientes sobre el 100%, la bonificación sube al 90% y podrán ser explotadas comercialmente bajo la modalidad de cortas selectivas o de protección, según sea la especie.

Los beneficiarios de este decreto pueden postular en forma independiente, colectiva o a través de sus organizaciones. Así podrán presentar una solicitud en forma conjunta y un solo estudio técnico o plan de manejo multipredial, ya sea a nivel de comuna, provincia o parte de ellas.

## RESULTADOS

La sensibilización respecto de los escenarios “pesimista - realista - optimista” - desde el punto de vista de la captura- indicó una expansión de 534,2 kha (escenario realista), con rango entre 268,2



**TABLA 6.37 VALORES ACTUALES NETOS PROYECTADOS PARA LOS COSTOS ASOCIADOS A LA APLICACIÓN DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN**

Item	Escenarios Año 2020 Mitigado		
	Pesimista	Realista	Optimista
<b>1. SECTOR PRIVADO</b>			
Hectáreas forestadas/año	10.727	21.367	32.007
Total hectáreas forestadas	268.160	534.167	800.174
Costo Plantación (millones de US\$)	42,86	85,37	127,88
Costo Total (millones de US\$)	78,98	157,33	235,68
(Incluye cercos, manejo, cosecha y plantación)			
<b>Ingreso Total (millones de US\$)</b>	<b>145,24</b>	<b>289,31</b>	<b>521,03</b>
<b>2. SECTOR PÚBLICO</b>			
Total Bonificación del Estado (millones de US\$)	5,6	11,15	16,30
Total Gastos Administración y Dirección (millones de US\$)	145,42	148,75	151,59
<b>Total Gastos del Estado (millones de US\$)</b>	<b>151,52</b>	<b>159,90</b>	<b>168,29</b>

kha (pesimista) y 800,2 kha (optimista), en un horizonte de mitigación al año 2020. Los cálculos incluyeron las condiciones de sustitución por importaciones ya mencionadas (30% y 50%), y los costos para el Estado, puesto que éste deberá reforzar las estructuras actuales de dirección, de administración, de normativas y de control y sanción, existentes en la CONAF; no se incluyó los costos por educación, investigación y cambios tecnológicos.

Los resultados obtenidos señalan que los costos totales en que incurriría el sector privado, en las nuevas plantaciones, alcanzarían los US\$ 157,33 millones, con un rango entre US\$ 78,98 millones en el caso pesimista y US\$ 235,68 millones en el caso optimista. Sin embargo, los ingresos privados serían largamente superiores a los costos del sector; lo que produciría una situación económicamente ventajosa para este sector: los ingresos correspondientes a los tres escenarios llegarían a los US\$ 289,31 millones como promedio, con un rango entre US\$ 145,24 millones en el caso pesimista y US\$ 521,03 millones en el mejor de los casos.

Los costos totales en que incurriría el sector público incluyen las bonificaciones entregadas en virtud del Decreto Supremo N° 701, y los gastos de reforzamiento de la capacidad de administración, dirección, fiscalización, elaboración de normativas y aplicación de sanciones de la Corporación Nacional Forestal. En el mismo horizonte de evaluación, e igual tasa de descuento, los costos para el Estado de Chile se elevan a US\$ 154,80 millones en promedio, con un rango de variación que va desde los US\$ 151,52 millones a los US\$ 168,29 millones.

En la Tabla 6.37, se muestra la estructura de los costos e ingresos en términos de los costos y beneficios percibidos por el sector privado y los costos asociados al sector público. Estos valores están expresados en US\$ considerando un cambio de Ch\$530 por 1 US\$. El horizonte de evaluación es de 25 años, con una tasa de descuento del 12%.

## 6.3 ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD Y ADAPTACIÓN

### 6.3.1 ANTECEDENTES PRELIMINARES

Chile podría ser uno de los países significativamente afectados por el cambio climático, incluyendo los impactos sociales y económicos generados por la aplicación de medidas de respuesta ante ellos, puesto que presenta las características de vulnerabilidad tipificadas en el Artículo 4.8 de la Convención:

- Zonas costeras bajas
- Zonas áridas y semiáridas
- Áreas susceptibles de deforestación o erosión
- Áreas propensas a los desastres naturales
- Áreas propensas a la sequía y la desertificación
- Áreas urbanas altamente contaminadas
- Ecosistemas frágiles, particularmente, ecosistemas de altura

Chile ha realizado esfuerzos para identificar y evaluar el impacto del cambio climático en áreas particularmente sensibles. El primer estudio relacionado con este tema fue ejecutado por el Grupo Nacional de Chile de Cambio Climático de la Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS), publicado en 1997.

En este primer estudio, denominado “Evaluación de la vulnerabilidad de las áreas costeras a incrementos en el nivel del mar como consecuencia del calentamiento global: Caso de Estudio - Bahía de Concepción”, se realizó una evaluación general de los potenciales impactos para Chile, y se utilizó la metodología PICC (1991) “The seven steps to the assesment of the vulnerability of Coastal Areas to sea level rise”, para analizar la situación particular de dicha bahía.

En la evaluación general se analizó los impactos sobre las siguientes áreas consideradas sensibles al cambio climático en Chile: centros poblados costeros, pesquería artesanal, fuentes de agua potable, recursos hídricos, agricultura, silvicultura, recursos marinos renovables, turismo en áreas costeras.

Si bien se trató de un estudio preliminar, este trabajo permitió una primera aproximación a los probables efectos de los cambios climáticos sobre el sistema socioeconómico chileno. El extenso borde costero chileno, en donde se ubica alrededor de un 21% de la población nacional, la magnitud de su territorio sometido a condiciones de extrema aridez y la significativa proporción de su economía que descansa en la dotación de recursos naturales, hacen de las actividades agrícolas y forestales, el turismo, la pesca industrial y artesanal y el abastecimiento de recursos hídricos áreas particularmente sensibles a los efectos del cambio climático.

### 6.3.2 ESTUDIOS DE VULNERABILIDAD Y ADAPTACIÓN RECIENTES

Las conclusiones del estudio de caso mencionado anteriormente relevaron la necesidad de un mejoramiento sustancial del estado del conocimiento respecto de este tema y sus implicancias para el país.

La cabal identificación de las áreas y actividades vulnerables, la caracterización de sus respuestas ante el cambio climático y un mejor conocimiento de los vínculos intersectoriales, resultan pilares fundamentales para cualquier evaluación de medidas de adaptación, la estimación de sus costos asociados y, eventualmente, de los beneficios indirectos asociados. La aplicación oportuna de estas medidas, en el marco de restricciones de las prioridades nacionales, sólo será posible en la medida en que los más altos niveles de decisión manejen información confiable y basada en la mejor ciencia disponible, respeto del cambio climático y sus consecuencias para Chile.

La ejecución de estudios detallados de vulnerabilidad en las áreas sensibles detectadas debió esperar hasta el año 1998, en que bajo la modalidad Enabling Activities propiciadas por GEF, se dio inicio a los estudios de vulnerabilidad y adaptación que sirven de base para esta Comunicación Nacional.

Los estudios de vulnerabilidad abarcaron las áreas de mayor sensibilidad frente al cambio climático, tanto en términos económicos como sociales: la agricultura, los recursos hídricos, la silvicultura, las

zonas costeras y los recursos pesqueros. La afinidad de determinados sectores y la experiencia de los equipos profesionales en la investigación científica relacionada con las actividades y recursos identificados como sensibles, motivaron la separación del trabajo de análisis y evaluación de vulnerabilidad en dos grandes estudios:

- Análisis de Vulnerabilidad y Adaptación en Agricultura, Recursos Hídricos y Silvicultura, realizado por el Centro AGRIMED, perteneciente a la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad de Chile, y
- Análisis de Vulnerabilidad y Adaptación en Zonas Costeras y Recursos Pesqueros, que está siendo ejecutado por el Centro EULA, de la Universidad de Concepción.

#### 6.3.2.1 ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD Y ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN CHILE: AGRICULTURA, RECURSOS HÍDRICOS Y SILVICULTURA

El estudio centró sus esfuerzos en el análisis y la evaluación de la vulnerabilidad de la agricultura frente a las variaciones del clima, el análisis de la vulnerabilidad de los tipos forestales frente a los regímenes hídricos, y el análisis de variaciones de escorrentía superficial promedio anual por efecto de cambios climáticos. Como parámetro indicativo del cambio climático, fue usada la concentración atmosférica de  $\text{CO}_2$ , proyectando una duplicación de la concentración observada en 1990 o Escenario Futuro  $2^*\text{CO}_2$ .

El alcance de los cambios climáticos globales ha motivado una gran controversia en las últimas dos décadas. No obstante, en los últimos años la comunidad científica concuerda en que los efectos probablemente observados serán:

- La temperatura de equilibrio necesariamente será superior a la actual
- El cambio del régimen térmico de la atmósfera tendrá consecuencias sobre los regímenes pluviométricos en distintas partes del planeta
- Las regiones que en la actualidad son lluviosas tenderán a aumentar sus montos pluviométricos y aquellas regiones áridas

verán probablemente disminuida su pluviometría

- El calentamiento global podría modificar la estacionalidad de las precipitaciones
- La radiación solar podría disminuir en las áreas sobre las cuales se forme una mayor nubosidad
- La variabilidad climática interanual deberá aumentar haciendo al clima más impredecible.

La complejidad de estas modificaciones del clima hace difícil predecir sus consecuencias sobre las diversas actividades humanas. La combinación de los elementos del clima provocará respuestas igualmente complejas en los sistemas con componentes biológicos, en particular, en los ecosistemas naturales y los sistemas agrícolas.

**METODOLOGÍA**

La metodología aplicada se fundamentó en la realización de dos grandes tareas: la determinación de las variaciones climáticas de cada comuna del país en el Escenario Futuro 2\*CO<sub>2</sub> - en términos de precipitaciones, temperaturas, radiación solar y variables agroclimáticas derivadas - y la simulación de los probables efectos de estas variaciones climáticas en los recursos objeto de análisis. El esquema metodológico aplicado consideró las siguientes etapas:

*A. Caracterización del clima actual y las variaciones esperadas en el Escenario Futuro 2\*CO<sub>2</sub>:*

- La caracterización climática comunal sobre la base del registro histórico de parámetros meteorológicos relevantes y variables derivadas. Formación de bases de datos y representación cartográfica

Las variables primarias y derivadas recopiladas, calculadas y representadas cartográficamente, se indican en la Tabla 6.38 siguiente.

**TABLA 6.38 VARIABLES EMPLEADAS EN LA CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA DEL ESCENARIO FUTURO**

<b><i>Variables meteorológicas primarias</i></b>	<b><i>Variables meteorológicas derivadas</i></b>
Temperatura (TMP) media máxima meses de Julio y Enero	Sumatoria anual días grado (Base 10°C)
Temperatura media mínima meses de Julio y Enero	Sumatoria anual horas de frío (Base 7°C)
Radiación solar mensual (RS)	Longitud del período libre de heladas (días/año)
Humedad relativa (HR)	Número total de heladas
Evapotranspiración potencial (ETP)	Número anual de días cálidos (T <sub>máx</sub> (25°C))
Precipitación (PP) media mensual	Longitud del período de receso vegetativo (T( 10°C))
Precipitación media anual	Déficit hídrico anual (PP-ETP) , valores negativos
	Excedente hídrico anual (PP - ETP) valores positivos
	Longitud de estaciones secas y húmedas
	Indices de humedad (PP/ETP)

- Aplicación de modelos de Circulación General de la Atmósfera a escala nacional, para obtener los valores esperados de temperatura, precipitaciones y radiación solar en el Escenario Futuro 2\*CO<sub>2</sub>
- Cálculo de las variaciones esperadas de los parámetros meteorológicos primarios característicos de cada comuna, y variables derivadas, superponiendo los resultados de la aplicación de los modelos referidos a la caracterización climática comunal histórica
- Caracterización climática futura de cada comuna. Construcción de bases de datos y representación cartográfica

#### B. Generación de escenarios agrícolas. Aplicación del modelo AGRI:

- Caracterización del uso del suelo al año del inventario de GEI (1994)
- Caracterización del uso de la tierra en el Caso Base (año 2020, sin aplicar medias de mitigación de emisiones de GEI)

#### C. Aplicación de modelos biofísicos para evaluar el potencial productivo de cultivos representativos en función de variables climáticas y ecofisiológicas. Aplicación del modelo SIMPROC:

- Ingreso al modelo de variables meteorológicas primarias y derivadas, y variables ecofisiológicas representativas del Escenario Futuro 2\*CO<sub>2</sub> y de los cultivos tipo seleccionados
- Aplicación del modelo a cultivos de invierno, verano y media estación. Evaluación del cambio estimado en el potencial productivo de estos cultivos
- Aplicación del modelo a plantaciones forestales. Evaluación del cambio estimado en el potencial productivo de las plantaciones forestales
- Aplicación del modelo a praderas naturales. Evaluación del cambio estimado en el potencial productivo de las praderas
- Aplicación del modelo a la fruticultura. Evaluación del cambio estimado en el potencial productivo de especies frutales seleccionadas
- Evaluación del impacto productivo del riego y sus implicancias

en el Escenario Futuro 2\*CO<sub>2</sub>

#### D. Evaluación de la vulnerabilidad de tipos forestales a cambios en el régimen hídrico.

#### E. Evaluación de la vulnerabilidad de la agricultura frente a variaciones del clima:

- Diseño y cálculo de índices específicos y globales de vulnerabilidad agrícola
- Comportamiento esperado de los componentes de la vulnerabilidad agrícola

#### F. Evaluación de la vulnerabilidad de los recursos hídricos ante variaciones del clima: variaciones de la escorrentía superficial promedio anual por efecto del cambio climático:

- Selección de cuencas representativas
- Selección de metodologías de simulación hidrológica: modelos estadísticos y balances hídricos
- Aplicación de modelos estadísticos y aplicación de balance hídrico para la determinación de la escorrentía superficial en las cuencas seleccionadas, bajo condiciones climáticas futuras
- Análisis de las variaciones esperadas de la escorrentía superficial y sus implicancias en la disponibilidad de recursos hídricos

Para el análisis de escenarios climáticos futuros, así como para la evaluación de los impactos de los cambios del clima, el estudio realizado ha elegido la comuna como unidad espacial, en virtud de la disponibilidad de información censal y de la posibilidad que ofrece un sistema comunal de agrupar los resultados por provincia y región. Si bien es cierto que las variaciones del clima siguen más bien límites naturales que administrativos, la extensión territorial de las comunas es suficientemente pequeña como para considerar que los cambios climáticos serán homogéneos en su interior.

Siendo la comuna la unidad administrativa básica de nuestro país, la selección de esta unidad como base de estudio tiene el beneficio adicional de definir una unidad territorial mínima para la implementación de las medidas de mitigación.

Las variables meteorológicas primarias representativas de cada comuna fueron obtenidas de los registros históricos y bases de datos existentes a lo largo del país. La aplicación del modelo MASTER CLIMATICO<sup>60</sup> permitió el cálculo de las variables derivadas características de cada comuna.

<sup>60</sup> Este modelo calcula las variables meteorológicas derivadas a partir de variables meteorológicas primarias.

Los escenarios climáticos futuros fueron elaborados sobre la base de la aplicación a escala nacional de los modelos mundiales de circulación general de la atmósfera (GFDL, GISS y UKMO), lo cual permitió obtener un conjunto de valores esperados de precipitaciones, radiación solar y temperaturas en estos escenarios futuros, para distintas latitudes. Los resultados obtenidos de la aplicación de estos modelos fueron promediados y posteriormente atenuados de acuerdo a los resultados del modelo LINK.

Los escenarios futuros del uso del suelo fueron obtenidos del estudio “ Finalización del Inventario de Gases de Efecto Invernadero y Análisis de Opciones de Mitigación, Sector No Energía”, realizado por el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA), también en el marco de las Enabling Activities financiadas por GEF.

La simulación de los cambios en los potenciales productivos de cultivos seleccionados se realizó con el modelo SIMPROC, elaborado por AGRIMED, capaz de integrar en el tiempo las respuestas ecofisiológicas de los cultivos frente a los estímulos climáticos.

Se establecieron tres grandes zonas de incidencia de plagas y enfermedades según condiciones climáticas. Mediante entrevistas a especialistas, se estableció un nivel general del grado de incidencia de plagas y enfermedades por rubro productivo, agrupando las plagas en tres categorías: Insectos y Ácaros, Hongos y Nemátodos.

Las variaciones de la escorrentía superficial en las cuencas bajo estudio, fueron simuladas utilizando modelos hidrológicos estadísticos (modelos basados en regresiones estadísticas para cuencas nivales y modelos de simulación hidrológica en cuencas pluviales), y balances hídricos a nivel medio anual, sobre la base de información de la Dirección General del Aguas del Ministerio de Obras Públicas.

Para la generación de un índice de vulnerabilidad comunal para el sector agrícola, se consideraron diferentes variables que condicionan la susceptibilidad del sector: el total de superficie cultivada, tipo de tenencia de la tierra, superficie de riego, total de población

urbana y rural y grado de intensificación de la agricultura. Así, para cada una de estas variables, fue generado un índice representativo a escala comunal. La vulnerabilidad agrícola comunal resulta entonces de la interacción de los distintos índices calculados, que en conjunto determinan la vulnerabilidad final.

La información requerida para la elaboración de los distintos índices se extrajo del IV Censo Nacional Agropecuario (INE, 1997), donde se obtuvo el tipo de tenencia de la tierra y la superficie asociada a cada clase; superficies de riego, secano y total cultivada; superficie total cultivada por cada rubro productivo (cereales, chacras, frutales, etc.). Los datos de población urbana y rural fueron tomados del último Censo Nacional de Población y Vivienda (INE, 1992).

Es importante notar que la proyección de los posibles impactos de los cambios climáticos no puede hacerse sobre bases únicas y precisas, por lo que ha sido necesario recopilar la experiencia de los profesionales que se desempeñan en el campo, quienes fueron requeridos, a través de una encuesta, para proporcionar su percepción sobre el efecto histórico de las variaciones interanuales del clima.

En este contexto, dentro de los métodos para determinar la vulnerabilidad de los diferentes rubros a los cambios climáticos, fue elaborada una encuesta para inquirir opinión de expertos, dirigida a directores regionales de servicios públicos relacionados, así como a entidades privadas vinculadas al sector agropecuario y forestal, gerentes técnicos de empresas exportadoras y profesores universitarios del área.

La consulta a expertos fue dividida en dos secciones: Agropecuaria y Forestal. Se contempló dos modalidades de respuesta: una valoración de sensibilidad, de acuerdo a una escala numérica y, adicionalmente, un comentario breve sobre la experiencia acumulada respecto de la incidencia de las variaciones climáticas en la producción. Los rubros productivos objeto de consulta y los fenómenos climáticos frente a los cuales estos rubros fueron sensibilizados, se indican en la Tabla 6.39:

**TABLA 6.39 CONSULTA A ESPECIALISTAS: SENSIBILIDAD DE RUBROS PRODUCTIVOS A FENÓMENOS CLIMÁTICOS**

<b>Sección Agropecuaria</b>	<b>Sección Forestal</b>	<b>Fenómeno Climático</b>
Cereales	Áreas Silvestres Protegidas	Sequía
Chacras	Áreas Silvestres sin protección administrativa	Exceso de lluvia
Cultivos Industriales	Bosques de protección	Altas temperaturas
Otros cultivos anuales esenciales	Bosques de producción naturales	Heladas
Hortalizas	Bosques de producción plantados	Falta de frío invernal
Plantas forrajeras		Baja luminosidad
Frutales		Viento
Viñas y Parronales		

## RESULTADOS

*Generación de escenarios climáticos a partir de los Modelos Mundiales de Circulación General de la Atmósfera*

### \* Cambios en la precipitación

Las salidas de los modelos GCM para el Escenario Futuro 2\* CO<sub>2</sub>, indican cambios mayores a 30% en la pluviometría anual de ciertas áreas del país. Considerando que los cambios históricos ocurridos durante todo este siglo llegan en casos extremos a bordear el 35%, se han limitado las variaciones generadas por los modelos GCM a ese mismo valor. Esto supone que en los próximos 40 años, el régimen pluviométrico podría experimentar cambios de la misma magnitud de aquellos que ocurrieron durante todo este siglo.

El mapa de la Figura 6.16, muestra los cambios relativos en la pluviometría: la zona altiplánica podría recibir un incremento de las precipitaciones, como consecuencia de la mayor actividad ciclónica tropical; desde la II Región hasta Puerto Montt en la X Región, la precipitación exhibiría una disminución con respecto al Escenario 1\* CO<sub>2</sub> que podría llegar a 20-25%. De Chiloé al sur, la precipitación podría aumentar haciendo más lluviosos los climas Australes. Esto podría beneficiar las grandes extensiones patagónicas.

### \* Cambios en la temperatura

Los tres modelos utilizados predicen cambios significativos de la temperatura sobre el territorio chileno. Considerando las informaciones recientemente difundidas por el proyecto LINK, que modera los valores generados por los modelos aplicados en este caso, en los resultados de los modelos se han atenuado los cambios por sobre los 3 °C, estimándolos en este valor como máximo.

En la zona norte (I y II regiones), los aumentos de la temperatura estarían por debajo de los 2 °C, mientras que en el centro del país y la región austral, el alza de temperaturas podría bordear los 3°C. La distribución regional de los cambios en la temperatura se muestra en el mapa de la Figura 6.17.

### \* Cambios en el régimen hídrico global

La precipitación anual muestra una significativa disminución, especialmente en la región central de Chile. Esto se puede apreciar en las figuras 6.18 y 6.19. Paralelamente a los cambios en la precipitación (PP), el aumento de la temperatura influirá positivamente sobre la evapotranspiración (ETP).

Con el objetivo de analizar el efecto conjunto de estos dos factores sobre la aridez o humedad global del clima chileno, se ha utilizado el déficit hídrico anual como indicador. Esta variable integra el balance ETP-PP durante todo el año, por lo que su suma anual da una noción global del déficit pluviométrico del clima. El mapa de la

Figura 6.20 muestra los cambios esperados en esta variable. Se aprecia claramente un aumento de la aridez en la zona norte y central del país, la que penetra sensiblemente por el Valle Central entre la Región Metropolitana y la VIII Región. La IX y X Regiones muestran también un cierto aumento en sus déficit hídricos, lo que se aprecia en el detalle de la Figura 6.21. La III y IV Regiones también exhiben un incremento importante en el déficit hídrico con respecto a la situación actual. Al sur de Puerto Montt el déficit hídrico desaparece.

### \* Cambios en el régimen térmico global

Los incrementos en la temperatura modificarán variables secundarias relevantes para el desarrollo de la agricultura, como las heladas, las horas de frío, la ocurrencia de días cálidos y otras. Como un integrador global de la calidez del clima, se ha elegido la sumatoria anual de días grado. Esta variable suma todas las diferencias positivas entre la temperatura media diaria y una base (10°C), durante todo el año.

La figura 6.22 muestra que los climas se harían considerablemente más cálidos, trasladándose las condiciones existentes hoy en la costa de la II Región hasta la IV Región. En el centro del país también se produciría un desplazamiento hacia climas sensiblemente más cálidos. Probablemente, este desplazamiento influirá de manera importante sobre las zonas de cultivo de los frutales y de los cultivos industriales. Igualmente, el potencial ganadero de las regiones australes podría aumentar.

### \* Análisis bioclimático de las estaciones extremas

Las temperaturas máxima del mes más cálido y mínima del mes más frío, entregan una visión de la severidad de las estaciones extremas, lo cual guarda directa relación con el confort humano y con la potencialidad agrícola. En el escenario futuro 2\* CO<sub>2</sub> la mayor parte de las comunas cambian, al menos, una categoría invernal o estival (Ver Figura 6.23).

### \* Análisis de los regímenes hidrotérmicos

Este análisis combina características del régimen térmico con características del régimen hídrico. El régimen térmico se ha dividido globalmente en las categorías subtropical, templado cálido, transicional y templado frío. El régimen hídrico va desde extremadamente seco hasta muy húmedo. En el escenario futuro 2\*CO<sub>2</sub>, los climas se mueven por lo general en una categoría hídrica y, ocasionalmente, en una térmica. En algunas localidades altiplánicas, los potenciales aumentos en la precipitación no alcanzan a compensar los incrementos en la evapotranspiración, por lo que el clima se hace globalmente más seco a pesar de la mayor pluviometría. (Ver Figura 6.24).

FIGURA 6.16 VARIACIÓN PORCENTUAL DE LA PRECIPITACIÓN ANUAL

ESCENARIO 2\* CO<sub>2</sub> RESPECTO ESCENARIO ACTUAL

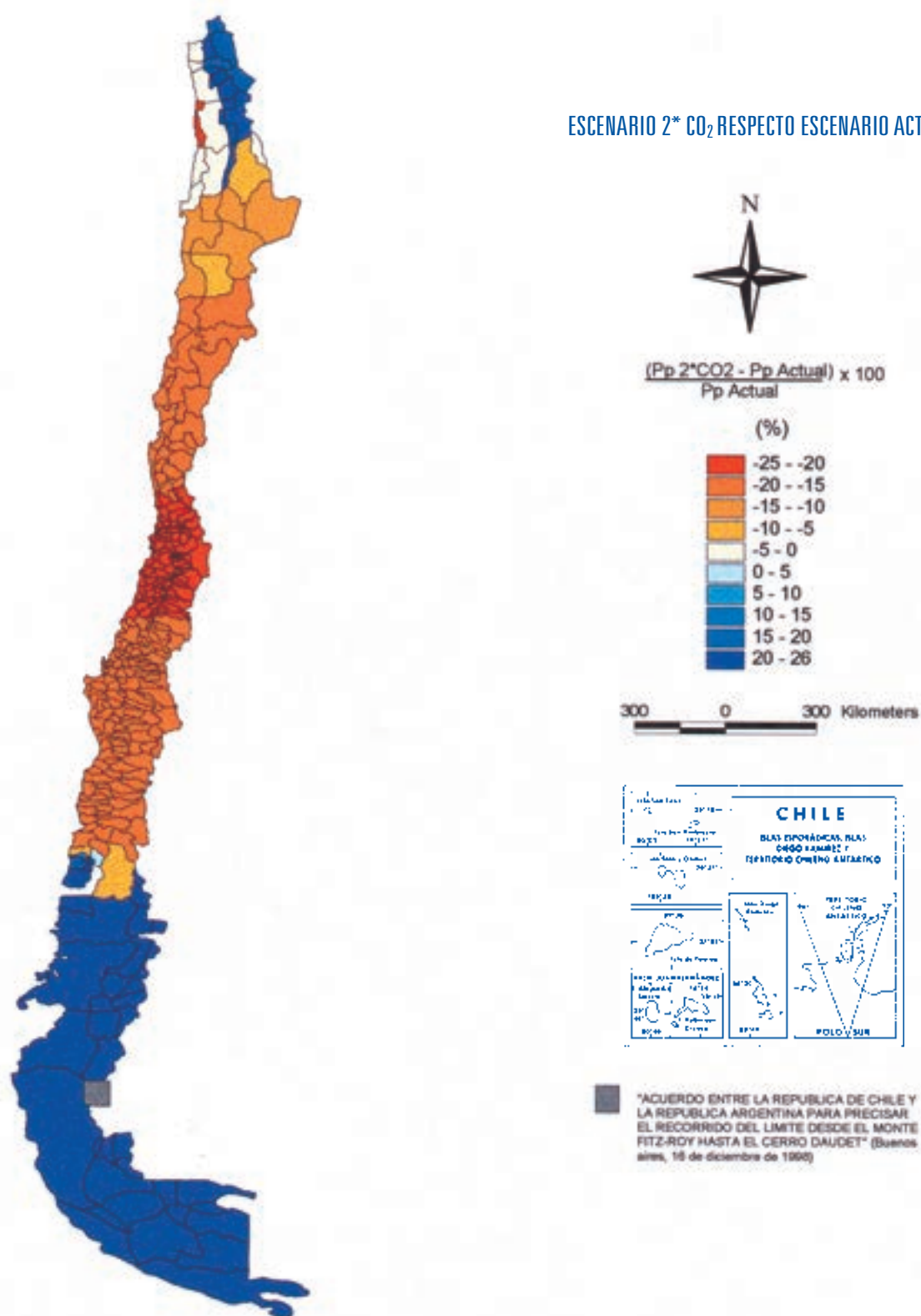




FIGURA 6.17 VARIACIÓN DE LA TEMPERATURA EN °C

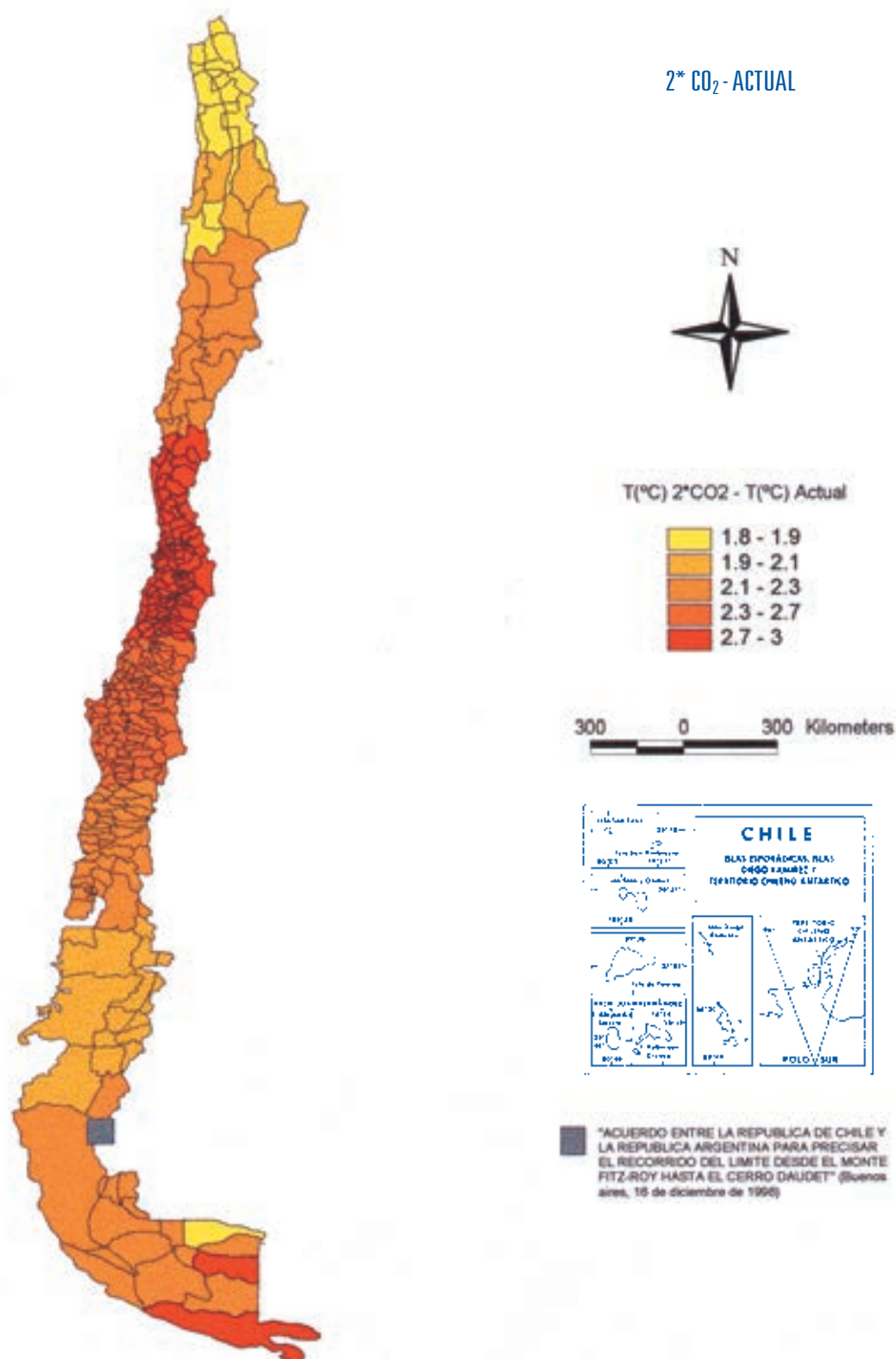


FIGURA 6.18 PRECIPITACIÓN ANUAL

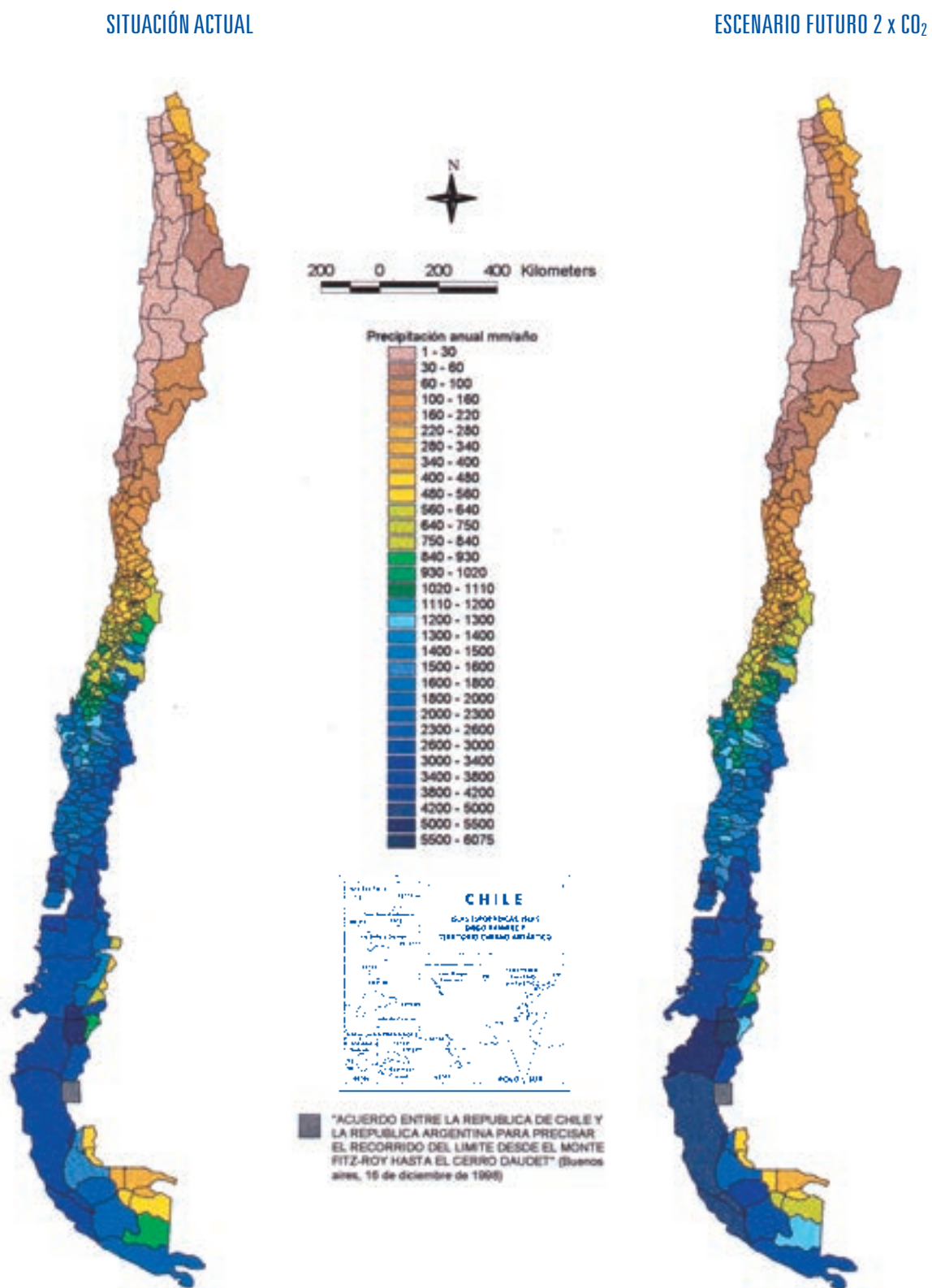


FIGURA 6.19 PRECIPITACIÓN ANUAL

Detalle escala 1: 9.000.000 IV a X regiones

SITUACIÓN ACTUAL

ESCENARIO FUTURO 2 x CO<sub>2</sub>

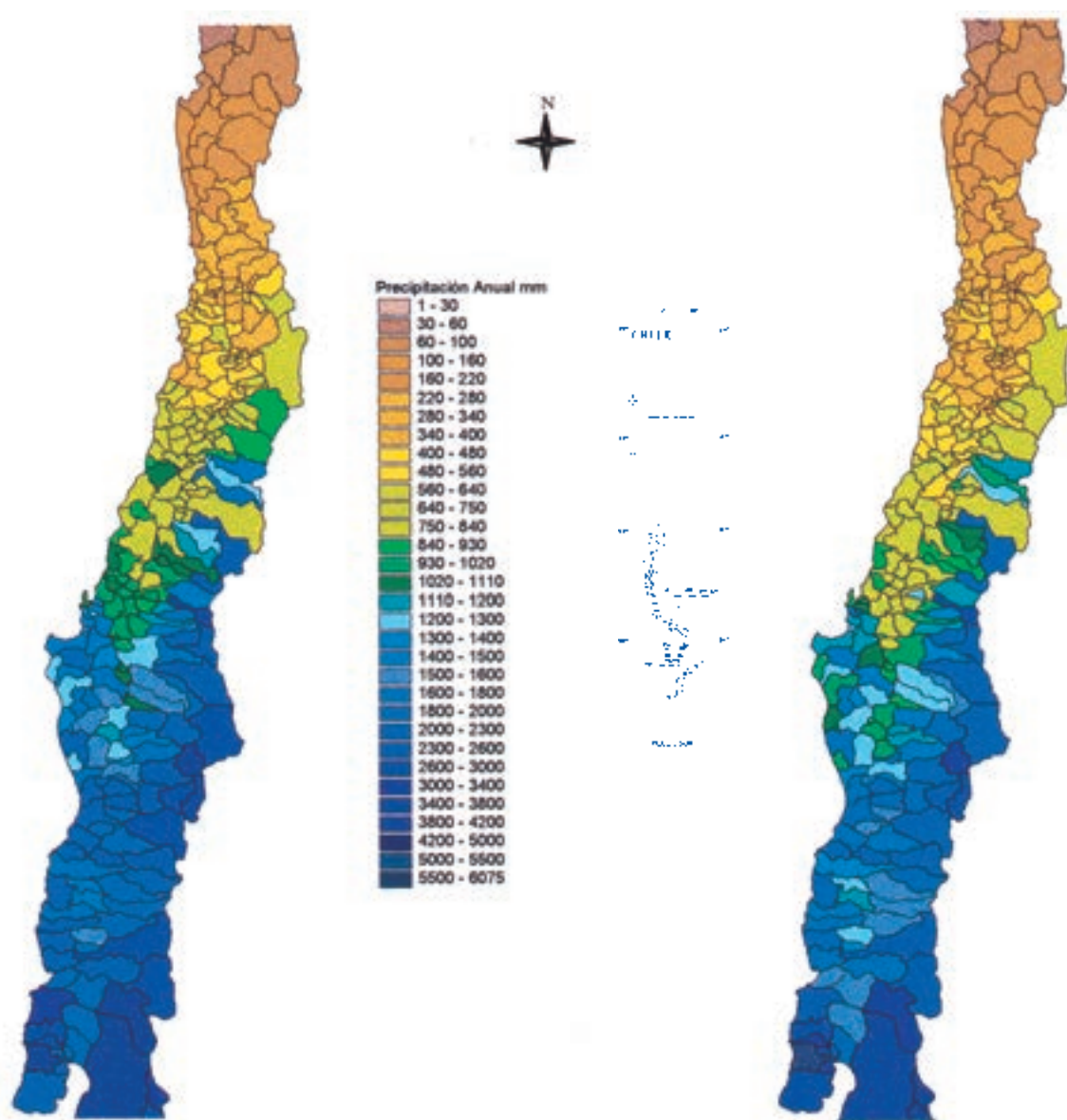


FIGURA 6.20 DÉFICIT HÍDRICO ANUAL

SITUACIÓN ACTUAL

ESCENARIO FUTURO 2 x CO<sub>2</sub>

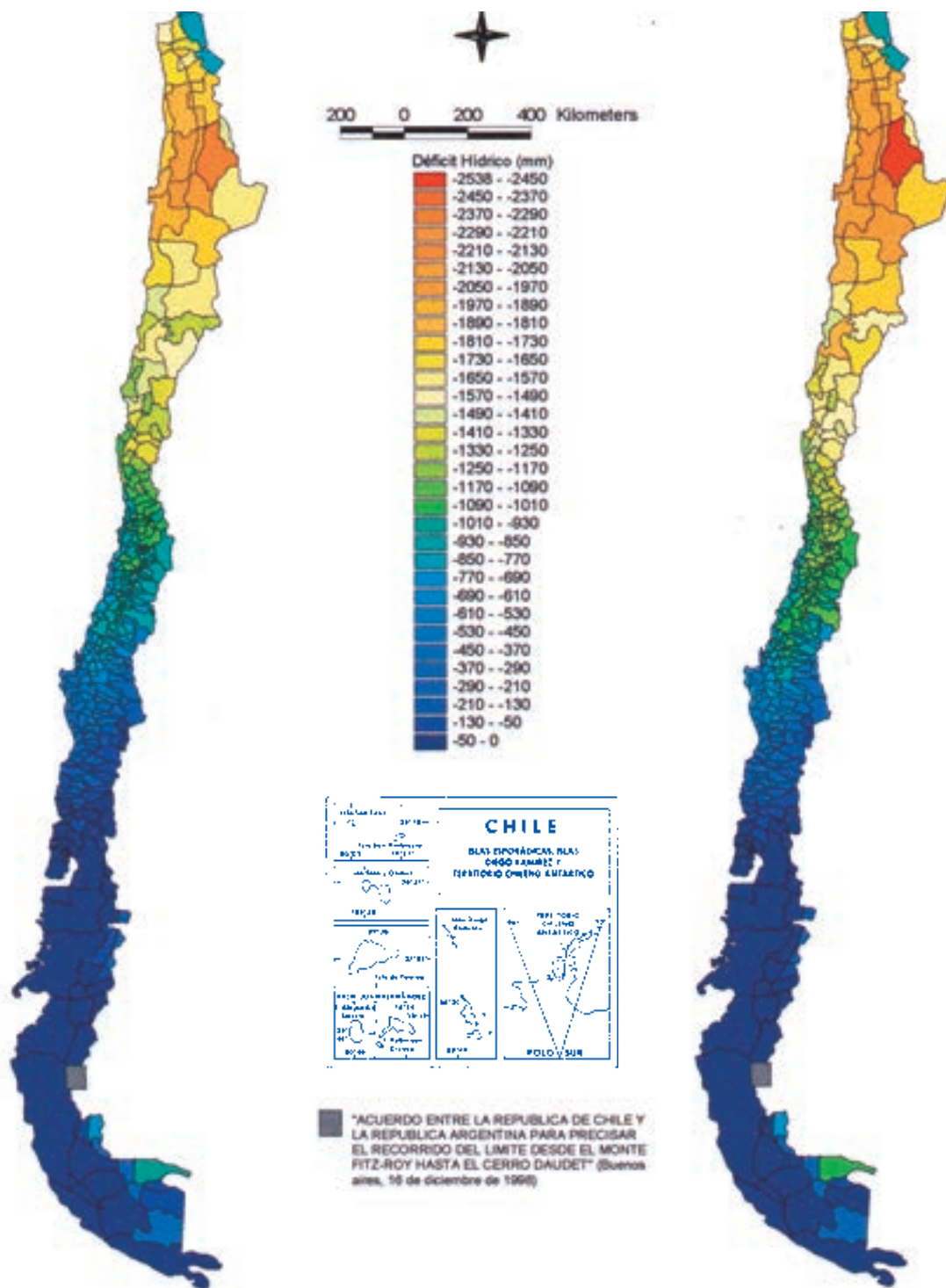


FIGURA 6.21 DÉFICIT HÍDRICO ANUAL Detalle escala 1: 9.000.000 IV a X regiones

SITUACIÓN ACTUAL

ESCENARIO FUTURO 2 x CO<sub>2</sub>

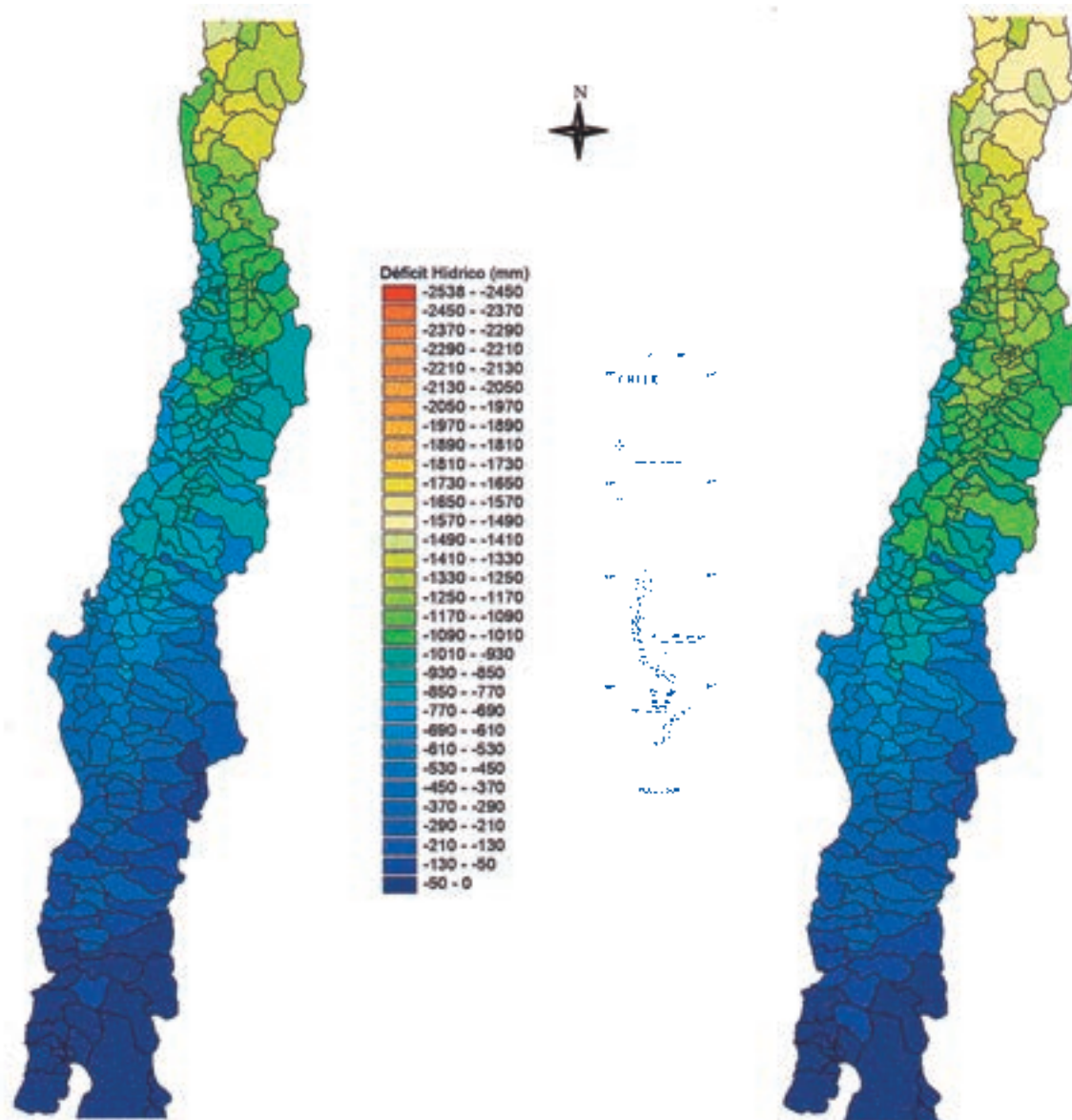




FIGURA 6.22 DÍAS GRADOS ANUALES (BASE 10 °C)

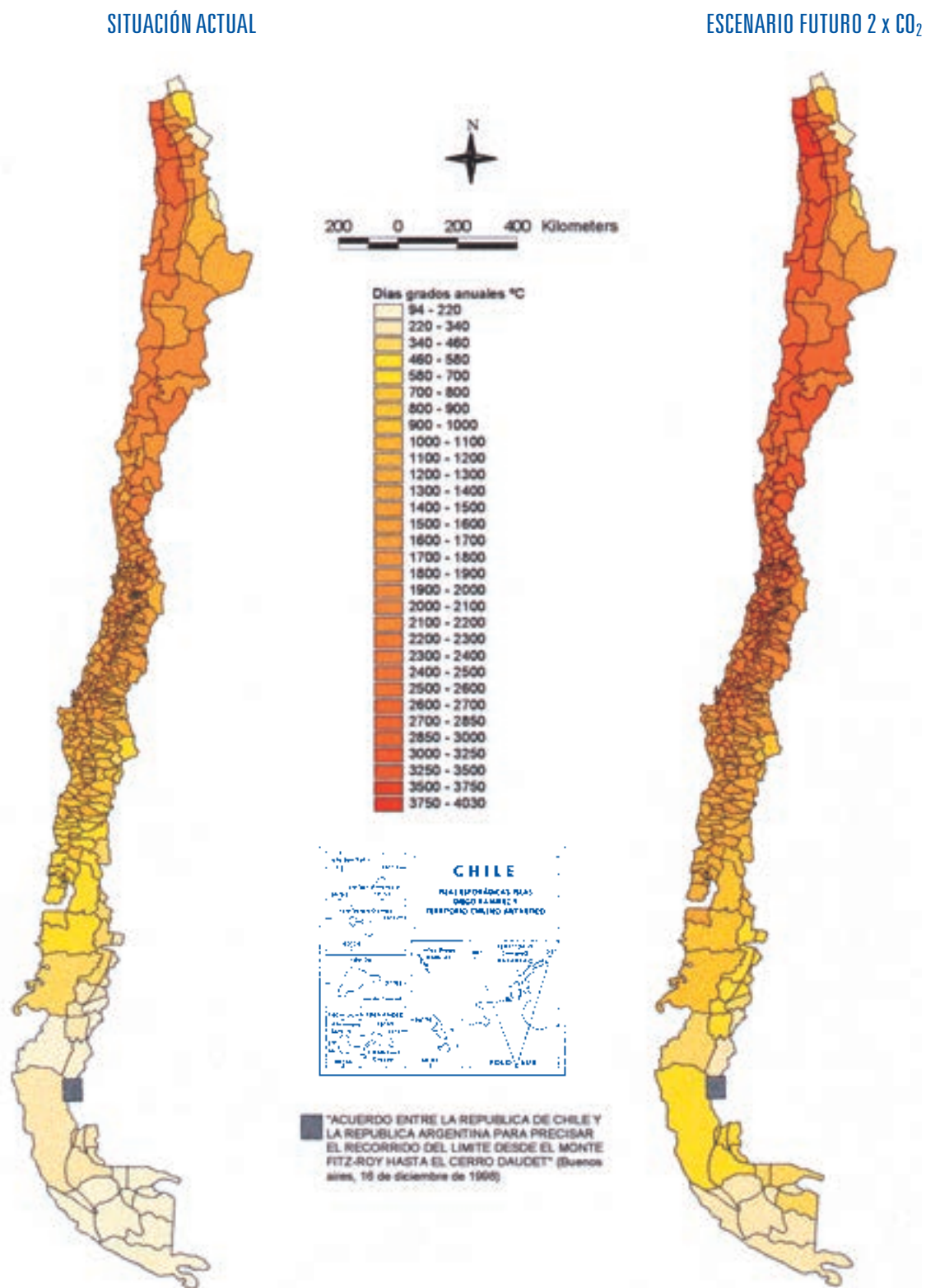


FIGURA 6.23 BIOCLIMAS DE LAS ESTACIONES EXTREMAS

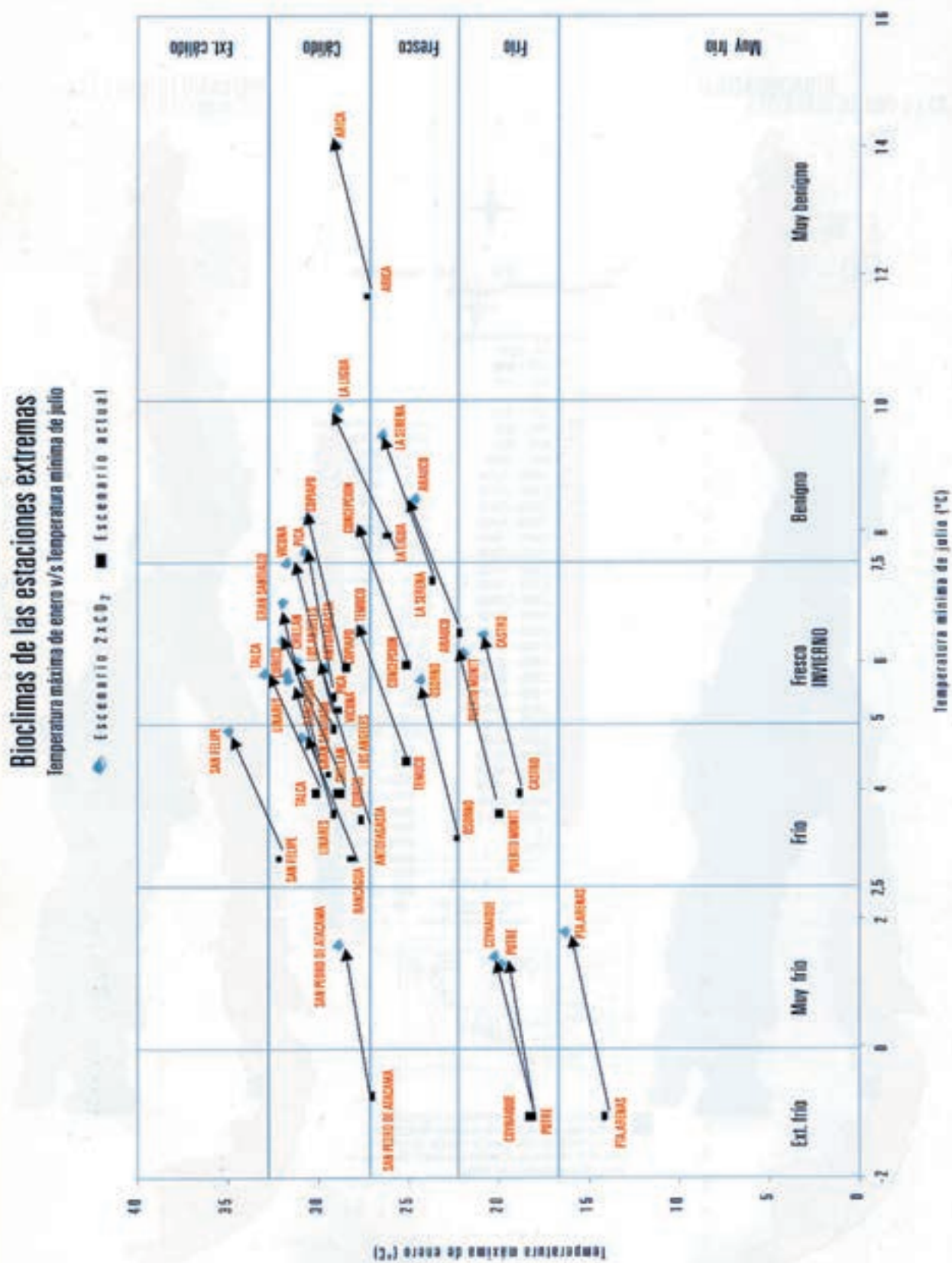




FIGURA 6.24 REGÍMENES HIDROTÉRMICOS

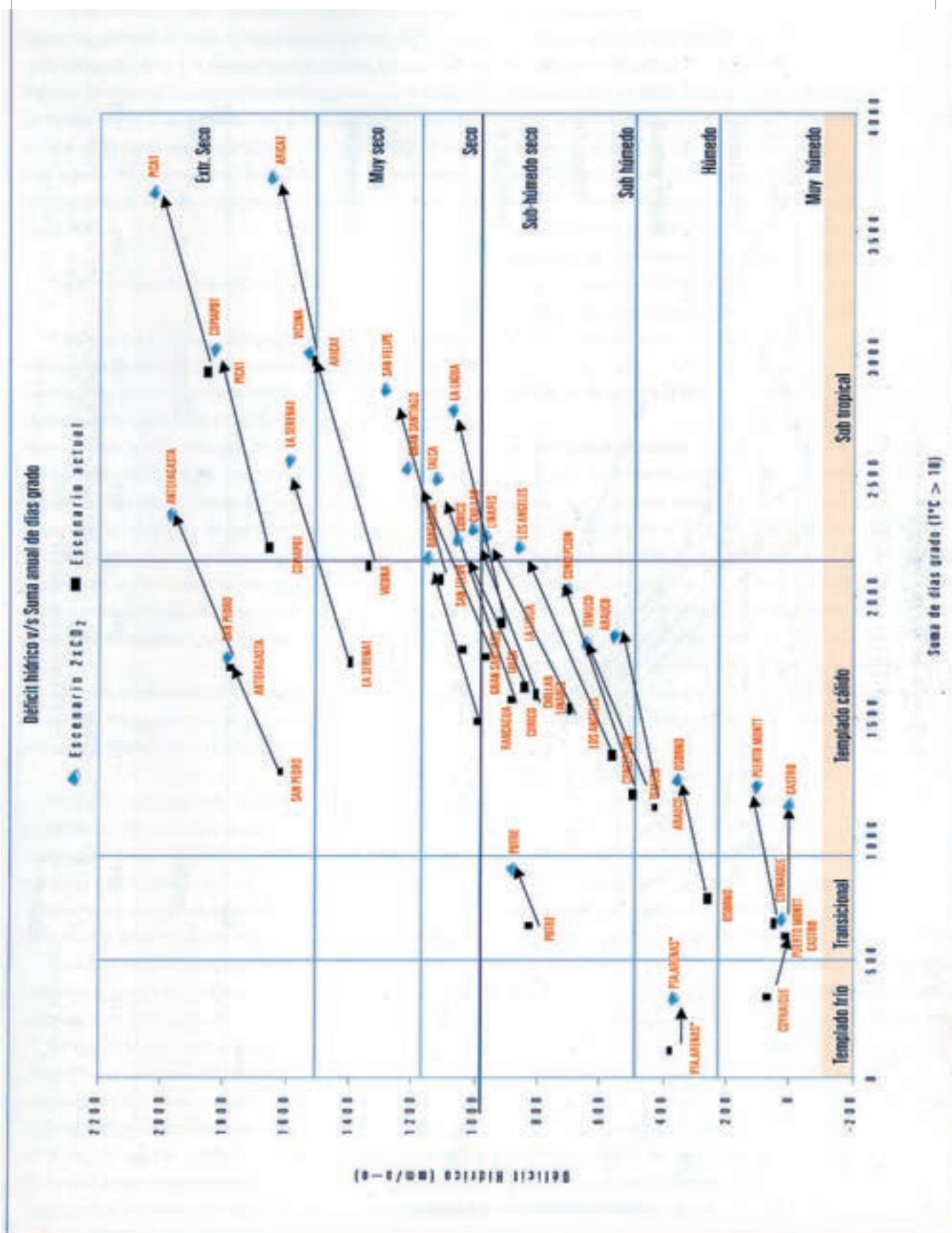
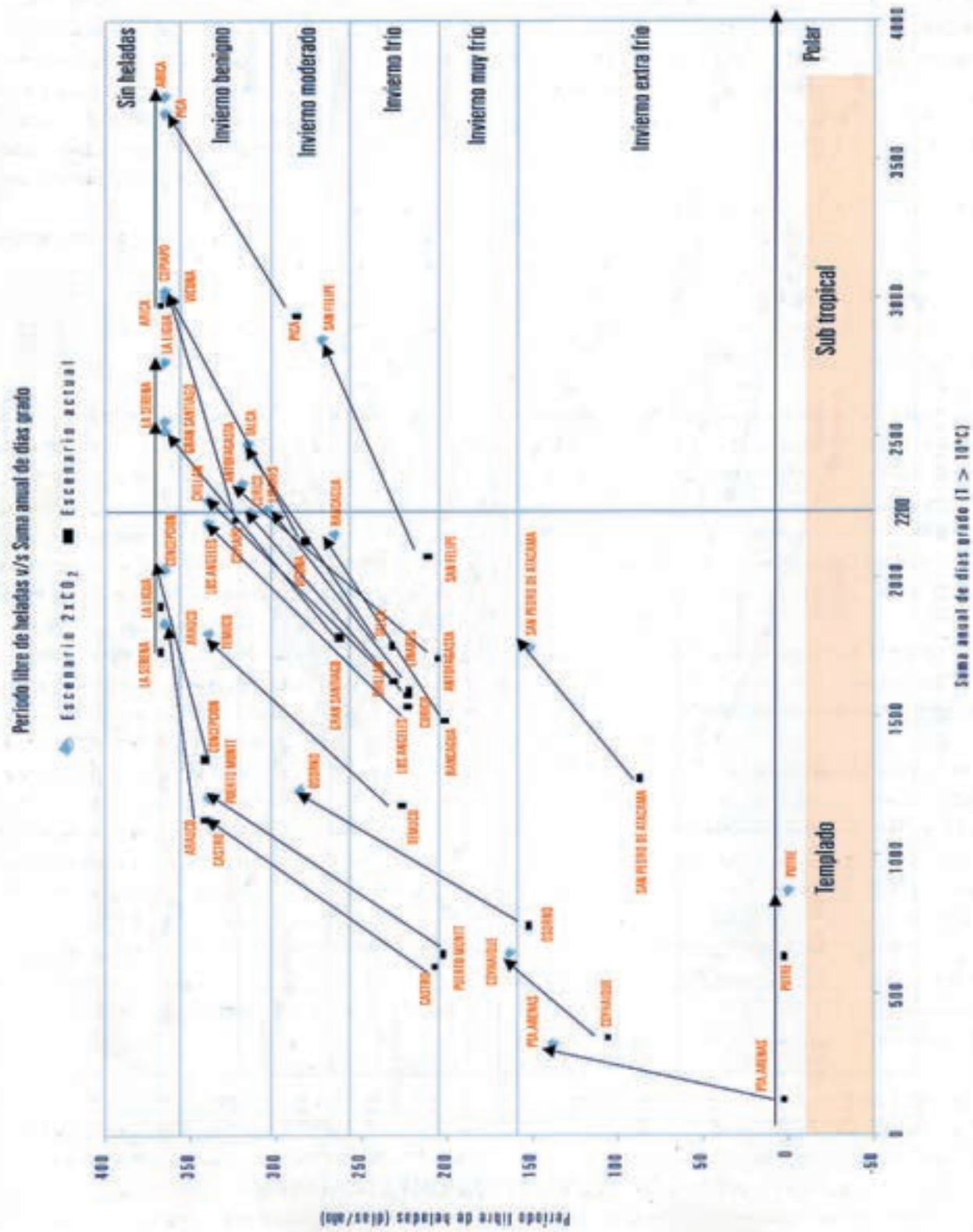


FIGURA 6.25 RÉGIMEN TÉRMICO



### \* **Análisis de los regímenes térmicos**

Se han combinado aquí dos caracteres importantes del régimen térmico: la acumulación anual de días grado -lo que da una idea global de la calidez del clima- y el período libre de heladas, que da una idea del rigor del invierno. Cabe notar la extrema sensibilidad del régimen de heladas frente a un pequeño calentamiento. Muchas localidades cambian dos y hasta tres categorías en el escenario 2\*CO<sub>2</sub>. El efecto más notable del calentamiento atmosférico sería probablemente la atenuación de las heladas en la mayor parte del territorio chileno. (Ver Figura 6.25).

#### *Generación de escenarios agrícolas. Aplicación del modelo AGRI*

Para alcanzar las metas propuestas de crecimiento económico del sector, las superficies cultivadas en la actualidad tendrían que crecer fuertemente dentro de los próximos 25 años. La factibilidad de esto depende de las políticas agrícolas del país, del efecto de los tratados internacionales y de la evolución de los mercados externos.

Una situación similar de crecimiento se debiera observar en el caso de las plantaciones forestales. Como efecto del uso del bosque nativo y de la habilitación de tierras para la agricultura, se esperaría una disminución de la superficie del primero. Esto reposa sobre el supuesto de que se mantienen las tasas actuales de explotación y sustitución. El sector pecuario, por su parte, muestra un crecimiento significativo en aquellos rubros de mayor interés económico.

#### *Aplicación de modelos biofísicos para evaluar el potencial productivo de cultivos representativos en función de variables climáticas y ecofisiológicas. Aplicación del modelo SIMPROC*

Mediante la utilización del modelo SIMPROC (simulador de la productividad de los cultivos), se obtuvo los rendimientos potenciales y fechas de siembra para cinco cultivos representativos de los diferentes rubros productivos, así como también los rendimientos esperados de praderas naturales, plantaciones forestales de Pino radiata y cuatro de las principales especies frutales del ámbito nacional.

El modelamiento de rendimientos potenciales y fechas de siembra fue evaluado para la condición actual de CO<sub>2</sub> atmosférico y para la condición futura del doble del CO<sub>2</sub>.

El incremento de la temperatura, sumado a un aumento del CO<sub>2</sub> atmosférico y un ligero descenso en las precipitaciones, puede reportar efectos positivos o negativos según sea el cultivo y la región analizada. Para el conjunto del territorio nacional, el balance es positivo en la medida que las existencias de agua permitan asegurar la satisfacción de los requerimientos de riego. Quizás es éste el factor de mayor incertidumbre y se transforma, por lo tanto, en

un elemento de riesgo para la agricultura de varias regiones del país, especialmente en la región central.

Para la agricultura de secano, la situación podría ser más negativa en la región centro norte (IV y V Regiones), donde los únicos cultivos de secano son aquellos sembrados en invierno. Por el contrario, a partir de la VI Región, una alza en las temperaturas invernales podría atenuar el régimen de heladas, permitiendo desplazar las siembras de primavera, especialmente en la costa (frejol, maíz, papa) hacia el invierno, aprovechando con ello la humedad del suelo y las precipitaciones invernales. Esta situación muestra la complejidad de las respuestas productivas de las distintas especies, frente a la variación conjunta de los parámetros climáticos.

A continuación, se analizan las respuestas potenciales de algunos cultivos frente al escenario climático 2\*CO<sub>2</sub>:

### \* **Cultivos de invierno: Trigo**

#### **Potencial de producción**

El trigo es uno de los cultivos más rústicos frente a las condiciones climáticas, y, quizás, una de las especies que es cultivada en la mayor gama de latitudes. En el escenario climático actual, el potencial de rendimiento es bastante homogéneo hasta la VIII Región. Por la costa de la IX Región, los rendimientos comienzan a declinar, producto de la excesiva humedad invernal en el suelo, así como de las precipitaciones de primavera-verano que deprimen los rendimientos. Por el centro del país, el potencial se mantiene próximo a los 100 quintales hasta las cercanías de Puerto Montt. De allí al sur, el potencial declina rápidamente debido a las bajas temperaturas de primavera, al exceso de humedad del suelo y a las lluvias de verano-otoño que dificultan la cosecha.

En el escenario 2\* CO<sub>2</sub>, el potencial en riego tiende a mejorar tanto en la costa como en la precordillera, donde las temperaturas se mantienen frescas en primavera-verano, pero con un invierno notablemente más benigno. Hacia el Valle Central, el mejoramiento de las condiciones del invierno es anulado por las altas temperaturas de primavera-verano, manteniéndose el potencial en torno de los 100 quintales. Hacia Chiloé, un posible aumento de las precipitaciones estivales podría ser negativa para los potenciales de producción de cereales. En secano, las condiciones futuras empeoran entre la IV y VI Regiones. De allí al sur, las condiciones mejoran hasta Puerto Montt.

#### **Estacionalidad de siembra**

En el escenario actual, la zona Norte y Central exhiben los mejores resultados con siembras de otoño-invierno, lo que le permite al trigo beneficiarse del clima fresco de invierno durante la mayor parte de su ciclo. De la VIII Región al sur, las siembras de primavera se muestran menos riesgosas, aún cuando las siembras de invierno son

perfectamente posibles, especialmente en la costa, con climas marítimos.

En el escenario 2\* CO<sub>2</sub> no cambia mayormente la estacionalidad en toda la zona Central, observándose una penetración de las siembras de otoño hasta la IX Región. En la X Región se mantienen las siembras de primavera como las más recomendables.

#### **\* Cultivos de verano: Maíz**

Siendo éste un cultivo exigente en temperatura, el potencial de producción se expandiría considerablemente en el escenario 2\* CO<sub>2</sub>, con respecto a la situación actual. En toda la zona Central, las mejores condiciones se crearían en la costa y la precordillera, donde las temperaturas se mantendrían moderadas en verano. Hacia el centro (Valle Central), el potencial, siendo bueno, sería algo inferior, debido a que las temperaturas muy altas podrían inducir demasiada precocidad, con la consecuente reducción de los rendimientos.

#### **\* Cultivos de media estación: Papa**

La papa es un cultivo que se beneficia de los climas suaves, sin temperaturas diurnas muy elevadas y con noches frescas que estimulan la formación de los tubérculos. Por esta razón, en el escenario actual las mejores condiciones de producción se sitúan, tanto en la costa como en la precordillera, entre las Regiones VI y IX, alcanzando rendimientos que superan las 30 toneladas. En el escenario 2\* CO<sub>2</sub>, las condiciones mejoran en riego, avanzando sensiblemente la zona óptima hacia el sur, incluyendo parte de Chiloé. Los sectores transandinos de la región austral observan un mejoría importante (especialmente Chile Chico).

En secano, en cambio, las condiciones están algo más restringidas, siendo la X Región la que exhibe las mejores condiciones actuales. En el escenario 2\* CO<sub>2</sub>, las condiciones para la producción en secano mejoran tanto en la zona Central como en la X Región. Esta mejoría está asociada a cambios en las fechas de siembra, lo que permitiría aprovechar mejor el agua de las precipitaciones invernales.

#### **\* Plantaciones forestales**

Con el objetivo de proyectar los posibles cambios en el potencial forestal del territorio, se ha estudiado el Pino (*Pinus radiata*) por ser la especie más plantada en el país. En el escenario climático actual, las mayores productividades potenciales ocurren en la costa de las regiones VIII y IX, donde se alcanzan productividades entre 29 y 35 m<sup>3</sup>/ha año. Desde este núcleo máximo, las productividades decrecen

gradualmente hacia el norte hasta hacerse insignificantes en el límite de las regiones V y IV. Al sur de la IX Región, se produce igualmente un decrecimiento gradual hasta la XI Región y parte de Magallanes, donde las productividades se hacen nuevamente insignificantes.

En el escenario 2\* CO<sub>2</sub> se produce un notable deterioro del potencial en las regiones V, VI y parte de la VII Región. Por el contrario, se observa una notable expansión de la zona de mayor potencial desde la VIII Región hacia el sur. El potencial forestal de la X Región aumenta sensiblemente, expandiéndose hacia el interior y la precordillera. Incluso en las Regiones XI y XII podría producirse un mejoramiento de los potenciales de producción.

#### **\* Praderas naturales**

Las praderas naturales chilenas tienen una alta dependencia de las precipitaciones de invierno-primavera y de la humedad almacenada en el suelo, para poder sostener el crecimiento durante el período estival. En el escenario actual, la producción de biomasa de las praderas anuales comienza a ser significativa desde la IV Región al sur. En el límite norte de la IV Región, se observan productividades medias tan bajas como 100 o 200 kg de materia seca /ha año.

La productividad crece gradualmente hacia el sur, a medida que las precipitaciones aumentan, llegando a su máximo en la X Región, donde se optimiza la combinación entre la disponibilidad de agua y de temperatura. En buenas condiciones de crecimiento, las productividades herbáceas pueden superar los 6.000 kg/ha año.

En el escenario 2\* CO<sub>2</sub> se aprecia una sensible caída en la productividad de las praderas anuales entre la IV y la IX Regiones. Esto, probablemente como una respuesta a la menor disponibilidad de agua en el suelo. Esta tendencia decreciente se detiene en la X Región, donde las condiciones se mantienen alrededor de las actuales. En la XI Región se observa un deterioro en la producción asociado, probablemente, a un exceso de agua en el suelo como consecuencia de una mayor pluviometría. No obstante, en las áreas secas de Tierra del Fuego, hacia el sector oriental, la productividad podría aumentar junto con el aumento de la pluviometría en las regiones australes.

En las zonas altiplánicas del extremo norte del país, las praderas naturales podrían beneficiarse de una mayor pluviometría, mejorando su rendimiento actual.

#### **\* Fruticultura**

Respecto de la evaluación de los impactos del cambio climático en la fruticultura, se seleccionó 4 especies indicadoras: Vid y duraznero (de climas templado-cálidos de régimen mediterráneo), manzano (de climas templados) y naranjo (subtropical).

### **Fruticultura de clima templado-cálido de régimen mediterráneo: vides y durazneros**

En el escenario actual, las vides producen entre la I y VIII Regiones. Hacia el extremo norte (I a III Regiones), la productividad cae como consecuencia de la precocidad originada en las temperaturas altas de invierno y primavera, que inducen una brotación muy temprana. La zona más productiva se ubica entre las regiones Metropolitana y VII. De allí hacia el sur, las condiciones se deterioran como consecuencia de la disminución de la luminosidad, de la temperatura estival y del aumento de las precipitaciones y las heladas tardías de primavera.

En el escenario 2\* CO<sub>2</sub>, estas limitaciones se trasladan hacia el sur, produciéndose una importante expansión de las zonas productivas tanto hacia el norte como hacia el sur. En este escenario, la vid es fuertemente beneficiada por la atenuación del régimen de heladas hacia los sectores interiores del territorio. Junto al beneficio productivo que esto significa, como contrapartida podría producirse un aumento de la precocidad en la maduración, perdiendo con ello las ventajas competitivas actuales que exhibe el norte del territorio.

Por ser ésta una especie ecofisiológicamente similar a la vid, el panorama que presenta el duraznero, tanto en el escenario actual como en el 2\* CO<sub>2</sub>, es análogo al de las vides. El rasgo más notable es la expansión de la zona de cultivo hacia la VIII y parte de la IX Regiones, y la mejoría de las condiciones de producción en zonas precordilleranas donde se conjugarían una alta luminosidad, una temperatura moderada en verano y un invierno más benigno que el actual.

### **Fruticultura de clima templado: Manzano**

Para la fruticultura de clima templado, las condiciones de producción mejorarían considerablemente, como consecuencia de la disminución de las heladas y de temperaturas primaverales más benignas. El único factor de riesgo podría ser la disminución de la disponibilidad de frío invernal, pudiendo afectar a la floración y a la fecundidad de las flores, con un impacto negativo sobre la producción. Ello aconsejaría el uso de variedades menos exigentes en frío o el uso de prácticas inductoras de la quiebra del receso invernal. Probablemente debido a este mismo hecho, el Valle Central continuaría siendo más productivo que los sectores costeros.

### **Fruticultura subtropical: Naranja**

Es probable que la fruticultura subtropical sea una de las más beneficiadas con el aumento de la temperatura y, posiblemente, de la humedad relativa. El potencial de producción podría expandirse hacia el sur y hacia regiones costeras que en la actualidad no ofrecen garantías para una adecuada maduración. Los Valles de la III Región al norte, aumentarían considerablemente su potencial productivo. La atenuación del régimen de heladas permitiría una importante expansión de los cítricos hacia regiones interiores.

### **\* Impacto productivo del riego**

La puesta en riego en la agricultura tiene como consecuencia un diferencial positivo de la producción, cuya magnitud depende de la especie, de la fertilidad del suelo y fundamentalmente del grado de aridez climática. Con el propósito de integrar estas variables y obtener una noción cuantitativa de los impactos de la puesta en riego en cada comuna, se evaluó, a través del modelo SIMPROC, la diferencia de rendimientos en riego respecto del mismo cultivo en secano. Esto permite identificar las zonas donde los proyectos de mejoramiento del riego tendrían un mayor impacto productivo.

#### **Caso de un cultivo de verano: Maíz**

En el caso de los cultivos de verano se produce un fenómeno bastante curioso: en la región central, a pesar del aumento en las demandas evapotranspirativas, los requerimientos de riego de los cultivos de verano (maíz, frejol, girasol, hortalizas), podrían disminuir, especialmente en la costa, como resultado del desplazamiento de las fechas de siembra hacia el invierno. Ello permitiría un mejor aprovechamiento del agua de las precipitaciones.

Este fenómeno se aprecia claramente en el escenario 2\* CO<sub>2</sub>: de la VI Región al sur; por la costa, la diferencia de rendimientos en riego y secano tendería a disminuir, mientras que hacia la precordillera esta aumentaría, especialmente de la VII Región al sur. Esto último se debe a que las temperaturas, más bajas hacia la precordillera, impedirían desplazar las siembras hacia el invierno. Hacia la X Región, el impacto del riego aumentaría -aumentando la productividad- si se compara el escenario 2\* CO<sub>2</sub> con respecto a la situación actual.

#### **Caso de un cultivo de invierno: Trigo**

En el caso de un cultivo de invierno, la situación de la economía del agua es diferente. En la actualidad, en la zona central las siembras se realizan en otoño, por lo que se aprovecha al máximo las aguas de lluvias invernales. Una disminución de la precipitación afectará, por lo tanto, a los rendimientos, sin dar lugar a reajustes en las fechas de siembra. Esta situación se aprecia claramente en las regiones V, Metropolitana y VI, donde en el escenario 2\* CO<sub>2</sub>, el riego se hace claramente importante.

Hacia el sur, especialmente donde las siembras se realizan en primavera, este cultivo se comporta como una especie de verano; es decir, en un escenario de cambio climático, el cambio en las fechas de siembra podría reducir los requerimientos de riego.

#### **Sensibilidad de la producción bajo riego**

Con el propósito de evaluar el efecto global de un nuevo



escenario climático sobre la agricultura de riego, es necesario considerar dos aspectos. El primero de ellos corresponde a los cambios en la conducta productiva de los cultivos en este nuevo escenario, en ausencia de restricciones hídricas. El segundo elemento a considerar, es el cambio en la disponibilidad de agua de riego. Se ha evaluado la sensibilidad de la agricultura de riego considerando estos dos factores, dándole doble ponderación a los cambios en la productividad respecto de los cambios en la disponibilidad de agua para riego (escurrimiento). (Figura 6.26)

#### **Sensibilidad de la producción en Secano**

En este caso la sensibilidad corresponde a la variación promedio de los rendimientos para los siete rubros considerados. (Figura 6.27)

#### **Impacto productivo comunal (Ip)**

Finalmente, es necesario evaluar el impacto global de los cambios en la productividad (sensibilidad en riego y secano) y la vulnerabilidad de la agricultura (que a su vez integra factores sociales tecnológicos y económicos). El Ip es un índice de impacto que da una dimensión de los problemas o beneficios globales que los cambios climáticos provocarán a la agricultura. Es adimensional y los valores negativos indican impactos productivos y sociales globalmente indeseables. Por el contrario, sus valores positivos indican impactos beneficiosos que sería necesario capitalizar mediante un esfuerzo de adaptación.

En ambos casos la adaptación implica una transformación de uso del suelo y un cambio tecnológico, ya sea para atenuar los impactos negativos o para obtener máximo provecho de los positivos. (Figura 6.28 y Figura 6.29)

#### **Vulnerabilidad de los tipos forestales frente a un cambio del régimen hídrico actual**

Para el análisis de los tipos forestales, se recurrió a la información existente en el Catastro de Recursos Vegetacionales Nativos (CONAF, 1997), a partir del cual se elaboró una base de datos y su respectiva cartografía, con la distribución de los distintos tipos forestales a lo largo del país.

El escenario climático futuro generado por el modelo - y las variaciones en los regímenes hídricos asociados- permitió identificar las zonas del país que presentan alguna variación del régimen de humedad actual, y la magnitud de esta variación. En términos generales, se observa una evolución de la situación actual hacia regímenes menos áridos en el extremo norte (zonas del sector altiplánico), hacia regímenes más húmedos en la zona sur del país, y evoluciones hacia regímenes más secos en el resto del país.

Así, mediante un proceso de álgebra de mapas, fueron superpuestas las cartografías correspondientes a los escenarios actual y

futuro, permitiendo la visualización de los tipos forestales que se verían afectados frente a una variación del régimen hídrico y la ubicación espacial de éstos.

### **\* Áreas de impacto del cambio climático y tipos forestales afectados, por regiones administrativas**

#### **V y VI Regiones**

En estas regiones, el único tipo forestal que se vería afectado por una variación del régimen hídrico es el tipo *Esclerófilo*. Este tipo forestal podría sufrir una regresión debido a la evolución desde un régimen semiárido (sa) hacia un régimen árido (a) en la V región y a una evolución del régimen de subhúmedo a húmedo en la VI región.

#### **VII Región**

La séptima región presenta zonas de evolución del régimen hídrico desde una condición subhúmeda (shu) a una semiárida (sa), por lo cual, los tipos forestales *Roble-Raúl-Coigüe* y *Roble-Hualo* presentes en esta región, podrían sufrir una regresión de su condición actual.

#### **VIII Región**

En esta región, el tipo forestal *Roble-Raúl-Coigüe* se verá afectado por una evolución de los regímenes hídricos a condiciones más áridas de las actuales; así, pasaría de subhúmedo (shu) a húmedo (hu) en la costa, mientras que en la cordillera, una variación más drástica lo obligaría a enfrentar un cambio de perhídrico (pHi) a perhúmedo (phu), lo que implica una reducción de dos tramos de la escala climática. Esta última situación estaría afectando también a los tipos forestales *Coigüe-Raúl-Tepa*, *Lenga* y *Ciprés de la Cordillera*, los que, a su vez, deberán enfrentar cambios desde una condición perhúmeda a húmeda y de húmeda a subhúmeda, según su ubicación dentro de la región.

#### **IX Región**

Las variaciones de los regímenes hídricos de esta región, al igual que en las regiones anteriores, implican una evolución hacia regímenes más secos que los actuales, encontrando variaciones de perhídrico (pHi) a hídrico (Hi), de hídrico (Hi) a perhúmedo (phu), y de perhúmedo (phu) a húmedo (hu), variaciones que debieran afectar a los tipos forestales *Roble-Raúl-Coigüe*, *Coigüe-Raúl-Tepa*, *Lenga*, *Siempre verde* y *Araucaria*.

#### **X Región**

Esta región presenta cambios en sus regímenes hídricos similares a la IX Región, es decir, habrá zonas en donde se producirían cambios hacia situaciones de menor humedad, generándose potenciales regresiones en los tipos forestales *Roble-Raúl-Coigüe*, *Coigüe-Raúl-Tepa*, *Lenga*, *Siempre verde*, *Araucaria* y *Alerce*. No obs-

FIGURA 6.26 SENSIBILIDAD DE LA PRODUCCIÓN EN RIEGO Sr

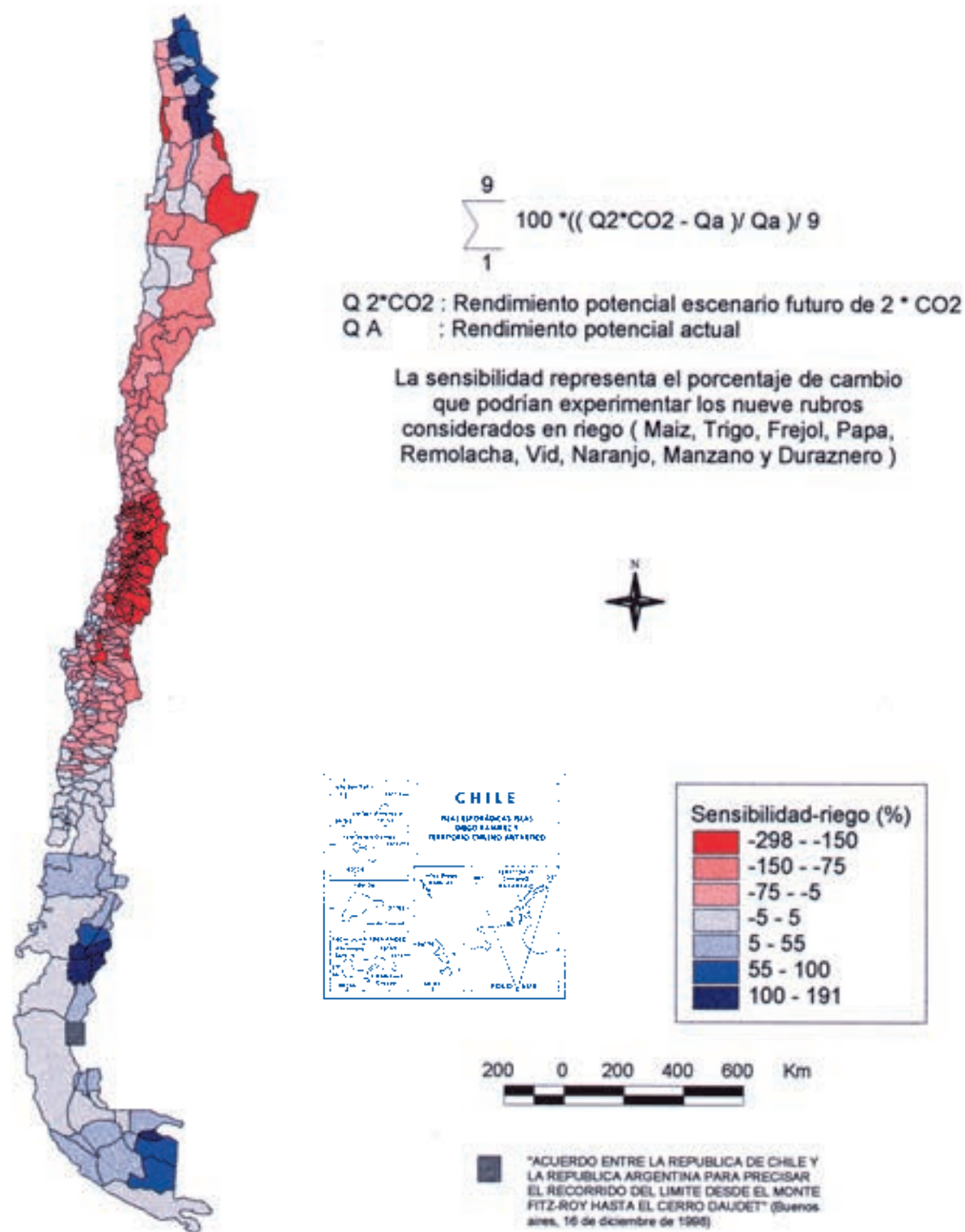




FIGURA 6.27 SENSIBILIDAD DE LA PRODUCCIÓN EN SECAÑO Ss

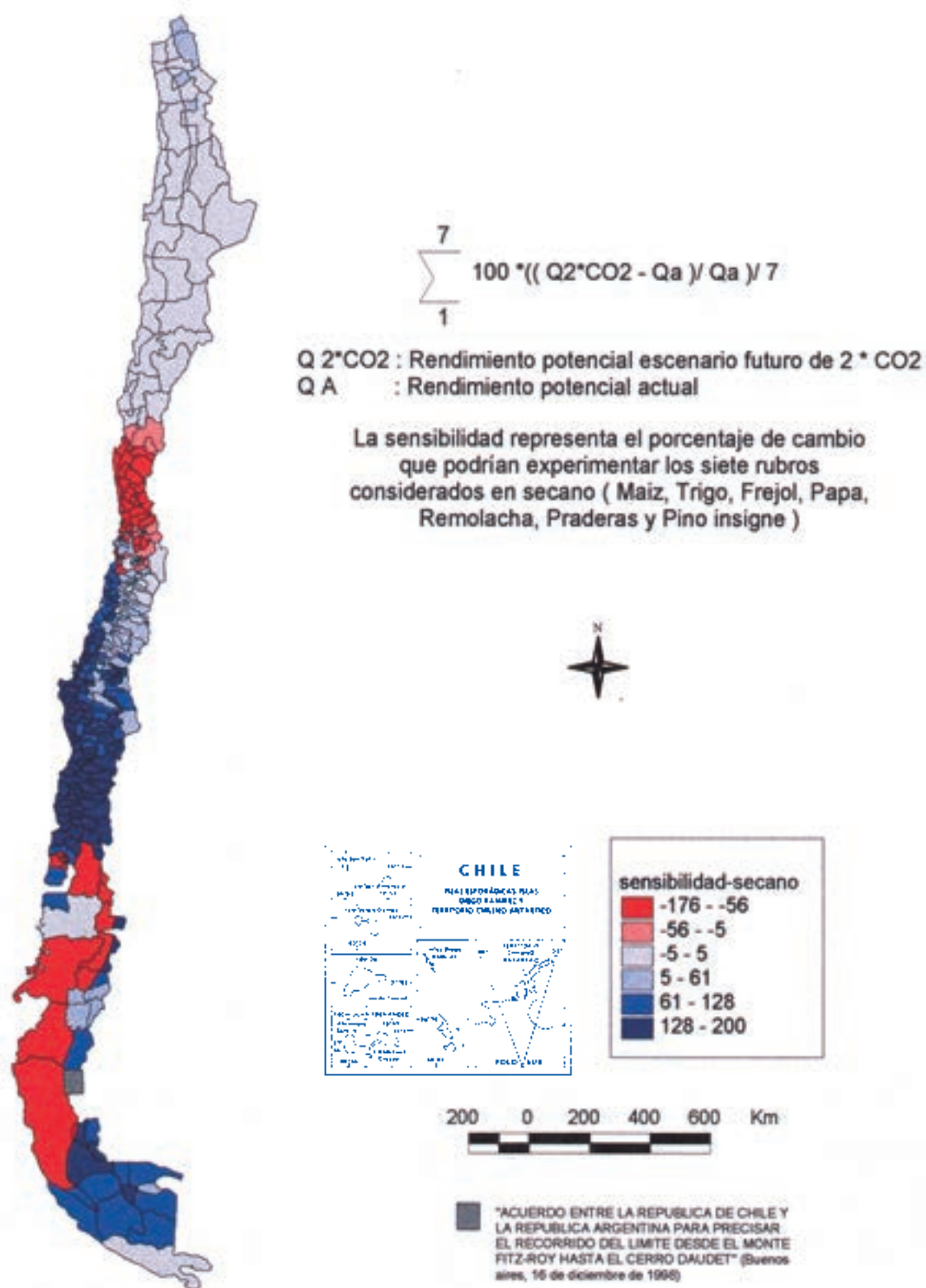


FIGURA 6.28 IMPACTO PRODUCTIVO COMUNAL **Ip**

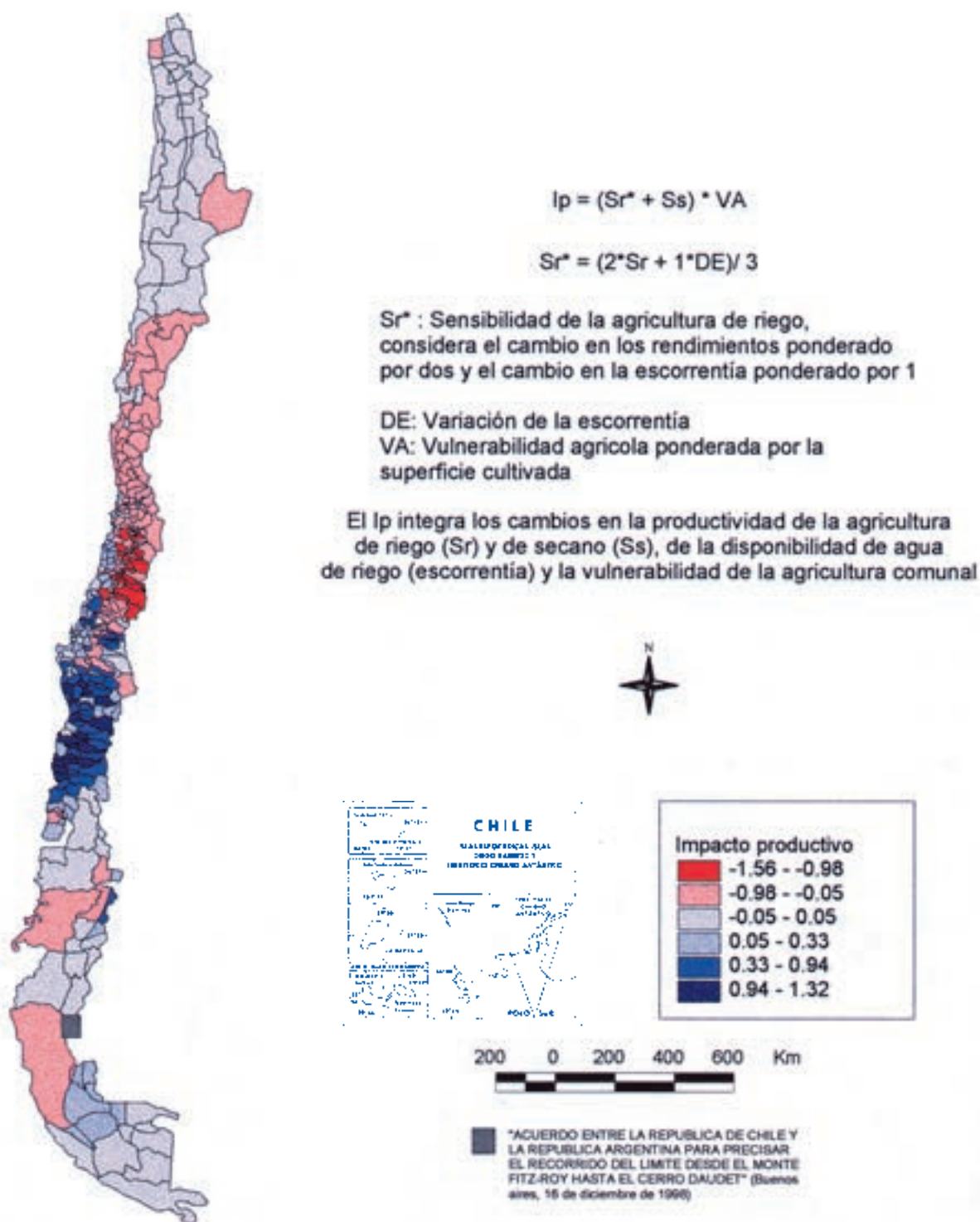
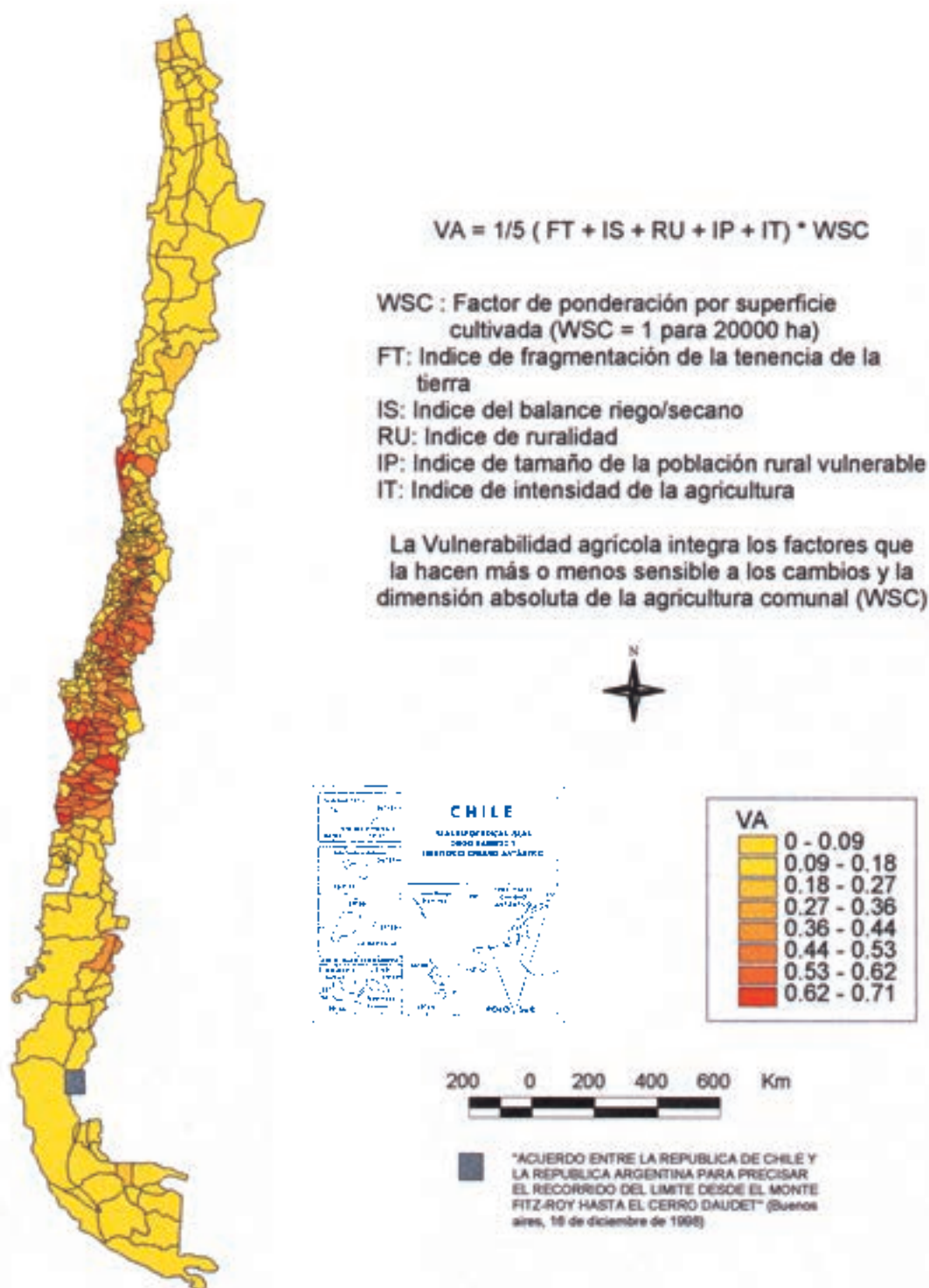


FIGURA 6.29 VULNERABILIDAD AGRÍCOLA PONDERADA POR LA SUPERFICIE CULTIVADA (VA) **VA**



tante, la zona más austral de esta región presentaría una evolución del régimen hídrico hacia una condición de mayor humedad -pasando de una condición hídrica (Hi) a perhídrica (pHi)- afectando a los tipos forestales *Lenga*, *Siempre verde* y *Roble-Raulí-Coigüe*.

### **XI Región**

Los regímenes hídricos en esta región, a diferencia de las regiones más australes, sólo presentan evoluciones de las condiciones actuales a situaciones de mayor humedad, como por ejemplo de hídrico (Hi) a perhídrico (pHi), condición que afectaría a los tipos *Siempre verde*, *Ciprés de las Guaitecas*, *Lenga* y *Coigüe de Magallanes*; variación de los regímenes de perhúmedo (phu) a hídrico (Hi) y de húmedo a perhúmedo (phu), situaciones que influirían sobre los tipos *Lenga*, *Coigüe de Magallanes* y *Siempre verde*.

### **XII Región**

En esta región, al igual que en la XI Región, los regímenes hídricos presentan una evolución hacia condiciones de mayor humedad, afectando a los tipos forestales *Lenga*, *Ciprés de las Guaitecas* y *Coigüe de Magallanes*.

## **Evaluación de la vulnerabilidad de la agricultura frente a variaciones del clima**

La evaluación de la vulnerabilidad del sector agrícola frente al cambio climático, se abordó definiendo un índice de vulnerabilidad comunal, para cuyo diseño fueron identificadas diferentes variables que condicionan la susceptibilidad del sector, seleccionándose como las de mayor importancia las siguientes: total de superficie cultivada, tipo de tenencia de la tierra, superficie de riego, total de población urbana y rural y grado de intensificación de la agricultura. Así, para cada una de estas variables, se genera un índice que representa la situación de cada comuna con respecto a la variable en cuestión. La vulnerabilidad agrícola comunal resulta, entonces, de la interacción de los distintos índices calculados, que en conjunto determinan la vulnerabilidad final.

### **Intensificación de la agricultura**

Se aprecia que la agricultura más intensiva ocurre en el Valle Central de la V a la VIII Regiones, y en los Valles Transversales de la I, III y IV Regiones. Esto coincide con la fruticultura, la viticultura, la horticultura y los cultivos industriales intensivos. La Regiones IX y X también exhiben ciertos grados de intensificación, fundamentalmente asociados a los cultivos industriales y a la ganadería intensiva.

### **Relación Riego/Secano**

El secano domina toda la costa entre la IV y la VIII Región. De la IX Región al sur, esta condición predomina a todo lo ancho del ter-

ritorio. El Valle Central bajo riego se presenta menos vulnerable por este concepto; lo mismo ocurre entre la V Región y la VIII Región, y en el extremo Norte del país.

### **Tamaño de las propiedades**

La propiedad pequeña se concentra mayormente en la costa, la precordillera y en Chiloé. En la II Región aparece una concentración de minifundio, lo que corresponde a los escasos terrenos regados de valle y no es una situación generalizada como pudiera inducir a pensar el mapa. Hacia el extremo austral, domina la gran propiedad.

### **Población Rural**

La mayor concentración de población vinculada a la agricultura vive entre las regiones IV y X. Dentro de esta área, varias comunas alcanzan a los 20.000 habitantes o más (índice 1). Siendo las comunas centrales de las Regiones Metropolitana y VI las más pequeñas, la concentración de población rural en relación con la superficie cultivada es mayor en este sector. Esto dice relación con el grado de intensificación de la agricultura que se analizó anteriormente. Los extremos del país muestran una muy baja concentración de población rural, lo que se origina en condiciones climáticas adversas para la agricultura.

### **Ruralidad**

Por razones obvias, la mayor ruralidad ocurre en las regiones en donde la actividad agrícola se ve favorecida. (Regiones IV a X). En las regiones extremas, se produce una abrupta disminución de la ruralidad como consecuencia de las condiciones climáticas adversas que motivan la aglomeración de los habitantes en las ciudades, únicos puntos del territorio que ofrecen condiciones de sustento. Se exceptúan de esta regla algunas comunas del extremo norte y sur, las cuales no tienen grandes aglomeraciones urbanas, por lo que la pequeña población existente aparece como rural.

La sola ruralidad resulta insuficiente como criterio indicador de vulnerabilidad, por cuanto la relación del hombre con la tierra cambia sensiblemente según la región y la cultura. Es importante considerar aquí las características de cada región, especialmente las opciones extra-agrícolas que puedan existir como fuentes de trabajo. A igual ruralidad, es menos vulnerable una región donde hay una diversidad de actividades económicas que pueden potencialmente absorber mano de obra.

### **Vulnerabilidad global**

La mayor vulnerabilidad de la agricultura se produce entre la IV y la X regiones. Si se comparan las comunas costeras, de alta vulnerabilidad intrínseca, con las del Valle Central, de alta intensificación

agrícola, se puede constatar una cierta compensación entre ambas variables, lo que homogeneiza la vulnerabilidad de la Zona Central. A pesar de esto, se aprecia un misceláneo de vulnerabilidad, sin llegar a formar zonas continuas, entre las distintas comunas. La menor vulnerabilidad la exhiben las zonas desérticas, cordilleranas y el extremo austral, donde la agricultura ocupa un lugar marginal.

### **Análisis de las proyecciones hidrológicas**

Para la cuenca del río Lluta en Alcérreca (Figura 6.30), el escenario promedio considera un aumento de la precipitación, lo que conduce a un aumento de los valores futuros de caudal durante todo el año. Por otra parte, en la cuenca del río Chillán en Esperanza, no se obtienen variaciones importantes de los caudales medios mensuales y, por consiguiente, tampoco el valor medio anual futuro resulta significativamente diferente del simulado histórico.

En las cuencas de régimen nival, en algunos casos se obtienen disminuciones notorias del caudal medio anual. Por ejemplo, en la cuenca del río Blanco en río Blanco, el valor disminuye de 9,8 m<sup>3</sup>/s a 3,7 m<sup>3</sup>/s y en la cuenca del Colorado en Colorado, el valor decrece de 9,7 a un rango entre 2,65 a 5,4 m<sup>3</sup>/s, según cual sea el modelo que se utilice. Por otra parte, en las cuencas de los ríos Hurtado en San Agustín, y Aconcagua en Chacabucito, se obtienen aumentos significativos del caudal medio anual en rangos que fluctúan entre un 20 a 40% del caudal simulado histórico.

Los resultados obtenidos con ambas metodologías (ver Figura 6.31), para el mismo escenario futuro, entregan conclusiones semejantes en cuanto a las variaciones medias futuras en los caudales de las cuencas estudiadas a lo largo del país; sólo en un caso (Aconcagua en Chacabucito), ellas no son coincidentes. Sin embargo, las magnitudes de dichas variaciones son, en general, significativamente mayores cuando el análisis se lleva a cabo modificando anualmente las condiciones medias. Hay que hacer notar que, cuando el análisis se efectúa a nivel mensual, las variaciones se consideran constantes e iguales en cada mes, lo que si bien permite asegurar los escenarios futuros promedios, no corresponden exactamente a la secuencia susceptible de ocurrir.

De cumplirse los escenarios supuestos, los resultados obtenidos en estas cuencas pueden extrapolarse a cuencas de régimen hidrológico similar que se vean sometidas a las mismas condiciones.

De acuerdo a esto, se estima que de ocurrir el escenario más desfavorable, en las cuencas altiplánicas el caudal medio disminuiría en un 20% aproximadamente, en las cuencas nivales o nivo pluviales de la zona norte y centro del país, la disminución de la escorrentía sería cercana al 40%. Al sur del paralelo 42, tratándose de cuencas con predominio de un régimen pluvial, se ha estimado que la escorrentía anual debiera variar según una tendencia similar a las precipitaciones.

Los análisis puntuales que se realizaron en las cuencas nivales usando ecuaciones de regresión, representan situaciones temporales locales y no describen necesariamente la situación a largo plazo, por cuanto no se toma en cuenta el posible agotamiento del recurso nieve.

En las cuencas de régimen pluvial, que fueron analizadas usando un modelo de simulación hidrológica a nivel mensual, se obtienen conclusiones similares que al realizar el balance a nivel medio, frente a similares escenarios futuros. Así, en la zona altiplánica se produce un aumento de caudal, mientras en la zona centro sur del país, los caudales no decrecen significativamente.

Lo anterior pone de manifiesto la necesidad de realizar otros análisis a nivel local en algunas zonas del país, que permitan incorporar información adicional a la disponible para este estudio como, por ejemplo, los distintos usos del recurso hídrico y la variación temporal de los caudales en uso durante el año.

Por último, conviene hacer notar que las significativas reducciones del recurso hídrico que aquí se obtienen, pueden significar importantes modificaciones a las obras de infraestructura disponibles para el almacenamiento del recurso. Ello hace necesario efectuar estudios teóricos y de caso en cuencas de particular interés debido a su importancia en la agricultura, el abastecimiento de agua potable y la generación hidroeléctrica, entre los rubros más sensibles.

### **6.3.2.2 ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD Y ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO EN CHILE: ZONAS COSTERAS Y RECURSOS PESQUEROS**

Este estudio tiene como objetivo identificar áreas de alta vulnerabilidad, evaluar los efectos del incremento en el nivel y temperatura superficial del mar sobre los usos del borde costero y los recursos pesqueros, y proponer medidas de adaptación a los cambios observados.

El escenario propuesto para elaborar el perfil de vulnerabilidad de las áreas bajo estudio, es el incremento de 1 metro en el nivel medio del mar; hipótesis de trabajo que refleja un escenario pesimista, aunque considerado como escenario estándar en los estudios de vulnerabilidad de áreas costeras.

En el caso de los recursos pesqueros, el perfil de vulnerabilidad considera una variación de la TSM de 0,5 °C, que corresponde al escenario más probable en relación con el calentamiento global (PICC, 1995).

Las zonas seleccionadas son:

- I Región de Tarapacá (sector de Arica)
- VIII Región del Bío Bío (sector Río Biobío y Golfo de Arauco)
- X Región de Los Lagos (sector Valdivia)
- X Región de Los Lagos (sector Puerto Montt)

---

Estas regiones corresponden a sectores representativos de la costa chilena, en cuanto a localización de asentamientos humanos de densidad poblacional significativa y actividades económicas de importancia a nivel nacional; además, las masas de aguas marinas adyacentes presentan altas productividades, constituyendo núcleos de actividad pesquera artesanal y/o industrial.

Este estudio se encuentra aún en elaboración y se esperan sus resultados hacia fines de 1999.



FIGURA 6.30 UBICACIÓN DE CUENCAS SELECCIONADAS

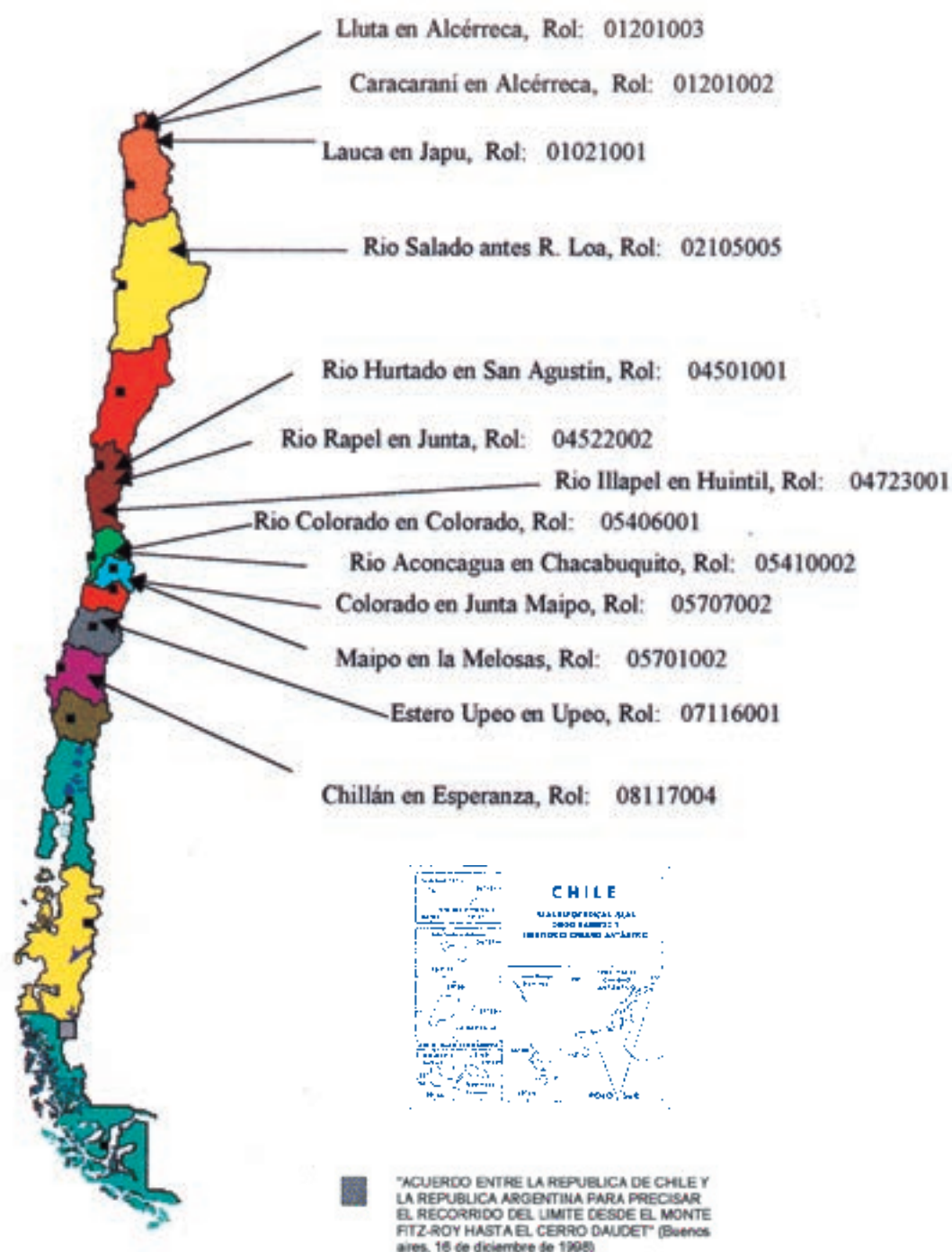
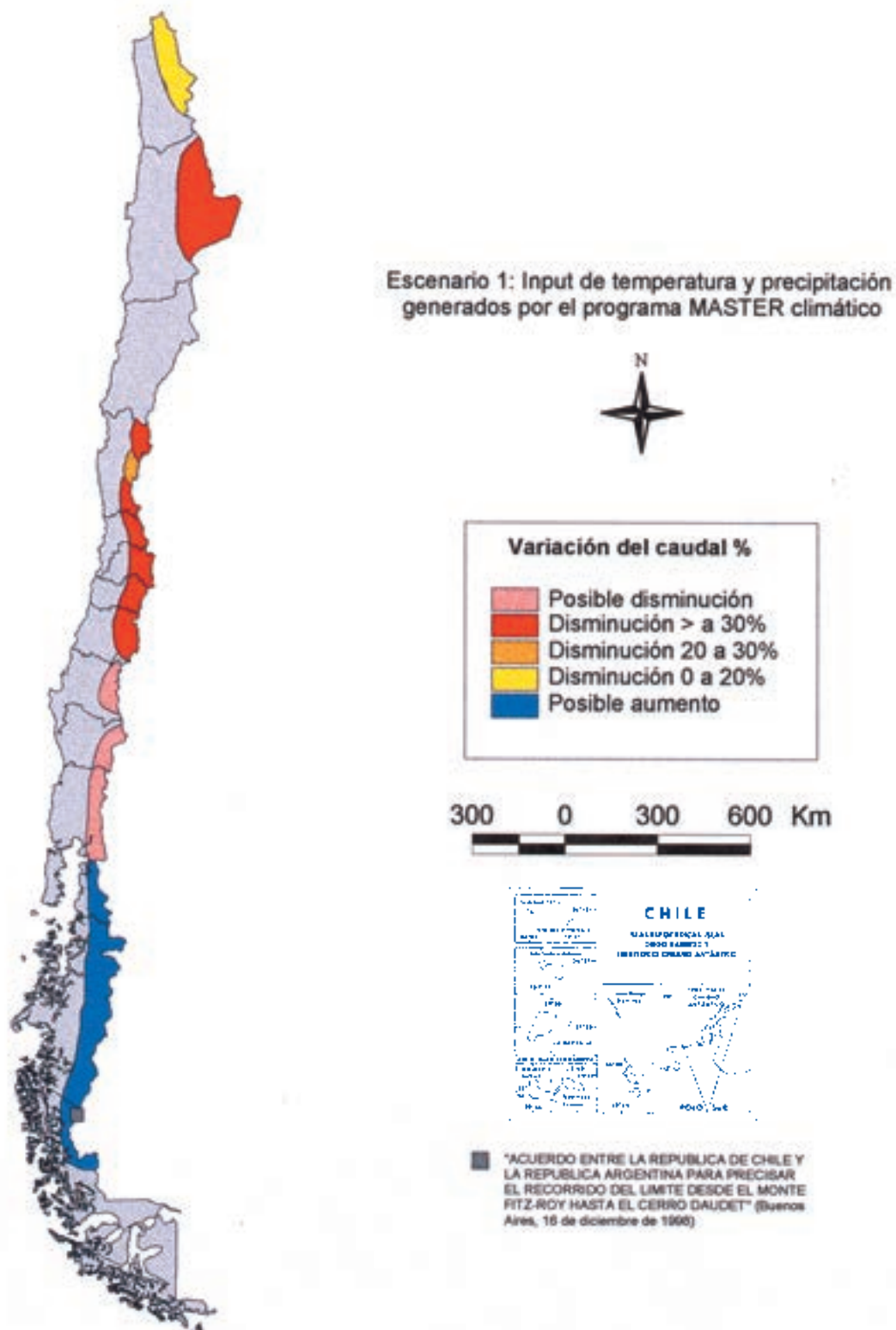




FIGURA 6.31 VARIACIÓN DE LOS CAUDALES EN RESPUESTA A LOS CAMBIOS CLIMÁTICOS





# CONCLUSIONES FINALES Y ACCIONES A EMPRENDER





## 7. CONCLUSIONES FINALES Y ACCIONES A

### 7.1 CONCLUSIONES GENERALES

Esta Primera Comunicación Nacional de Chile ante la Conferencia de las Partes de la CMCC, expresa no sólo el cumplimiento de sus compromisos como país signatario, sino que también constituye una primera etapa en un proceso de creciente participación del país en las instancias de negociación, perfeccionamiento y aplicación de los mecanismos definidos en la Convención.

Chile ha sido reconocido como un país de sólida economía, en sostenido crecimiento y confiable para la inversión extranjera. Aunque sus emisiones de GEI son pequeñas en un contexto global, se estima que continuarán creciendo como consecuencia de las tasas de crecimiento económico esperadas. Sin embargo, debido a que la tendencia a nivel mundial está orientada hacia la obtención de mayores tasas de crecimiento del PIB -evitando que ello signifique un aumento en las tasas de consumo de energía por sobre dicho indicador- ésta es reconocida también como una perspectiva de carácter estratégico que el Gobierno considerará en la planificación de su desarrollo económico futuro.

En virtud de la importancia de determinar cada vez con mayor precisión cuáles serán los escenarios de emisiones en el corto y mediano plazo, para el gobierno chileno es fundamental que el ejercicio de elaboración de su inventario de GEI sea actualizado periódicamente, no sólo porque así pueda eventualmente ser requerido por la Convención, sino porque sus resultados serán la base sobre la cual Chile tomará decisiones relevantes respecto de sus posiciones ante la COP y de sus posibilidades reales de asumir, en su calidad de país en desarrollo, un rol más activo en el logro de los objetivos de la Convención.

Una profunda transformación tecnológica aparece inevitable en un futuro cercano, especialmente para los países en desarrollo, si las Partes de la CMCC desean continuar y reforzar las acciones tendientes a enfrentar el cambio climático. Chile estima que la CMCC y el Protocolo de Kioto se constituyen en valiosas herramientas de promoción de los objetivos de estabilización de emisiones de GEI y de la cooperación técnica y transferencia tecnológica, siempre y cuando estos instrumentos provean de mecanismos efectivos y expeditos para que las Partes en desarrollo puedan realizar contribuciones significativas al logro de los objetivos de reducción de emisiones de la Convención, aunque no se expresen en metas cuantitativas. Analizar las condiciones que se requieren poner en práctica para desarrollar todo el potencial que estos mecanismos encierran, está

entre las cuestiones que debieran guiar las conversaciones en la perspectiva de corto plazo.

### 7.2 CONCLUSIONES ESPECÍFICAS

#### **\* Definición e implementación de un Plan de Acción Nacional en Cambio Climático**

Tras haber finalizado este reporte sobre la implementación de los compromisos de la CMCC en Chile, surge la necesidad de repetir esta actividad periódicamente. Con el fin de mejorar la capacidad técnica e institucional lograda hasta ahora en materia de cambio climático y global, el Gobierno ha reafirmado su voluntad de actualizar regularmente su Comunicación Nacional. Sin embargo, para que ello pueda realizarse de una manera coordinada, oportuna y adecuadamente estructurada, se deberá preparar un Plan de Acción Nacional en Cambio Climático, que incorpore esta actividad como parte integrante de la política ambiental del Gobierno. Sólo en esta condición, será posible que la temática del cambio climático se incorpore en los planes de desarrollo de diferentes sectores productivos y de servicios.

En consecuencia, el Plan deberá contener, entre otros aspectos:

- El establecimiento de un programa de actualización periódica de las comunicaciones nacionales (que incluya el establecimiento de un sistema de actualización periódica del inventario de gases de efecto invernadero).
- Una estrategia de mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero (con definición de políticas y medidas, costos, institucionalidad, etc).
- Una estrategia de adaptación a los impactos del cambio climático (con definición de políticas y medidas, costos, institucionalidad, etc).
- La definición de la institucionalidad y los aspectos operacionales para establecer el MDL en Chile.
- La definición de proyectos de mitigación y adaptación a

implementar (incluidos aquellos bajo el MDL).

- Un programa de revisión y evaluación de las medidas de carácter ambiental que el país ha implementado o espera desarrollar (planes de descontaminación, estándares de emisión, eficiencia energética, etc.), en relación con los beneficios ambientales globales en el marco de la CMCC.
- La preparación de un programa de desarrollo y/o de transferencia de nuevas tecnologías para mitigar y adaptarse a los efectos del cambio climático.
- La definición de una estrategia nacional para la utilización más efectiva del Fondo para el Medio Ambiente Mundial.
- Un programa de fomento a la investigación científica nacional en cambio climático y global.

Si bien formalmente Chile aún no posee un plan como el indicado -para el cual se requiere obtener el financiamiento adecuado- los resultados de los estudios sobre inventario de emisiones de GEI, el análisis de las opciones de mitigación y de los estudios sobre los impactos del cambio climático, junto a la experiencia progresivamente ganada en el debate internacional en relación a la CMCC y el Protocolo de Kioto, han permitido recopilar antecedentes que caracterizan la situación actual y señalan cuales podrían ser los escenarios futuros que el país enfrentará en materia de cambio climático. A continuación, se derivan conclusiones específicas asociadas a los resultados de mayor relevancia en los estudios señalados, las que se contextualizan de acuerdo a su vinculación con los mecanismos establecidos en la CMCC.

#### **\* Utilización del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL)**

El gobierno chileno está interesado en explorar las oportunidades que pudieran surgir de la aplicación de los mecanismos establecidos en la CMCC y el Protocolo de Kioto, especialmente del MDL. Este instrumento es fundamental para el diseño de acciones tempranas para enfrentar el cambio climático, asistir a los países en desarrollo en alcanzar sus metas de desarrollo sustentable, y explorar oportunidades de obtención de beneficios económicos y de transferencia tecnológica que pudieran derivarse de su aplicación.

Una acción inmediata que surge del interés en utilizar el MDL, es la de desarrollar una institucionalidad nacional que permita coordinar las acciones a nivel interno para la aceptación, revisión e implementación de proyectos bajo esta modalidad, y que sirva a su vez, como enlace con la Junta Ejecutiva del Mecanismo de Desarrollo Limpio.

El desarrollo de criterios nacionales de aceptación de proyectos, la determinación de líneas de base de emisiones y la elaboración de los escenarios futuros, constituyen algunos de los aspectos que se deberán incorporar en el establecimiento de la institucionalidad nacional para el MDL.

#### **\* Capacitación técnica e institucional para identificar proyectos y realizar estudios específicos**

La ejecución de los estudios sobre inventario de GEI, análisis de mitigación y evaluación de la vulnerabilidad/adaptación, ha generado la necesidad de establecer una capacidad técnica e institucional para la identificación de proyectos y estudios específicos, los que deberían articularse a través de los programas identificados para el plan de acción en cambio climático. No obstante el carácter preliminar de los resultados disponibles en esta etapa, se vislumbran como áreas sensibles sobre las cuáles se deberá centrar la atención, las siguientes:

##### **Sector de cambio de uso de la tierra y silvicultura:**

- Identificar y mejorar el entendimiento de los procesos que han conducido a una mayor emisión de CO<sub>2</sub> equivalente en este sector, en comparación con las emisiones del sector energía y procesos industriales. El objetivo será hacer más eficiente la captura de carbono y controlar los procesos que originaron dichas emisiones.
- Mejorar el entendimiento de los procesos de captura de carbono en superficies abandonadas (especialmente regeneración de bosque nativo y regeneración de vegetación arbustiva), considerando las diferencias que el método PICC plantea con las características de los recursos forestales nativos chilenos.
- Identificar y proponer acciones que mejoren la eficiencia de los procesos que utilizan leña como combustible y evaluar la captura de carbono conseguida al reducir este consumo.

##### **Sector energía y procesos industriales:**

- Identificar y evaluar opciones de mitigación en el sector transporte, ya sea por la introducción de tecnologías eficientes o por cambios en las estructuras modales de este sector.
- Evaluar los costos y beneficios de la introducción de estándares de eficiencia en equipos electrodomésticos.
- Exploración de otras áreas -aparte de la electrificación rural- que resulten atractivas para la introducción de energías

renovables, especialmente la solar y eólica, en la perspectiva de evaluar la rentabilidad de proyectos, incorporando como beneficio económico la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub>.

Parte de estos estudios podrán financiarse a través del Mecanismo de Desarrollo Limpio u otros mecanismos financieros que se identifiquen (cooperación bilateral, FMAM, etc.).

#### **\* Inventarios de emisiones de gases de efecto invernadero:**

La realización de los inventarios sectoriales y el análisis de los resultados a nivel agregado, permitieron detectar limitaciones y carencias que deben ser superadas para que estas herramientas sean útiles al análisis de opciones de mitigación y a la evaluación de la vulnerabilidad y los mecanismos de adaptación. En consecuencia, las tareas futuras visualizadas como prioritarias en el ámbito de los inventarios son:

- Actualizar los inventarios de los sectores Energía y No Energía para el período 90-97. Esto permitirá tener una mejor visión acerca de los escenarios de emisión futuros.
- Incorporar los subsectores Procesos Industriales y Uso de Solventes en la actualización del inventario del sector Energía para el período 90-97, y en la construcción de escenarios Caso Base y Año 2020 Mitigado.
- Desagregar a escala regional el inventario del sector Energía, Procesos Industriales y Uso de Solventes.
- Armonizar los programas de actualización (software) del inventario de emisiones y sumideros, obtenidos para los sectores energía y no energía, unificándolos sobre iguales criterios de utilización (escala regional y nacional, etc.).
- Perfeccionar el modelo AGRI, mediante la inclusión de las categorías definidas por el PICC para la evaluación de las emisiones asociadas al módulo Agricultura, Cambio de Uso de la Tierra y Gestión de Residuos. Se estima importante rescatar el esfuerzo de adaptación metodológica realizado por nuestro país para evaluar las emisiones del sector No Energía, a través de introducir mejoras en este modelo.
- Armonizar la definición de supuestos (económicos, tecnológicos, demográficos y otros) en la proyección de escenarios Caso Base y Año 2020 mitigado de los sectores Energía y No Energía.

#### **\* Opciones de mitigación y escenarios futuros**

- Al momento de elaborar este documento, las medidas de mitigación han sido identificadas para los sectores energía y no-energía, pero sólo han sido evaluadas económicamente para este último sector. Por lo tanto, se requiere una revisión detallada de la evaluación económica desarrollada para el sector de cambio de uso de la tierra y silvicultura, y una profundización de este análisis para las medidas identificadas en el sector de consumo de energía y procesos industriales.
- La futura evaluación detallada de los costos y beneficios de cada una de ellas, la viabilidad de su aplicación en el marco de prioridades y políticas nacionales en ejecución, la evaluación de co-beneficios y la determinación de los actores sociales en los que recaerán estos costos o beneficios, deberán ser parte sustancial de la revisión y ajustes posteriores del análisis de las opciones de mitigación.
- Fundamental resulta para el país la capacitación, tanto a nivel de las entidades gubernamentales como de expertos nacionales ejecutores de los estudios, en el tema de elaborar líneas de base de emisiones y desarrollo de escenarios futuros mitigados. En este análisis, herramientas computacionales así como la consideración de instrumentos económicos -como los establecidos en el protocolo de Kioto- resultan importantes de atender.
- En la medida que el análisis detallado de las opciones de mitigación sea factible de implementar, se mejorará la identificación de proyectos de reducción de emisiones y aumento de sumideros, los que podrían ingresar en el futuro circuito del Mecanismo de Desarrollo Limpio u otra forma de cooperación.
- Establecer e incorporar en el plan de acción nacional en cambio climático, una estrategia de mitigación, que aborde los aspectos centrales del análisis de escenarios de línea base de emisiones y escenarios mitigados.

#### **\* Estudios de vulnerabilidad y adaptación**

Si bien estos estudios aún se encuentran en etapa de elaboración, los resultados obtenidos hasta el momento demuestran que Chile presenta zonas geográficas y actividades productivas vulnerables al cambio climático. Los efectos potenciales caracterizados resultan ser beneficiosos o negativos, dependiendo del sistema o actividad considerada y



de las oportunidades que el país pueda visualizar y aprovechar.

Por la importancia que revisten para Chile los sectores potencialmente afectados -en términos de sus posibilidades de desarrollo económico, de la preservación de sus ecosistemas y de la calidad de vida de sus habitantes- es de primera importancia profundizar el estado del conocimiento en los siguientes temas:

- Estudiar el reemplazo de variedades de cultivos, cambios en fechas de siembra y factibilidad de relocalización, que permitan atenuar el impacto de los cambios climáticos, y evaluar los beneficios o costos potenciales de estos cambios.
- Evaluar el impacto de las alteraciones climáticas en áreas silvestres protegidas - en particular, los humedales, ecosistemas de altura y bosques nativos- cuya ubicación las sitúe en condiciones de vulnerabilidad (especialmente aquellas áreas afectadas por disminuciones en la precipitación).
- Identificar y profundizar el conocimiento de los impactos producidos por la alteración de los regímenes hidrotérmicos en los tipos forestales nativos, en particular en aquellas áreas en las que se prevé un cambio hacia condiciones de mayor aridez.
- 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.
- Diseñar e implementar sistemas de alerta temprana del evento de El Niño y La Niña.
- Diseñar e implementar una red de comunicaciones y difusión que permita un fluido acceso a la información sobre las técnicas de riego, a la información meteorológica y a señales de alerta tempranas.
- Evaluar los recursos de aguas subterráneas en las distintas cuencas, especialmente en la zona centro y norte del país.
- Estudiar las necesidades de mejoramiento, modificación y/o ampliación de la infraestructura de regulación hidrológica nacional

- Establecer e incorporar en el plan de acción nacional en cambio climático, una estrategia de adaptación a los impactos del cambio climático, que aborde los aspectos centrales del análisis de vulnerabilidad y adaptación realizado.

#### **\* Investigación científica en cambio climático**

A fin de promover el estudio del cambio climático tanto a nivel nacional, como incorporar a expertos nacionales en el circuito internacional (PICC, otros), se han identificado las siguientes áreas de acción preliminares:

- Estudiar la inclusión del estudio de los fenómenos asociados al cambio climático en la educación formal (tanto a nivel secundario como de universidades), incorporando los conocimientos del PICC y de otras instancias internacionales y nacionales importantes.
- Priorizar áreas de estudios científicos relevantes para el país
- Instalar una estación de monitoreo de gases de efecto invernadero en el norte de Chile, utilizando instalaciones existentes<sup>61</sup>.

#### **\* Estrategia Nacional para el Fondo para el Medio Ambiente Mundial**

El Gobierno ha establecido como prioritaria la preparación de una estrategia nacional para utilizar más efectivamente el mecanismo financiero de la CMCC, la cual contemplará entre sus actividades, lo siguiente:

- Definición y discusión de la estructura institucional interna (Punto Focal).
- Evaluación de proyectos FMAM ejecutados o en ejecución.
- Definición de áreas prioritarias de proyectos<sup>62</sup>.
- Elaboración de las bases técnico/administrativas para la presentación de proyectos.
- Discusión de la estrategia en Comité Asesor sobre Cambio Global.
- Aprobación de la estrategia por el Consejo Directivo de CONAMA.
- Invitación a instituciones nacionales a presentar proyectos.
- Selección y presentación de proyectos al FMAM.

<sup>61</sup> Al respecto, se ha elaborado una propuesta para compra de equipos y análisis de las mediciones, que está en etapa de consecución de fondos.

<sup>62</sup> Para definir áreas prioritarias de trabajo con el GEF, se deberán considerar los programas operacionales del GEF, las decisiones de la Conferencia de las Partes de la CMCC frente a este mecanismo financiero, y las prioridades nacionales.







COMISIÓN NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

OBISPO DONOSO 6 - PROVIDENCIA - CASILLA 265 CORREO 55 - SANTIAGO DE CHILE - TELÉFONO: (562) 240 5600 - FAX: (562) 244 1262

[WEBMASTER@CONAMA.CL](mailto:WEBMASTER@CONAMA.CL)