



**UNIVERSIDAD DE CHILE  
VICERRECTORIA DE ASUNTOS ACADEMICOS  
DEPARTAMENTO DE POSTGRADO Y POSTÍTULO  
PROGRAMA INTERFACULTADES**

**ESTIMACIÓN DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO  
INVERNADERO Y PROPOSICIÓN DE UNA ESTRATEGIA PARA SU  
REDUCCIÓN Y CAPTURA. CASO XI REGIÓN DE AYSÉN**

Tesis para optar al Grado de Magíster en  
Gestión y Planificación Ambiental

**MARCELA POULAIN ZAPATA**

*Directora de tesis: Dra. Margarita Préndez Bolívar*

*Santiago, Chile  
2006*



**UNIVERSIDAD DE CHILE  
VICERRECTORIA DE ASUNTOS ACADEMICOS  
DEPARTAMENTO DE POSTGRADO Y POSTÍTULO  
PROGRAMA INTERFACULTADES**

**ESTIMACIÓN DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO  
INVERNADERO Y PROPOSICIÓN DE UNA ESTRATEGIA PARA SU  
REDUCCIÓN Y CAPTURA. CASO XI REGIÓN DE AYSÉN**

**MARCELA POULAIN ZAPATA**

**Directora de Tesis:**

Prof. Dra. Margarita Préndez

---

**Comisión Evaluadora de Tesis:**

Presidenta: Prof. Adriana Carrasco

---

Informante 1: Prof. Eduardo Sanhueza

---

Informante 2: Prof. Sergio González

---

*Santiago, Chile*  
2006

## INDICE

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	1
2. HIPÓTESIS	2
3. OBJETIVOS	2
4. MARCO TEÓRICO	3
4.1 Antecedentes acerca del cambio climático	3
4.2 Causas y evolución de las emisiones de GEI	6
4.3 Marco regulatorio en materia de cambio climático	8
4.4 Situación Nacional	11
4.4.1 La posición de Chile en las negociaciones internacionales	11
4.4.2 Inventario nacional de emisiones y capturas de GEI	12
4.4.3 Vulnerabilidad Nacional al Cambio Climático	12
4.5 Características de la XI Región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo	16
5. MATERIAL Y MÉTODO	20
5.1 Material	20
5.2 Método	20
5.2.1 Sector energía	22
5.2.1.1. Método de Referencia	23
5.2.1.2 Método por Categoría de Fuente	25
5.2.2 Sector no-energía	25
5.2.2.1 Módulo agricultura	26
5.2.2.3 Módulo silvicultura y cambio de uso del suelo	27
5.2.2.3 Módulo gestión de residuos antropogénicos	29
6. RESULTADOS	31
6.1 Resultados sector energía	31
6.1.1 Resultados método de referencia	31
6.1.2 Resultados método por categoría	31
6.2 Resultados sector no-energía	33
6.2.1 Resultados módulo agricultura	33
6.2.2 Resultados módulo silvicultura y cambio de uso del suelo	35
6.2.3 Resultados módulo residuos antropogénicos	38
6.2.4 Resultados general sector no-energía	39
7. CONCLUSIONES	43

8. PROPOSICION ESTRATEGIA DE REDUCCION Y CAPTURA DE GEI	45
9. BIBLIOGRAFÍA	49
ANEXOS	53
ANEXO A. FÓRMULAS SECTOR NO-ENERGÍA	53
I. Fórmulas módulo agricultura	53
II. Fórmulas módulo silvicultura y cambio de uso del suelo	55
III. Fórmulas módulo residuos antropogénicos	61
ANEXO B. ANTECEDENTES PARA EL SECTOR ENERGÍA	62
ANEXO C. ANTECEDENTES PARA EL SECTOR NO-ENERGÍA	63
I. Antecedentes del módulo agricultura	63
II. Antecedentes del módulo silvicultura y cambio de uso del suelo	67
III. Antecedentes del módulo residuos antropogénicos	69
ANEXO D. RESULTADOS SECTOR ENERGÍA	71
ANEXO E. RESULTADOS SECTOR NO-ENERGÍA	72
I. Resultados del módulo agricultura	72
II. Resultados del módulo silvicultura y cambio de uso del suelo	82
III. Resultados del módulo residuos antropogénicos	95

## INDICE TABLAS

	Pág.
Tabla N 1 Cobertura de servicios urbana y rural, XI Región	18
Tabla N 2 Producto Interno Bruto (PIB), 2002, XI Región	19
Tabla N 3 Categorías de fuentes de emisión y captura de GEI, Sector no-energía	27
Tabla N 4 Emisiones de GEI provenientes del consumo de energía, según tipo de combustibles. XI Región, año 1999	32
Tabla N 5 Emisiones de GEI provenientes de subsectores de energía. XI Región, año 1999	33
Tabla N 6 Emisiones de GEI provenientes del módulo Agricultura. XI Región, año 2003	34
Tabla N 7 Emisiones de GEI provenientes del módulo silvicultura y cambio del uso del suelo. XI Región, año 2003	36
Tabla N 8 Emisiones de GEI provenientes del módulo residuos. XI Región, año 2003	39
Tabla N 9 Emisiones y captura total de GEI. Sector no energía. Año 2003. XI Región	40
Tabla N 10 Uso de combustibles, año 1999, XI Región	62
Tabla N 11 Factores de cálculo, sector energía	62
Tabla N 12 Densidad por tipo de combustible	63
Tabla N 13 Existencia de ganado, año 2003, XI Región	63
Tabla N 14 Factores de emisión, fermentación entérica y manejo de estiércol	64
Tabla N 15 Fracción de nitrógeno por tipo de ganado	64
Tabla N 16 Fracción de nitrógeno en el estiércol, producido por sistemas de manejo de estiércol	64
Tabla N 17 Factor de emisión de oxido nitroso del ganado	64
Tabla N 18 Superficie con cultivos agrícolas, año 2003. XI Región	65
Tabla N 19 Tasa de aplicación fertilizantes por tipo de cultivo	66
Tabla N 20 Factor de emisión para suelos cultivados	66
Tabla N 21 Tasa de fijación nitrógeno y fracción de leguminosas por tipo de cultivo	66
Tabla N 22 Factores de conversión para residuos de cultivos agrícolas	67
Tabla N 23 Factores de emisión por defecto para la realización de los cálculos de quema de residuos agrícolas	67
Tabla N 24 Factores de emisión y conversión	67
Tabla N 25 Factores de cálculo, módulo silvicultura	68
Tabla N 26 Superficie año 2003 y factores para bosques templados en gestión silvícola	68
Tabla N 27 Valores de cosecha comercial, año 2003, XI Región	68

Tabla N 28	Factor de expansión de biomasa (para totalizar biomasa)	68
Tabla N 29	Relaciones de biomasa	68
Tabla N 30	Densidad de la madera y rotación de especies	69
Tabla N 31	Factores de cálculo requeridos para emisiones desde el suelo	69
Tabla N 32	Factores de cálculo requeridos para emisión por urbanización	69
Tabla N 33	Factores para determinación de RILES	69
Tabla N 34	Factores para determinación de aguas servidas domiciliarias	69
Tabla N 35	Factores para determinación de residuos sólidos domiciliarios	70
Tabla N 36	Consumo total de combustibles, año 1999, XI Región	71
Tabla N 37	Emisión de CO <sub>2</sub> proveniente del sector energía, año 1999, XI Región	71
Tabla N 38	Emisión de CH <sub>4</sub> procedente de la fermentación entérica del ganado doméstico y del manejo del estiércol	72
Tabla N 39	Nitrógeno excretado por sistema de manejo del estiércol (lagunas anaeróbicas)	72
Tabla N 40	Nitrógeno excretado por sistemas de manejo del estiércol (sistemas de tipo líquido)	73
Tabla N 41	Nitrógeno excretado por sistemas de manejo del estiércol (aspersión diario)	73
Tabla N 42	Nitrógeno excretado por sistemas de manejo del estiércol (almacenamiento sólido y parcelas secas)	74
Tabla N 43	Nitrógeno excretado por sistemas de manejo del estiércol (pastoreo directo)	74
Tabla N 44	Nitrógeno excretado por sistemas de manejo del estiércol (otros)	75
Tabla N 45	Emisiones de óxido nitroso procedentes de la producción pecuaria y emisiones procedentes de los sistemas de manejo del estiércol (SME)	75
Tabla N 46	Generación de biomasa quemada proveniente de cultivos agrícolas	76
Tabla N 47	Emisiones de carbono y nitrógeno liberado por quema agrícola	76
Tabla N 48	Emisiones de los diferentes gases procedentes de la quema agrícola	76
Tabla N 49	Aporte de nitrógeno procedente de fertilización nitrogenada sintética	77
Tabla N 50	Aporte de nitrógeno procedente del estiércol	78
Tabla N 51	Aporte de nitrógeno procedente de cultivos fijadores	78
Tabla N 52	Aporte de nitrógeno procedente de residuos de las cosechas	79
Tabla N 53	Emisiones directas de óxido nitroso procedentes de los campos agrícolas, excluido el cultivo de los histosoles	79
Tabla N 54	Emisiones de óxido nitroso de los suelos procedentes del pastoreo de animales-praderas y pastizales	80
Tabla N 55	Emisiones indirectas de óxido nitroso procedentes del depósito atmosférico desde NH <sub>3</sub> y NO <sub>x</sub>	81

Tabla N 56	Emisiones indirectas de óxido nitroso procedentes de la lixiviación	81
Tabla N 57	Captura de CO <sub>2</sub> proveniente de la gestión silvícola	82
Tabla N 58	Emisión de CO <sub>2</sub> proveniente de la gestión silvícola	82
Tabla N 59	Emisión neta de CO <sub>2</sub> proveniente de la gestión silvícola	82
Tabla N 60	Pérdida de biomasa proveniente de la habilitación de suelos	83
Tabla N 61	Emisiones de GEI provenientes de la habilitación de suelos	84
Tabla N 62	Emisiones totales de la habilitación de suelo	85
Tabla N 63	Pérdida de biomasa proveniente de la sustitución de bosque nativo	86
Tabla N 64	Emisiones de GEI provenientes de la sustitución de bosque nativo	87
Tabla N 65	Emisiones totales de la sustitución de bosque nativo	88
Tabla N 66	Absorción de carbono por la regeneración - primeros 20 años	89
Tabla N 67	Absorción de carbono por la regeneración - entre 20 y 100 años	89
Tabla N 68	Pérdida de biomasa proveniente de incendios forestales	90
Tabla N 69	Emisiones de GEI provenientes de incendios forestales	91
Tabla N 70	Emisiones totales de incendios forestales	92
Tabla N 71	Emisiones/Remociones de CO <sub>2</sub> desde suelos provenientes de la habilitación de suelos	93
Tabla N 72	Emisiones/Remociones de CO <sub>2</sub> desde suelos provenientes de la sustitución de bosque nativo	93
Tabla N 73	Emisiones/Remociones de CO <sub>2</sub> desde suelos provenientes del abandono de tierras	94
Tabla N 74	Emisiones por conversión, parcelación	94
Tabla N 75	Emisiones por conversión, urbanización	94
Tabla N 76	Emisiones totales por conversión de suelos	94
Tabla N 77	Emisiones provenientes de residuos líquidos industriales	95
Tabla N 78	Emisiones provenientes de residuos líquidos domiciliarios	95
Tabla N 79	Emisiones provenientes de residuos sólidos domiciliarios	96

## INDICE FIGURAS

	Pág.
Figura N 1 Efecto Invernadero	3
Figura N 2 Variaciones de la temperatura en la Tierra	5
Figura N 3 Emisiones de CO <sub>2</sub> en el mundo y en América Latina y el Caribe	7
Figura N 4 Los diez países emisores de CO <sub>2</sub> en América Latina y el Caribe, 2000	7
Figura N 5 Diagrama de flujo para la determinación del inventario regional	21
Figura N 6 Determinación de la proposición de estrategia de reducción y captura de GEI	22
Figura N 7 Emisiones de GEI por módulos de agricultura. XI Región, año 2003	34
Figura N 8 Emisiones de GEI por módulos de silvicultura y cambio de uso del suelo. XI Región, año 2003	36
Figura N 9 Emisiones de GEI por módulos de residuos. XI Región, año 2003	38
Figura N 10 Evolución emisiones CO <sub>2</sub> -equiv. Total XI Región	40
Figura N 11 Evolución emisiones CO <sub>2</sub> -equiv. Agricultura. XI Región	41
Figura N 12 Evolución emisiones CO <sub>2</sub> -equiv. Silvicultura y cambio de uso de la tierra. XI Región	42
Figura N 13 Evolución emisiones CO <sub>2</sub> -equiv. Residuos antropogénicos. XI Región	42



## GLOSARIO DE TÉRMINOS

Se emplean las siguientes abreviaturas y unidades, las cuales corresponden a las determinadas en las Directrices del PICC (1996 a y 2005).

### Abreviaturas

cal caloría

G giga (prefijo equivalente a factor de multiplicación igual a  $10^9$ )

g gramo

ha hectárea

hab habitantes

J julio

k kilo (prefijo equivalente a factor de multiplicación igual a  $10^3$ )

M mega (prefijo equivalente a factor de multiplicación igual a  $10^6$ )

m<sup>3</sup> metro cúbico

ms materia seca

pob población

T tera (prefijo equivalente a factor de multiplicación igual a  $10^{12}$ )

t tonelada

## RESUMEN

En este trabajo se propone una estrategia que permita potenciar una alta captura de gases de efecto invernadero (GEI) y reducir las emisiones en la XI Región de Aysén, aprovechando los mecanismos de financiamiento determinados por acuerdos internacionales. Esta estrategia debe considerar la tendencia creciente de las emisiones debido al crecimiento poblacional e industrial y al aumento en el consumo de combustibles fósiles. Por ello, se realizó un inventario de GEI, considerando las emisiones del sector energía y no-energía.

El análisis muestra que no existen antecedentes públicos actuales sobre el consumo regional de combustibles, de tal manera que la determinación de las emisiones de GEI a nivel regional no es adecuada, siendo importante una gestión que permita la actualización periódica de estos datos.

Los cálculos indican que en el año 1999, el sector energía la XI Región emitió 192,14 Gg CO<sub>2</sub>, generado principalmente del consumo de gas/petróleo diesel y gasolina, en un 73% y 25%, respectivamente.

En el sector no energía, el balance global de las emisiones y capturas de GEI para el año 2003, indica una captura neta de 8.182,13 Gg CO<sub>2</sub>-equiv, generada por la captura de biomasa aportadas por el módulo silvicultura y cambio de uso del suelo y las mayores emisiones provienen de la fermentación entérica.

En términos generales es prioridad para la XI Región, el fortalecimiento de la recolección de datos, monitoreo e investigación en vulnerabilidad y adaptación, junto con ello, es necesario promover y fortalecer los mecanismos de participación social, así como de generación y acceso a la información pública.

Se concluye que si las emisiones de GEI de la XI Región de Aysén llegaran a superar su captura, esta región perdería sus ventajas ambientales comparativas. Si se implementan estrategias para invertir dicho proceso, se evitaría el deterioro de su calidad ambiental y se contribuiría a posicionarla como un modelo regional de desarrollo sostenible.

## SUMMARY

The objective of the present work is to propose a strategy that allows to increase a great Greenhouse gas (GHG) sink and to reduce the emissions in the XI Region of Aysén, taking advantage of the certain financing mechanisms for international agreements. These strategies should consider the growing tendency of the emissions due to the populational growth and to the increase in the consumption of fossil fuels. This way an inventory of GHG was carried out, considering the emissions of the sector energy and no-energy.

It is concluded that current public antecedents don't exist on the regional consumption of fuels, in such a way that the determination of the emissions of GHG at regional level is not adapted by this lack of information, an administration being important that allows the periodic generation of these data.

The results indicate for the year 1999, in the sector energy the XI Region emitted 192,14 Gg CO<sub>2</sub>, generated mainly of the consumption of diesel and gasoline, in 73% and 25%, respectively.

In the sector non energy, the global balance of the emissions and captures of GHG for the year 2003, indicates a net capture of 8.182,13 Gg CO<sub>2</sub>-equiv, generated by the capture of biomass contributed by the module forestry, land use change and the major emissions coming from the enteric fermentation.

In general terms for the XI Region, it is a priority the quality increase of the data collection, monitoring and research in vulnerability and adaptation, together with promoting and strengthening the mechanisms of social participation, as well as generation and access to the public information.

It is concluded that if the emissions of GHG of the XI Region of Aysén came to exceed their sink, this region would lose their comparative advantages. However, if strategies were implemented to invest this process, the deterioration of its environmental quality would be avoided and be contributed to position it as a regional model of sustainable development.

## 1. INTRODUCCIÓN

El cambio global se refiere al conjunto de modificaciones que se están produciendo en forma simultánea en el planeta y que tienen relación con alteraciones en los flujos de energía y material producto del aumento de la población humana y sus actividades.

Los nuevos escenarios climáticos globales generados por el cambio climático producirán, eventualmente, impactos positivos y negativos. La adaptación a ellos requiere la necesidad de evaluar las posibles amenazas y oportunidades que podrían crear, en las próximas décadas, los crecientes aumentos en la concentración de gases de efecto invernadero (GEI).

A nivel nacional para determinar las medidas de adaptación y mitigación requeridas frente al cambio climático, es necesario investigar la forma en que se desarrollan las diversas actividades en el país, analizar las respuestas del ecosistema y como podrían enfrentarse estas modificaciones. En tal sentido, se han realizado estudios que evalúan la vulnerabilidad al cambio climático de algunos aspectos de interés en el país.

En Chile es posible modificar los sistemas institucionales del país para implementar las políticas de mitigación y adaptación (Moreno, 2002).

Considerando que el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) es el único mecanismo flexible del Protocolo de Kyoto que involucra a los países del No Anexo I (países en vías de desarrollo), y teniendo en cuenta las oportunidades que ofrece para financiar proyectos de mejoramientos tecnológicos de mitigación de GEI y de captura de carbono, es recomendable promover instancias que sirvan de base para desarrollar esquemas y estrategias de operación con el objeto de fomentar el desarrollo de proyectos MDL.

La XI región de Aysén tiene grandes superficies cubiertas con bosque y presenta una alta regeneración de vegetación nativa en sectores abandonados, esto posibilita una captura de GEI. Por lo tanto, es importante establecer estrategias que permitan fortalecer esta ventaja. Estas estrategias deben considerar la tendencia creciente de las emisiones debido al crecimiento poblacional e industrial con el consiguiente aumento en el consumo de combustibles fósiles, lo cual tenderá a incrementar las emisiones de GEI.

El objetivo de este trabajo es proponer una estrategia que permita potenciar una alta captura de GEI y reducir las emisiones en la XI Región de Aysén, aprovechando los mecanismos de financiamiento determinados por acuerdos internacionales.

## **2. HIPÓTESIS**

### **2.1 Hipótesis general**

Si se implementaran estrategias para evitar el deterioro ambiental en la XI Región de Aysén resultante del cambio climático que afecta al planeta, esta región podría conservar las ventajas comparativas en que se basa su desarrollo constituyéndose en un modelo de desarrollo sostenible.

### **2.2 Hipótesis específicas**

1. Considerando un probable escenario de clima futuro en la XI Región, inducido por un aumento planetario en las concentraciones de GEI, podrían existir modificaciones a las condiciones ambientales de la Región.
2. Si existieran nuevas condiciones ambientales se generaría un cambio de las actividades productivas desarrolladas en la zona, que podría llevar a que las emisiones de GEI superaran su captura.
3. La aplicación de nuevos recursos científicos y/o tecnológicos permitiría identificar estrategias adaptables a largo plazo a los nuevos escenarios climáticos y al desarrollo de las actividades productivas existentes en la XI Región, evitando así la tendencia de que las emisiones de GEI superaran a su captura.

## **3. OBJETIVOS**

### **3.1 Objetivo general**

Proponer un lineamiento de estrategia para reducir emisiones y aumentar capturas de gases de efecto invernadero en la XI Región de Aysén.

### **3.2 Objetivos específicos**

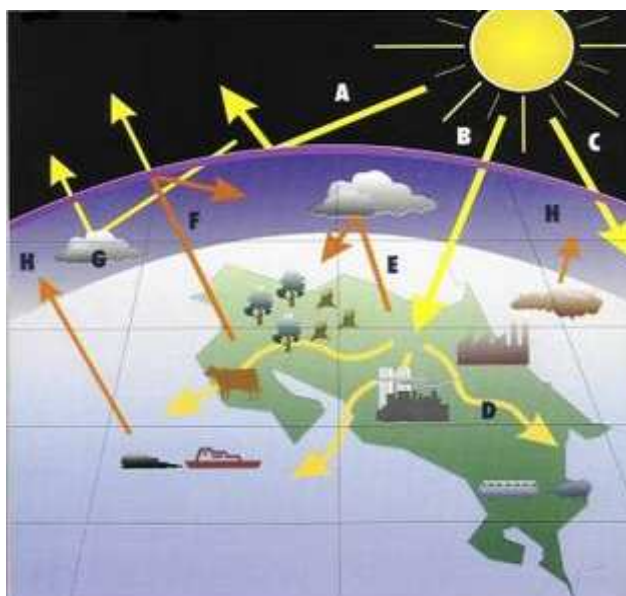
1. Caracterizar la línea base de las emisiones y capturas totales de GEI generados en el sector energía y no-energía en la XI Región de Aysén.
2. Analizar la evolución de las emisiones y capturas totales de GEI generados en el sector energía y no-energía en la XI Región de Aysén.
3. Analizar la implementación de acciones para la reducción y captura de GEI en la XI Región.

## 4. MARCO TEÓRICO

### 4.1 Antecedentes acerca del cambio climático

Se entiende por cambio climático a aquellas modificaciones de clima atribuidas directa o indirectamente a la actividad humana que alteran la composición de la atmósfera mundial y que se suman a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables (CMCC/NU, 1992). Por su parte, las alteraciones naturales pueden ser explicadas en términos de las variaciones de la intensidad de la energía solar que alcanza la superficie de la Tierra y las emisiones de aerosoles producidas por las erupciones volcánicas que han estado ocurriendo en el planeta desde su formación.

El efecto invernadero se produce en forma natural, cuando parte de la radiación solar atraviesa la atmósfera (flechas amarillas en Figura 1), es absorbida por la superficie de la tierra (flechas B, C, D), cambia su longitud de onda y se reemite como radiación infrarroja (flechas naranjas), nuevamente es absorbida en la tropósfera y devuelta a la tierra debido a la existencia de nubes y gases denominados gases de efecto invernadero (GEI) (flechas E,F), aumentando la temperatura promedio de la Tierra (Lara, 2003).



Fuente: Instituto Meteorológico Nacional, Costa Rica

Figura 1: Efecto invernadero

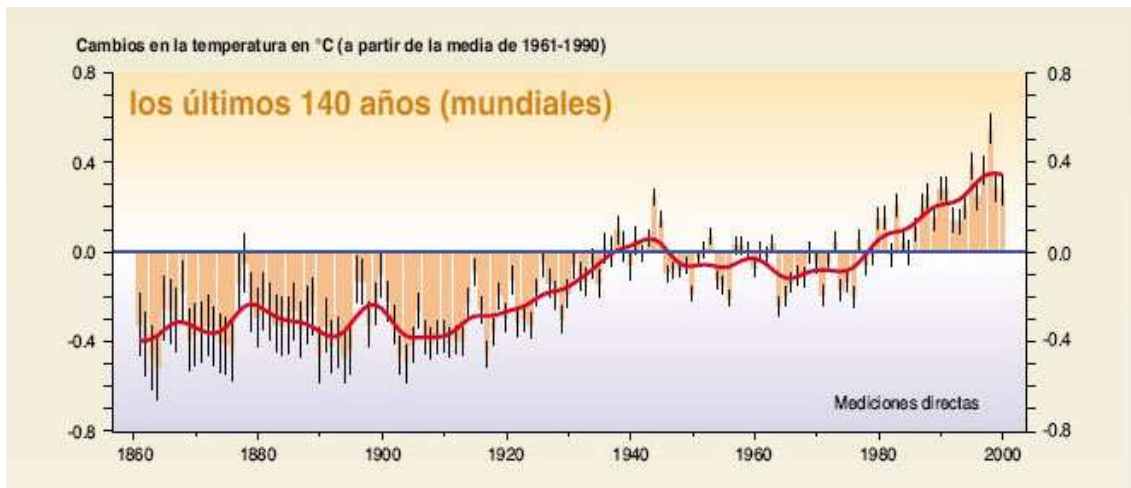
Los GEI pueden ser divididos en tres categorías: 1) los radiativamente activos, tales como el vapor de agua, el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), el ozono ( $\text{O}_3$ ), el metano ( $\text{CH}_4$ ), el óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) y los clorofluorocarbonos (CFC), que ejercen un efecto

climático directo; 2) los química/fotoquímicamente activos, tales como el monóxido de carbono (CO), los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) y el dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), que ejercen efectos climáticos indirectos a través de reacciones químicas que determinan la concentración en la atmósfera de radicales hidroxilo (OH), CH<sub>4</sub> y O<sub>3</sub> y; 3) las emisiones de aerosoles atmosféricas (PRIEN, 2000).

Como consecuencia de los cambios de composición de la atmósfera atribuidos en forma directa e indirecta a la actividad antrópica, actualmente la Tierra deja escapar menos energía con respecto a la que el planeta irradiaba antes de iniciarse esta alteración. La consecuencia de este hecho es que la temperatura media de la zona inmediata a la superficie terrestre está aumentando respecto de su valor original.

Los primeros estudios relacionados con el cambio climático fueron desarrollados por Arrhenius en 1896 (citado por Oppenheimer y Petsonk, 2005). En 1941, Flohn notó que la producción antropogénica de CO<sub>2</sub> perturba el ciclo del carbono llevando a un incremento constante de éste en la atmósfera. En 1957, Revelle y Suess concluyeron que las actividades humanas estaban iniciando una modificación geofísica global que llevaría a cambios climáticos. En el mismo año, Keeling y colaboradores comenzaron el primer programa de mediciones de CO<sub>2</sub> en Mauna Loa (Hawai) y en el Polo Sur, como parte del año geofísico internacional (PRIEN, 2000 y Oppenheimer y Petsonk, 2005). Pero sólo en 1981 se estableció que la elevación de las concentraciones de GEI podría afectar la productividad de la agricultura, subir el nivel del mar y generar efectos diversos sobre los ecosistemas marinos y terrestres (Oppenheimer y Petsonk, 2005).

En el año 1991 el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (PICC, 1991) publicó la información de que durante los últimos 100 años se ha producido un aumento de temperatura media mundial entre 0,3 y 0,6°C lo cual se ve reflejado en la Figura 2, obtenida por PICC (2003) con datos de World Resource Institute y se proyectó un aumento entre 1,4 y 5,8°C para el período 1990–2100. Esta proyección de variación en la temperatura es 2 a 10 veces superior al calentamiento observado durante el siglo XX y es muy probable que la velocidad proyectada del calentamiento no tenga precedentes durante, al menos, los últimos 10.000 años.



Fuente: PICC, 2003

**Figura 2. Variaciones de la temperatura en la Tierra**

El Tercer Informe de Evaluación del PICC (2001) señala que, si no se modifican las tendencias actuales, en el año 2100 existirán entre otros aspectos:

- Grandes trastornos en los asentamientos humanos costeros por elevaciones del nivel del mar.
- Graves impactos sobre la agricultura debido a un aumento de eventos climáticos extremos.
- Importantes alteraciones de la disponibilidad de recursos hídricos debido a disminución de la extensión de glaciares, hielos y elevación de la línea de las nieves, como consecuencias directas del aumento de temperatura.
- Fuertes alteraciones en la actividad pesquera debido a cambios morfológicos de la zona costera asociados al aumento del nivel del mar, pero también debido al aumento de la temperatura de las aguas.
- Importantes impactos sobre la salud humana debido tanto al aumento de frecuencia de enfermedades asociadas con los cambios directos de temperatura, como aquéllos indirectos motivados por nuevos espacios para las enfermedades mortales típicas de zonas calientes y húmedas, o las asociadas a contaminación.

Los gases que se están acumulando en la atmósfera y cambiando así su capacidad de retención de energía calórica, son esencialmente el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el metano (CH<sub>4</sub>), el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), los clorofluorocarbonos (CFC), los hidrofluorocarbonos (HFC), los perfluorocarbonos (PFC) y el hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>). Entre los años 1750 y 2000, las concentraciones atmosféricas de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y



N<sub>2</sub>O, han variado desde 280 mg/L a 353 mg/L, desde 0,8 mg/L a 1,72 mg/L y desde 288 µg/L a 310 µg/L, respectivamente (PICC, 2001).

## **4.2 Causas y evolución de las emisiones de GEI**

Aunque exista consenso de que el promedio de la temperatura superficial de la Tierra ha aumentado, no ha habido acuerdo respecto a la causa, es decir, si es un fenómeno natural, producto de la actividad antrópica o ambas (Kaufmann y Stern, 1997). No obstante, Hegerl et al. (2001) y PICC (2003) establecen que aunque se debe distinguir entre la fluctuación climática natural y la influencia de la actividad humana, existe evidencia de la manifestación de la acción antropogénica en el clima.

Entre las causas antropogénicas que han llevado a que el promedio de GEI esté progresivamente aumentando se encuentran:

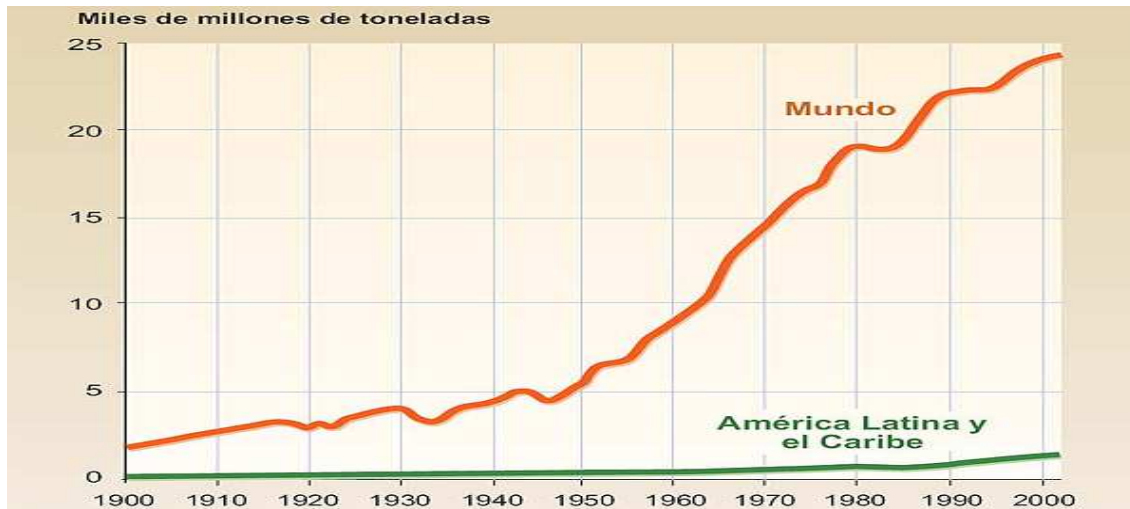
- Uso masivo y creciente de fuentes energéticas basadas en carbono fosilizado (carbón mineral, gas natural, petróleo y sus derivados).
- Proceso de deforestación como resultado del uso masivo de leña como combustible, aumento de superficies para uso agrícola, demanda de materia prima, entre otros, dando como resultado la disminución significativa de la cobertura forestal y, consecuentemente, la capacidad de almacenamiento de CO<sub>2</sub>.
- Aumento de la conversión de suelos forestales en agrícolas (especialmente en arrozales), de la minería del carbón, de la industria extractiva del gas natural, de la acumulación de basura de las grandes ciudades, de las excretas de los rumiantes, entre otros, que aumentan las fuentes de emisiones de metano a la atmósfera
- Incremento de prácticas agrícolas intensivas en uso de fertilizantes minerales nitrogenados, de procesos de remoción de nitrógeno de fuentes industriales, de motores de combustión, entre otros, que están dando origen a la liberación de óxido nitroso a la atmósfera.

Las principales fuentes de aumento de GEI corresponden en un 45% a las emisiones de GEI provenientes de procesos industriales y el 20% es producto de la deforestación y el cambio de uso de los suelos (PICC, 2003).

En el año 2003, la Convención Marco de Cambio Climático de las Naciones Unidas comunicó que entre 1990 y 2000, se disminuyó en un 3% el total de las emisiones anuales de GEI, debido principalmente a la reducción de las emisiones provenientes de países con economías en transición (disminución en un 37%), y de la Comunidad Europea (3,5%), donde las mayores disminuciones se realizaron en

Alemania (19%), aunque en España hubo un aumento en las emisiones (35%). Por su parte, Canadá incrementó en 20%, Australia en 18%, Estados Unidos en 14% y Japón en 11%. En relación a las actividades, las emisiones de GEI del sector transporte crecieron un 20%, las del sector energía- industria un 10% y el transporte aéreo internacional alrededor del 48%.

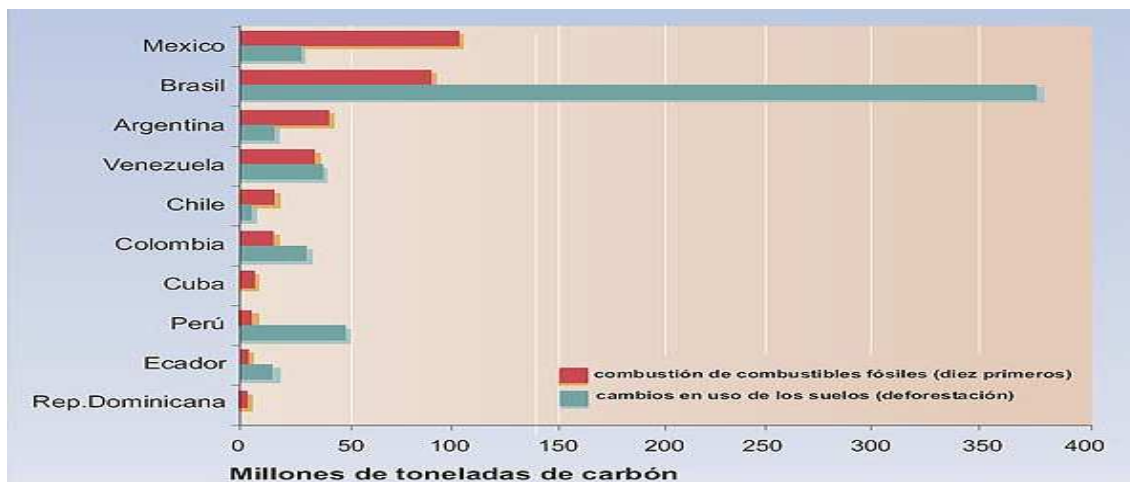
La Figura 3 muestra un incremento de las emisiones de CO<sub>2</sub> entre 1900 y 2000 y con una participación de América Latina y el Caribe menor a un 10% (PNUMA, 2004).



Fuente: PNUMA/GRID-Arendal, PNUMA, 2004

**Figura 3: Emisiones de CO<sub>2</sub> en el mundo y en América Latina y el Caribe**

En relación a América Latina y El Caribe (ALC), las emisiones de CO<sub>2</sub> no son generadas en igual proporción por todos los países. En términos generales, poco más del 70% de las emisiones de GEI en ALC provienen de cuatro países (Brasil, México, Venezuela y Argentina); considerando también las emisiones de Colombia y Perú, el porcentaje alcanza el 83%, como se muestra en la Figura 4 (PNUMA, 2004).



Fuente: PNUMA/GRID-Arendal, PNUMA, 2004

**Figura 4: Los diez países emisores de CO<sub>2</sub> en América Latina y el Caribe, 2000**

### **4.3 Marco regulatorio en materia de cambio climático**

El conocimiento de los tipos de impacto que podría traer consigo una alteración del sistema climático fue lo que condujo a la comunidad científica reunida en la Primera Conferencia Mundial sobre el Clima en año 1979, Estocolmo, a solicitar a los gobiernos que generaran acciones para enfrentar este problema ambiental de características globales. En este sentido, desde 1980 se desarrollaron dos corrientes tendientes a enfrentar el cambio climático, una relacionada con el fin ambiental y otra con su factibilidad política y económica, particularmente con el objetivo de limitar el uso de energía del sector eléctrico (Oppenheimer y Petsonk, 2005).

En 1988, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y la Organización Mundial del Clima, crearon el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (PICC), el cual recibió como mandato, evaluar el estado del conocimiento existente sobre sistemas climáticos y de cambio climático, sobre el medio ambiente, los impactos económicos y sociales y la propuesta de una estrategia posible para enfrentar sus impactos.

Diez años más tarde, la evidencia sobre los efectos de esta situación, principalmente sobre sus impactos en el orden económico mundial, determinaron las condiciones para que la Asamblea General de Naciones Unidas, en su periodo de sesiones del año 1990, encomendara el inicio de negociaciones de una Convención Internacional para coordinar políticas destinadas a enfrentar el problema. Así, se instituyó la Convención Marco sobre el Cambio Climático de las Naciones Unidas (CMCC/NU), siendo el primer instrumento internacional legalmente vinculante que aborda directamente el tema del cambio climático. La Convención distinguió dos grupos de países que denominó "Partes": Partes Anexo I y Partes no Anexo I. A las Partes Anexo I pertenecen los países industrializados, los cuales se comprometían a poner en ejecución acciones para que sus emisiones de GEI en el año 2000 fueran iguales a las que tenían el año 1990, proporcionar recursos económicos a los países no anexo I (países en desarrollo), para preparar inventarios nacionales de sus emisiones de GEI y para que pudieran iniciar acciones correctivas de esos patrones de emisiones.

Los inventarios nacionales corresponden a la elaboración, actualización periódicamente y divulgación de las emisiones antropogénicas. El inventario contempla los módulos de energía y procesos industriales, agricultura, cambio del uso de la tierra y silvicultura, junto con gestión de desechos.

Lamentablemente, quedó en evidencia que estos acuerdos no se iban a cumplir ni eran cuantitativamente suficientes para la envergadura del problema y los

tiempos disponibles para realizarla. Las razones para prever un no-cumplimiento fueron de dos tipos: la primera, porque el acuerdo no contemplaba un sistema de sanciones para el no-cumplimiento, y la segunda, porque la meta de reducción igualitaria para todas las naciones industrializadas no recogía las diferencias existentes en las matrices energéticas de ellas. Esto significaba que los costos iniciales para poner en marcha las transformaciones tecnológicas requeridas variaban notablemente de país a país, lo que se traducía en el peligro de afectar de manera diferente la competitividad económica existente entre ellos y, consecuentemente, el “orden económico” mundial.

En 1995, se iniciaron las negociaciones para un nuevo acuerdo que considerara dichos aspectos, las que finalizaron en diciembre de 1997, en Kyoto, donde se firmó un Protocolo a la Convención. El Protocolo de Kyoto contempla tanto un sistema de sanciones por no-cumplimiento de compromisos, como objetivos diferenciados de reducción de emisiones GEI para el periodo 2008-2012 de los países industrializados, lo que significa una reducción promedio de un 5,4% respecto a las emisiones de esos países en el año 1990. Por otra parte, dicho acuerdo internacional ha dejado a los países en vías de desarrollo sin responsabilidad cuantitativa sobre las emisiones de GEI, abriendo un espacio de participación voluntaria según los recursos económicos que el mundo desarrollado puede proporcionar mediante traspaso económico directo (Fondo Mundial del Medio Ambiente de la CMCC) o mecanismos de mercado.

La finalidad del protocolo persigue el objetivo último de la Convención enunciado en su artículo 2, el cual corresponde a:

*“El objetivo último de la presente Convención y de todo instrumento jurídico conexo que adopte la Conferencia de las Partes, 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 antropogénicas 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”.*

Para el cumplimiento de las metas propuestas existen diversas alternativas denominadas genéricamente "mecanismos de flexibilización", ya sea a través de: 1) “sumideros” o fuentes de captura de carbono, creación y mantenimiento de bosques y; 2) mecanismos de mercado, lo que permite disminuir los costos de cumplimientos del Protocolo (Gayoso y Schlegel, 2001).

En los artículos 6, 12 y 17 del Protocolo se contemplan los mecanismos de mercado para alcanzar el control de emisiones, mediante:

- Implementación conjunta: orientado a compensar emisiones de GEI entre los países del Anexo B, que es la lista de países desarrollados y aquéllos con economías en transición de economía centralizada a economía de mercado, con sus compromisos de reducción de emisiones (Art. 6).
- Transacción de emisiones: corresponde a un régimen de transacción internacional de emisiones que permite a los países industrializados comprar y vender créditos de emisiones entre ellos mismos (países Anexo B) (Art. 17).
- Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL): entre países del Anexo B y países en vías de desarrollo (Art. 12). El propósito del MDL es ayudar a las Partes No Anexo a lograr un desarrollo sostenible y contribuir al objetivo último de la Convención, así como ayudar a las Partes incluidas en el Anexo B a dar cumplimiento a sus compromisos cuantificados de limitación y reducción de emisiones, siendo éste el único instrumento de flexibilidad para reducir las emisiones de GEI en el que Chile puede participar, buscando financiamiento de proyectos de mitigación de GEI por parte de empresas con altos niveles de emisión de países desarrollados (Gayoso y Schlegel, 2001).

La adopción del MDL no estuvo exenta de discusión ya que existían discrepancias respecto a algunos temas. Entre estos temas a analizar se distinguen<sup>1</sup>:

- Los potenciales des-incentivos que su uso pudieran significar para los esfuerzos que las naciones industrializadas debieran hacer en sus propios países para cumplir con los objetivos de la Convención; particularmente los esfuerzos requeridos en innovación tecnológica y cambios en los patrones de consumo energético de sus sociedades;
- La potencial pérdida de soberanía sobre los programas nacionales de desarrollo, especialmente en las naciones en vías de desarrollo, por la inducción de cambios en el tipo y ritmo de la innovación tecnológica que la disponibilidad específica de estos recursos pudiera significar;
- Las dificultades objetivas para cuantificar y distinguir las reducciones reales de emisiones de GEI logradas en los países en desarrollo por este tipo de inversiones, respecto a aquéllas que se hubieran producido, de todos modos a lo largo del tiempo, por la penetración natural de las nuevas tecnologías en las economías de estas naciones.

---

<sup>1</sup> Comunicación personal, Dr. Eduardo Sanhueza. CCyD.

Sin embargo, en el año 2001 en la séptima conferencia de las partes en Marrakech se llegó a un acuerdo que permitió adecuar respuestas a estos temas.

No obstante, Michaelowa y Rolfe (2001) sostienen que la reducción de emisiones de GEI establecida en el Protocolo de Kyoto es claramente insuficiente. Adicionalmente, Wicke y Knebel (2003) establecen que este instrumento es incapaz de reducir la influencia de la actividad antrópica sobre el cambio climático, debiendo abordarse un sistema de certificación climática mundial, con la participación de países desarrollados y no desarrollados.

Se debe considerar que las actividades asociadas al uso directo de la tierra, no son la causa principal del cambio climático y las estrategias de manejo de biomasa no pueden contribuir completamente a su solución, siendo, más bien, una medida complementaria al secuestro de carbono por producción de biomasa (Kennett, 2002). De igual manera, ciertas naciones y sectores de la sociedad, promueven que, complementariamente al Protocolo de Kioto se consideren la conservación y preservación de ecosistemas naturales (Bonnie et al., 2002; Santilli et al., 2005). De esta manera, países con una tasa de deforestación alta, tal como Brasil, Indonesia, Bolivia, Perú, Colombia y naciones de África Central, no tienen incentivos para reducir sus emisiones por concepto de deforestación. Por ello se requiere generar mecanismos que permitan que estas naciones modifiquen estas tasas (Santilli et al., 2005).

#### **4.4 Situación Nacional**

##### **4.4.1 La posición de Chile en las negociaciones internacionales**

El Estado chileno firmó la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático en la Cumbre de Río el año 1992. El Congreso Nacional ratificó este acto el 24 de diciembre de 1994, y este tratado internacional es Ley desde su promulgación el 13 de abril de 1995. De este modo, el país adquirió el compromiso de sumarse a las tareas de mitigación de las causas que originan esta amenaza ambiental, bajo el principio de las responsabilidades comunes que todas las naciones del mundo tienen en las tareas generales para la solución de este problema, pero que son diferenciadas de aquéllas que tienen los mayores responsables históricos del problema, los países industrializados (CONAMA, 1999).

Según PNUMA (2004), los países en desarrollo y los menos desarrollados, en primera instancia, tienen que satisfacer los requerimientos de desarrollo social y bienestar de sus ciudadanos, para lo cual es indispensable un crecimiento económico que, por lo general, conlleva un incremento de emisiones de GEI. Por consiguiente,

sería importante que Chile, al igual que el resto de los países del ALC, desarrolle estrategias apropiadas de compromisos, mecanismos e instrumentos para cumplir los objetivos y alcanzar las metas de la CMCC.

Chile participa en la reducción de emisiones de GEI a través del MDL. La existencia de este mercado podría llegar a constituirse en una importante oportunidad para que una serie de proyectos destinados a responder a necesidades del desarrollo nacional, regional o local, pudieran lograr una nueva fuente de ingresos que posibilitaría su implementación<sup>2</sup>. En la actualidad dichos proyectos no se pueden ejecutar por falta de rentabilidad financiera, existencia de barreras institucionales aún no resueltas, o costos que exceden la capacidad presupuestaria fiscal. Un ejemplo son las actividades bajo la nominación de “cambio del uso de la tierra y silvicultura”, que se encuentran entre las causas que explican el aumento de la concentración de GEI en muchas naciones en desarrollo, particularmente en América Latina y ofrecen espacios privilegiados de coincidencias entre los intereses de carácter local y los globales (CONAMA, 1999).

#### 4.4.2 Inventario nacional de emisiones y capturas de GEI

En 1999, bajo el marco de la primera comunicación de Chile al CMCC, se informó el primer inventario de GEI, sus niveles de actividad y sus emisiones. En términos generales, este inventario muestra que Chile emitiría un 0,2% de GEI del total mundial, lo que corresponde a 7.387,7 Gg CO<sub>2</sub>-equivalentes (37.097,0 y -29.709,3 Gg CO<sub>2</sub>-equivalentes por sector energía y no energía, respectivamente), tomando 1994 como año base (CONAMA, 1999). Según este inventario, en el sector no-energía (actividad de la agricultura, ganadería, silvicultura, cambio de uso de la tierra y manejo de residuos), Aysén corresponde a la región del país con mayores capturas netas de CO<sub>2</sub>. Sin embargo, se prevé una tendencia al aumento de la actividad pesquera y a un mayor consumo de combustibles fósiles, lo que producirá una reducción de la captura neta de GEI.

#### 4.4.3 Vulnerabilidad nacional al cambio climático

Según el PICC los países en vías de desarrollo, serían más vulnerables a los impactos del cambio climático para enfrentar efectos de inundaciones, sequías, incendios, pestes, etc. debido a su menor infraestructura (PRIEN, 1999 b).

---

<sup>2</sup> Comunicación personal, Dr. Eduardo Sanhueza, CCyD.

El incremento en la intensidad y frecuencia de huracanes en el Caribe, los cambios en los patrones de precipitaciones, el aumento de los niveles de las riberas en Argentina y Brasil y la reducción de los glaciares en la Patagonia y Los Andes, son fenómenos que indican el impacto que el calentamiento global podría tener en ALC (PNUMA, 2004).

En la región de ALC, los países más vulnerables a los fenómenos hidrometeorológicos son posiblemente los que tienen costas en la cuenca del Caribe. Otras regiones particularmente vulnerables se encuentran en el noreste brasileño, en las desérticas costas peruanas y chilenas y en las zonas áridas de Argentina.

En la subregión Andina, el fenómeno de El Niño tiende a aumentar las precipitaciones y a ocasionar severas sequías (PICC, 1997). Estas variaciones hídricas puedan afectar seriamente las actividades agrícolas y generación de energía hidráulica, siendo actividades de gran impacto e importancia socioeconómicas en varios países de esta subregión. El impacto se extiende también a las enfermedades infecciosas derivadas de la variabilidad en la disponibilidad del agua en la región (PNUMA, 2004).

Con base en la información del PICC (1997), se reconoce como países especialmente vulnerables a los efectos de una alteración del patrón climático que prevalece hoy en el planeta, a los siguientes:

1. Los países insulares pequeños
2. Los países con zonas costeras bajas
3. Los países con zonas áridas y semiáridas, zonas con cobertura forestal y zonas expuestas al deterioro forestal
4. Los países con zonas propensas a los desastres naturales
5. Los países con zonas expuestas a la sequía y la desertificación
6. Los países con zonas de alta contaminación atmosférica urbana
7. Los países con zonas de ecosistemas frágiles, incluidos los ecosistemas montañosos
8. Los países cuyas economías dependen en gran medida de los ingresos generados por la producción, el procesamiento y la exportación de combustibles fósiles y productos asociados de energía intensiva, o de su consumo
9. Los países sin litoral

En efecto, se ha reconocido la alta vulnerabilidad de nuestra nación a una alteración del patrón climático del planeta y sus efectos sobre nuestra economía. En



otro sentido, la apertura que caracteriza nuestra economía nos hace muy vulnerables a las transformaciones tecnológicas que se pudieran llevar a cabo por las naciones industrializadas para hacer frente al desafío de reducir sus emisiones de GEI, afectándonos negativamente si no tenemos la capacidad de adaptarnos a esos nuevos escenarios (CONAMA, 1999).

Existe un diagnóstico de la vulnerabilidad de la agricultura, los recursos hídricos y la silvicultura del país realizado por AGRIMED bajo coordinación de CONAMA (1999). Estos resultados son:

- a) Cambios en la temperatura. Los modelos utilizados predicen cambios significativos de la temperatura sobre el territorio chileno. En la región austral tendrían un aumento que podría bordear los 3°C.

Los incrementos en la temperatura modificarían variables relevantes para la agricultura, como heladas, horas de frío, ocurrencia de días cálidos, entre otros. Probablemente este desplazamiento influiría de manera importante sobre las zonas de cultivos de frutales e industriales. Igualmente, el potencial ganadero de las regiones australes podría aumentar.

- b) Cambios en las precipitaciones y el régimen hídrico global. Los resultados indican cambios mayores a 30% en la pluviométrica anual de ciertas áreas del país. Esto supone que para los próximos 40 años, el régimen pluviométrico podría experimentar cambios de la misma magnitud de aquéllos que ocurrieron durante el último siglo.

De Chiloé al sur, la precipitación podría aumentar tornándose más lluviosos los climas australes.

Al sur del paralelo 42, tratándose de cuencas con predominio de un régimen pluvial, se estima que la escorrentía debería variar según una tendencia similar a la de las precipitaciones.

Las significativas reducciones del recurso hídrico significarían importantes modificaciones a las obras disponibles para el almacenamiento del recurso.

- c) Impactos sobre la silvicultura. En términos generales una evolución hacia regímenes menos áridos en el sector altiplánico del extremo norte del país y regímenes más húmedos en la zona sur (entre la VIII y XII regiones), aumentarían significativamente el potencial productivo del sector silvicultura. En las regiones XI y XII podría producirse un mejoramiento de los potenciales de producción.
- d) Efecto sobre las praderas naturales. Se apreciaría una sensible caída de la productividad anual entre las regiones IV y IX, repitiéndose igual situación desde la XI Región al sur.

- e) Incidencias de plagas y enfermedades. En todos los rubros analizados, el ataque de hongos, ante la mayor pluviometría se vería favorecido, resultando efectos negativos severos. Sin embargo, las bajas temperaturas atenuarían la acción de los hongos. Solo las lluvias primaverales la favorecerían.

En el caso de los insectos y ácaros, la mayor pluviometría en la zona norte generaría condiciones favorables para su desarrollo, resultando en un efecto negativo leve. En la zona centro y sur del país, disminuiría su población al prolongarse los ciclos de vida.

También existen estudios preliminares (EULA, 1999), que tratan de evaluar los efectos que tendría sobre las zonas costeras y la actividad pesquera del país un incremento del nivel y la temperatura del mar, como los modelos predicen que ocurriría durante el siglo. Para un escenario pesimista se estimó un incremento del nivel del mar de 1 metro y una variación de la temperatura superficial del mar de 0,5°C que corresponde a un escenario probable. Los resultados más importantes de estos trabajos corresponden a:

- a) Impactos en zonas costeras. El único estudio existente corresponde al Golfo de Arauco. Sus conclusiones son que, en especial, los asentamientos humanos correspondientes a pescadores artesanales y a ciudades o centros poblados en áreas cercanas al mar presentan vulnerabilidad a un incremento al nivel del mar, en un grado que significarían la necesidad del retiro de las poblaciones hacia áreas más protegidas tierra adentro.
- b) Impactos en la actividad pesquera. Los estudios indican un cambio en la distribución y abundancia de alguno de los recursos pesqueros. En particular, la captura de *Engraulis ringens* (anchoveta) en la zona norte del país sufriría una baja significativa como resultado de su reemplazo por *Sardinops sagax* (sardina española), con un resultado neto de baja de la biomasa disponible. En el sector litoral de la VIII y X región, debería aumentar la biomasa de *Engraulis ringens*.

Para la especie *Clupea bentincki* (sardina común), se prevé una distribución de biomasa, disminuyendo notablemente en el norte, especialmente en la zona de Coquimbo, en forma leve en el litoral de la Región del Bío-Bío y un aumento de la media histórica de los desembarques hacia el sur.

En el caso de *Merluccius gayi* (merluza), el análisis no prevé modificaciones significativas en la distribución y disponibilidad del recurso, excepto leves modificaciones en el norte.

De acuerdo a los aspectos evaluados en los estudios anteriormente descritos, es conveniente el análisis de las opciones de que dispone el país para reducir sus emisiones de GEI, por lo que es preciso generar periódicamente un inventario de emisiones de GEI, que permita evaluar su evolución (Flessa et al., 2002).

#### **4.5 Características de la XI Región de Aysén del General Carlos Ibáñez del Campo**

La Región de Aysén se localiza aproximadamente entre los 43°40' y 49° de latitud Sur, a los 71°06' long. Este hasta las aguas territoriales del Océano Pacífico. Esta región tiene una superficie de 109.024,9 km<sup>2</sup>, representando un 14,2% de Chile continental e insular. Su organización administrativa comprende cuatro provincias y 10 comunas, con la ciudad de Coyhaique como capital regional.

La configuración de su relieve se caracteriza por la ausencia del valle longitudinal, el que está reemplazado por gran cantidad de canales marítimos y fiordos. Los principales ríos que conforman su hidrografía son los ríos Palena, Backer, Aysén, Bravo y Pascua.

El clima que caracteriza a la región de Aysén es el clima frío oceánico de bajas temperaturas, con abundantes precipitaciones, fuertes vientos y alta humedad. Las características del relieve provocan una diferencia de climas en el sector Oriental, formado por islas y archipiélagos, y en el sector oriental de la cordillera patagónica (Biblioteca Congreso Nacional, 2002).

La Región de Aysén posee una superficie aproximada de 10,7 millones de hectáreas, de las cuales el 45,1% corresponde a la categoría bosques, es decir, aproximadamente 4,8 millones de hectáreas. De éstas, un 99,8% corresponde a bosque nativo, 0,1% son plantaciones y el porcentaje restante corresponde a bosques mixtos (CONAF, 1999)

La colonización y asentamiento de la región, comienza con las estancias explotadoras de ganado que se establecen desde principios de 1900. Se produce una marcada migración a la región desde el resto del país, motivado por la crisis mundial de los años 30, agotamiento y subdivisión de tierras cerealeras en la actual IX región, pobreza del territorio insular de Chiloé y ocupación del territorio argentino por el gobierno de ese país. La actividad forestal se inicia hacia los años 40, con la explotación de *Pilgerodendron uviferum* (ciprés) en el litoral y luego continúa con bosques de *Nothofagus pumilio* (lenga) ubicados en las zonas cordilleranas. La “habilitación” de suelos para ganadería, se hace luego de las “Actas de Colonización”, seguidas de roces a fuego, que eliminan la vegetación arbórea en un cuarto de la superficie total de la región. Se despejan unas 200 mil hectáreas de suelos de uso

ganadero, al costo de incendiar y perder 2,5 millones de ha de bosques nativos (Biblioteca Congreso Nacional, 2002).

Como consecuencia de la colonización, la cultura predominante ha sido esencialmente extractiva, con base casi exclusiva en actividad silvopecuaria. La agricultura ha tenido menor desarrollo, ya que no se proveía de los insumos básicos por el aislamiento que caracterizó la región y por otra parte, exigía mayor trabajo físico y manual, menospreciado por la cultura ganadera y maderera (SERPLAC, 2000).

De acuerdo al censo de 2002, la población de la región es de 91.492 habitantes, de estos un 80,4% corresponde a los habitantes de los principales centros urbanos de la región y un 19,6% vive en sectores rurales, considerando que la tasa de crecimiento vegetativo es de aproximadamente 13,6 %, lo que implicaría que para el 2012 la población podría alcanzar los 103.935 habitantes. En relación a la cobertura de servicios básicos, existen diferencias marcadas entre la población rural y urbana (Tabla 1).

**Tabla 1: Cobertura de servicios urbana y rural, XI Región**

<b>Servicios</b>	<b>(%)</b>
Agua Potable Urbana	98%
Agua Potable Rural	47%
Alcantarillado Urbano	96%
Alcantarillado Rural	59%
Energía Eléctrica Urbana	98%
Energía Eléctrica Rural	61%

Fuente: INE, Censo, 2002

Hasta fines de la década de los 80, la economía regional dependió casi exclusivamente de la actividad ganadera. Este modelo de economía regional mono productora de ganado ovino y bovino se agotó por la subdivisión de predios, que producía pérdidas debido a economías de escala y rentabilidad de la explotación ganadera, por la apertura de la economía chilena a la competencia externa, luego por la falta de mercado y precios para la lana y finalmente por la asociación del país al MERCOSUR, que internacionalizó el precio del ganado bovino. Como consecuencia, se produjo una migración muy activa de las familias rurales hacia los centros urbanos de Coyhaique y Puerto Aysén. Hacia fines del siglo, la actividad económica de Aysén es altamente dependiente del gasto público per cápita, siendo mayor que el promedio de otras regiones (SERPLAC, 2000).

En general, la región se ha caracterizado por tener una baja participación en el Producto Interno Bruto (PIB) a escala nacional, correspondiente al 0,5% (Tokman, 2006). No obstante, entre 1990 - 1999 la actividad económica en la región sufrió importantes transformaciones (MIDEPLAN, 1999). De acuerdo a la Tabla 2, en cuanto a la participación de los sectores en el total de la actividad económica regional, los sectores pesca (27,8%), administración pública (13,9%) y construcción (12,6%), son los más relevantes.

**Tabla 2: Producto Interno Bruto (PIB), 2002, XI Región por sector de la actividad económica**

<b>Sector</b>	<b>PIB (Millones de pesos)</b>	<b>% participación</b>
Agropecuario - Silvicultura	8.332	3,9
Pesca	59.461	27,8
Minería	2.377	1,1
Industria Manufacturera	7.578	3,5
Electricidad, Gas y Agua	4.514	2,1
Construcción	26.997	12,6
Comercio	10.564	4,9
Transporte y Comunicaciones	17.241	8,1
Servicios Financieros	11.942	5,6
Propiedad de Viviendas	12.555	5,9
Servicios Personales	24.569	11,5
Administración Pública	29.767	13,9
Menos Imputaciones Bancarias	-2.355	-1,1
<b>Total PIB</b>	<b>213.542</b>	<b>100,0</b>

Fuente: Banco Central, 2005

Al analizar el comportamiento de cada sector productivo, es posible señalar que el sector silvoagropecuario ha sufrido una disminución en la participación del PIB regional a partir de 1985, pasando de una intervención cercana al 23% a un 4% (Biblioteca Congreso Nacional, 2002). Otro sector que ha disminuido su participación es el sector de la administración pública (Biblioteca Congreso Nacional, 2002). Por otro lado, existen sectores que han tenido un importante aumento, tal es el caso de la pesca, cuya participación en 1985 no superó el 2%, siendo en la actualidad el sector con la mayor importancia dentro del PIB (Tokman, 2006). Esta situación se explica debido al auge que ha tenido el sector acuícola a nivel nacional y que dada las

características que presenta la región para la actividad han permitido su desarrollo, especialmente en la producción de salmonídeos (MIDEPLAN, 1999).

No obstante, se visualiza la incorporación a futuro de otros sectores económicos, tales como hidroenergía y turismo. Con la hidroenergía ya se encuentran otorgados derechos de agua para una generación eléctrica. En el sector turismo, se identifican algunos proyectos en operación y la incorporación de otros nuevos a través de la política de oferta de terrenos para el desarrollo de proyectos turísticos en proceso de implementación (MIDEPLAN, 1999).

Uno de los problemas ambientales existentes en la capital regional se debe al consumo en Coyhaique de 201.232 m<sup>3</sup> de leña al año para uso residencial (calefaccionar, cocinar y calentar agua), generando emisiones atmosféricas causadas por la combustión de esta leña (Urrejola, 2004). Por lo tanto, el control de esta variable debe ser contemplado entre las acciones a desarrollar para la reducción de emisiones en el sector energía.

## 5. MATERIAL Y MÉTODO

### 5.1 Material

El inventario de GEI se basa en los modelos utilizados por el Instituto de Investigación Agropecuarias (INIA) y en el Programa de Investigación en Energía (PRIEN), los cuales se ciñen a las guías metodológicas PICC, revisadas en 1996.

La información disponible utilizada en este inventario considera 3 años consecutivos: 1) en el sector energía información de los años 1997 a 1999; 2) para el sector no-energía, 2002 al 2004.

Para el sector energía la información proviene del Informe Estadístico de la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC), de la Comisión Nacional de Energía (CNE) y del Programa de Investigación en Energía (PRIEN), la cual se encuentra detallada en la Tabla 10 a 12 del Anexo B; para el sector no energía, del Instituto Nacional de Estadísticas (INE), de la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA), del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), de la Corporación Nacional Forestal (CONAF), del Instituto Forestal de Aysén (INFOR), entre otras fuentes, según información señalada en la Tabla 13 a 35 del Anexo C.

### 5.2 Método

La realización del inventario de las emisiones y absorción de GEI<sup>3</sup> en la XI Región de Aysén obedece a las directrices sobre los inventarios anuales reglamentados por la CMCC/NU (2004), por lo que se deben considerar sus principios y definiciones, los que establecen:

*los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (en adelante los "inventarios"), deberán ser transparentes, coherentes, comparables, exhaustivos y exactos.*

**Transparencia** significa que las hipótesis y metodologías utilizadas en un inventario deben explicarse con claridad para facilitar la reproducción y evaluación del inventario por los usuarios de la información suministrada. La transparencia de los inventarios es fundamental para la eficacia del proceso de comunicación y de examen de la información.

**Coherencia** significa que el inventario debe ser internamente coherente en todos sus elementos con los inventarios de otros años. Un inventario es coherente si se utilizan las mismas metodologías para el año base y todos los años siguientes y si

---

<sup>3</sup> Los inventarios deberán contener los siguientes GEI: dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, perfluorocarburos, hidrofluorocarburos y hexafluoruro de azufre. GEI indirecto: monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles distintos del metano, así como sobre los óxidos de azufre.

se utilizan conjuntos de datos coherentes para calcular las emisiones y absorciones de fuentes o sumideros.

**Comparabilidad** significa que las estimaciones de las emisiones y absorciones de que informen las Partes del anexo I en sus inventarios deben poder compararse.

**Exhaustividad** significa que el inventario debe abarcar todas las fuentes y sumideros y todos los gases que figuran en las Directrices del PICC, así como otras categorías pertinentes de fuentes y sumideros que son específicas de determinadas Partes del anexo I y que, por consiguiente, pueden no estar incluidas en las Directrices del PICC.

**Exactitud** es una medida relativa del grado en que una estimación de emisión o absorción se aproxima al valor real. Las estimaciones deben ser exactas en el sentido de que no queden sistemáticamente por encima o por debajo de las emisiones o absorciones efectivas, por lo que pueda apreciarse, y de que las incertidumbres se reduzcan al mínimo posible. Deben utilizarse metodologías adecuadas, conformes a la orientación del PICC sobre las buenas prácticas, para promover la exactitud de los inventarios.

En la Figura 5 se observa un esquema que indica la secuencia de pasos para la realización del inventario de GEI regional.

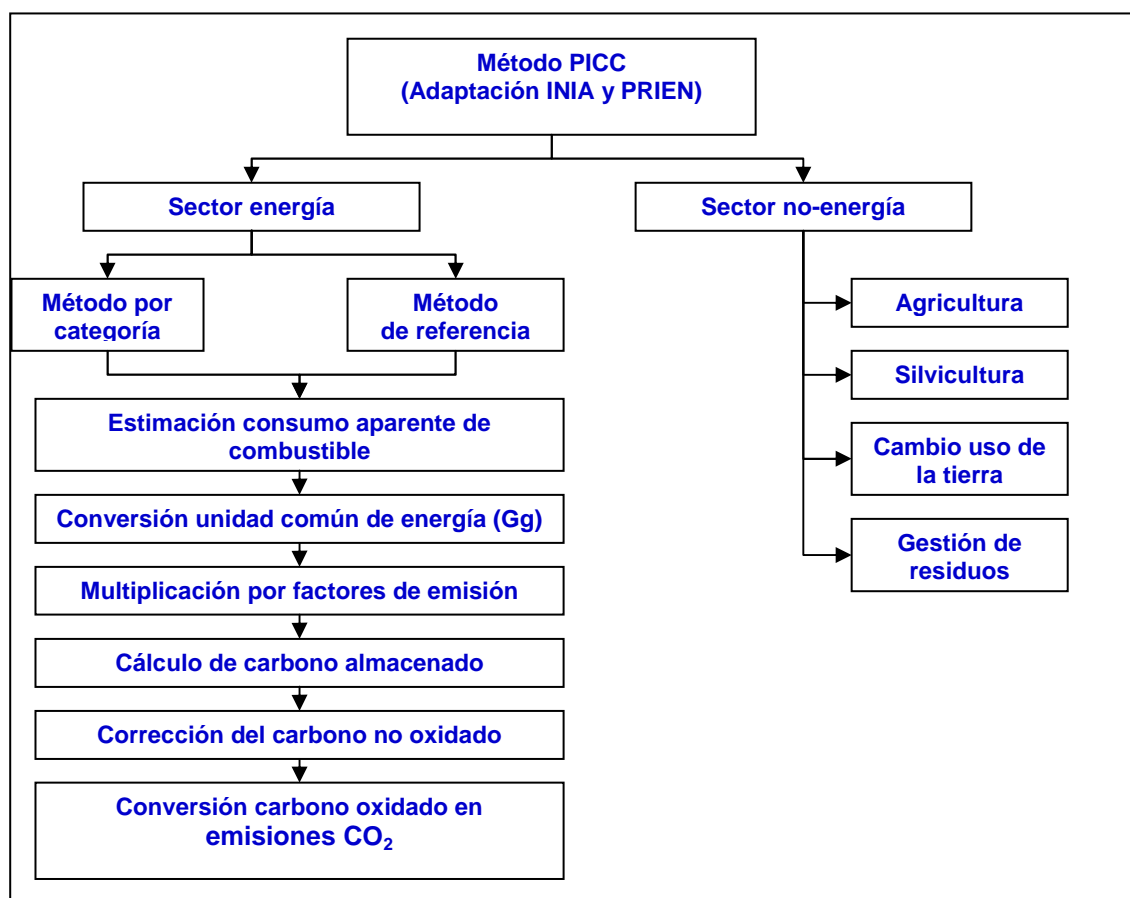
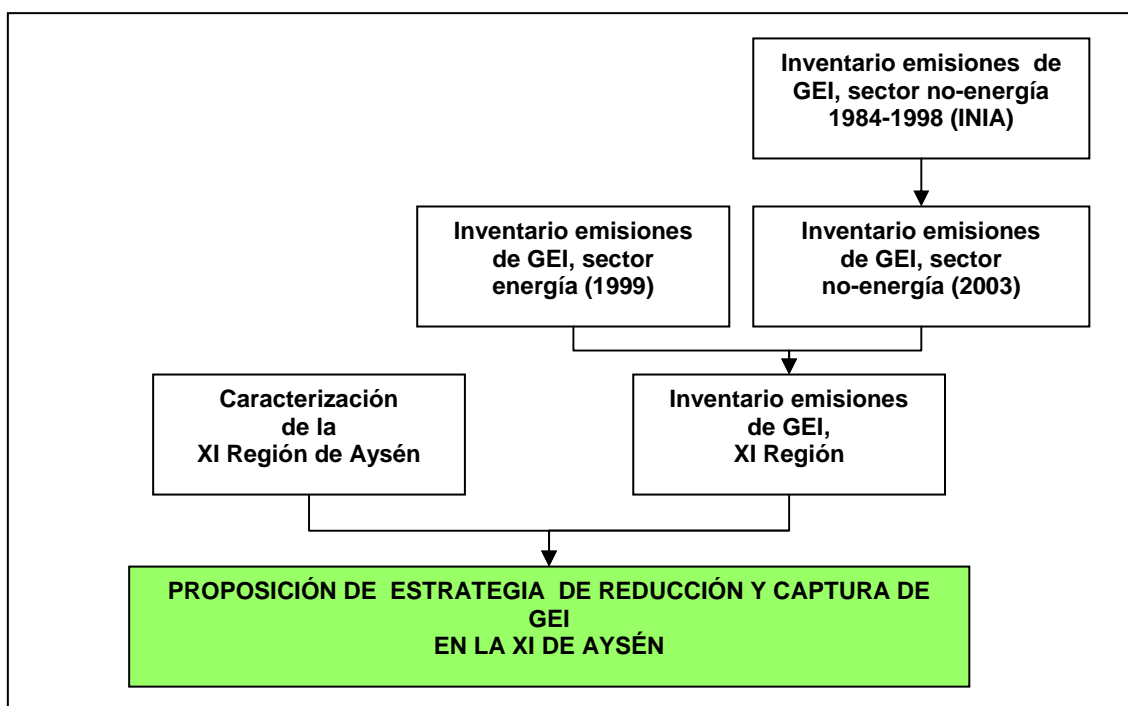


Figura 5: Diagrama de flujo para la determinación del inventario regional



Se entenderá por sector energía, a las áreas constituidas por energía, industria, transporte y sector residencial. El sector no-energía comprenderá las actividades de agricultura, silvicultura, cambio de uso de la tierra y gestión de residuos. Para cada sector existe un método de medición diferente (PICC, 1996 a).

Para la generación de la proposición de estrategia de reducción y captura de GEI en la XI Región se analizaron las posibilidades y limitaciones de su implementación a través de la caracterización de la región y determinación de las emisiones de GEI según sector energía y no-energía (Figura 6).



**Figura 6: Determinación de la proposición de estrategia de reducción y captura de GEI**

### 5.2.1 Sector energía

Para estimar las emisiones de GEI del sector energía se utilizaron dos métodos: a) Método de referencia y b) Método por categoría. El primero se concentra en el cálculo de emisiones a partir del contenido de carbono de los combustibles suministrados a la región o área de estudio analizado en su conjunto; la segunda metodología, concentra el cálculo en las principales actividades de combustión. Este último método permite contar con cifras de emisiones por sector para la vigilancia y formulación de políticas de reducción de emisiones (PICC, 1996 b. PRIEN, 1997).

#### 5.2.1.1. Método de referencia

Las emisiones de CO<sub>2</sub> se generan por la quema de combustibles que contienen carbono. Las estimaciones de las emisiones del área de estudio se realizan atendiendo a la cantidad de combustible utilizado y al contenido de carbono de los combustibles (PICC, 1996 a).

Para contabilizar los combustibles suministrados es importante distinguir entre combustibles primarios (es decir, los que se encuentran en estado natural como, por ejemplo, el carbón, el petróleo crudo y el gas natural), y los combustibles secundarios o productos combustibles, como son las gasolinas y lubricantes que se derivan de los combustibles primarios.

La contabilidad del carbono se basa principalmente en el suministro de combustibles primarios y en las cantidades netas de combustible secundario producidos en esta región.

De esta manera, la metodología del PICC divide el cálculo de las emisiones procedentes de combustión de combustibles en seis pasos:

Paso 1: Estimación del consumo aparente de combustible en unidades originales

Paso 2: Conversión a una unidad común de energía

Paso 3: Multiplicación por los factores de emisión, previamente determinados, para calcular el contenido de carbono

Paso 4: Cálculo del carbono almacenado

Paso 5: Corrección para dar cuenta del carbono no oxidado

Paso 6: Conversión del carbono oxidado en emisiones de CO<sub>2</sub>

Para calcular el suministro de combustible es conveniente disponer de los siguientes datos para cada combustible y año seleccionado:

1. Cantidades de combustibles primarios producidos (se excluye la cantidad de combustibles secundarios)
2. Cantidades de combustibles primarios y secundarios importados
3. Cantidades de combustibles primarios y secundarios exportados
4. Cantidades de combustibles residuales pesados (bunker) destinado al transporte aéreo internacional
5. Incremento o disminución neta de las existencias de combustible

De acuerdo al PICC (1996, b), otros aspectos importantes que inciden en la metodología considerada:

- Carbono almacenado. No todo el combustible que ingresa a la región, se quema para obtener energía calorífica. Parte se utiliza como materia prima (o

materia básica) para la fabricación de productos, como es el caso de los plásticos, o en actividades sin finalidad energética (por ejemplo, asfalto para la pavimentación de carretera), en que no ocurre oxidación (emisiones) de carbono. Este combustible recibe el nombre de carbono almacenado y se descuenta del cálculo del carbono.

- Combustible en bunker internacionales. Los procedimientos presentados para el cálculo de las emisiones, garantizan que las emisiones procedentes del uso de los combustibles en el transporte marítimo y aéreo internacional (en este caso sería entre regiones) se excluya de los totales de emisiones. Sin embargo, se deberá notificar por separado (a título de información) las cantidades y tipos de combustible entregados en los bunker internacionales para el transporte marítimo y aéreo así como las emisiones.
- Combustible de biomasa. Los combustibles de biomasa se incluyen en la contabilidad nacional de energía y emisiones de CO<sub>2</sub> sólo a título de información. En el módulo correspondiente a energía se da por supuesto que el consumo de biomasa es igual al volumen que se regenera. Toda variación con respecto a esa hipótesis se refleja en el módulo correspondiente a Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura.

En consecuencia, para calcular el consumo aparente para cada combustible, se suman las cifras de producción (si procede) y las importaciones, restándose la exportación, los bunker internacionales y los cambios en las existencias para calcular el consumo aparente de los combustibles, según la siguiente fórmula:

$$\text{Consumo aparente} = P + I - E - BI - CE$$

donde,

- P = Producción
- I = Importaciones
- E = Exportaciones
- BI = Bunkers internacionales
- CE = Cambios en las existencias

La información base sobre consumo de combustibles se obtuvo de la Comisión Nacional de Energía (CNE). Los factores de emisión utilizados corresponden a los valores por defecto del PICC (1996 a), ya que no se dispone de factores nacionales apropiados.

Para la realización de este estudio no se contemplaron las emisiones provenientes de procesos industriales y uso de solventes, es decir, no provenientes de la combustión de energéticos. De acuerdo al PRIEN (1999 a), las fuentes emisoras relevantes para Chile corresponden a la producción y/o uso de cemento, hierro y acero, cobre y papel y celulosa.

### 5.2.1.2 Método por categoría

Para el cálculo de las emisiones de GEI contempladas en el consumo de combustible por sectores, se distinguieron las siguientes áreas, según PICC (1996, b):

- Industrias de la energía (generación termoeléctrica, extracción de petróleo y gas natural, y los centros de transformación de gas y coke, carbón y leña, gas natural-metanol)
- Industrias manufactureras y construcción
- Transporte (aéreo, caminero, ferroviario y marítimo)
- Otros sectores (considerando los submódulos: comercial/institucional, residencial, agricultura/silvicultura/pesca).

Las emisiones fugitivas en la minería del carbón y la explotación de petróleo y gas natural, no fueron consideradas para este estudio.

En la determinación de emisiones por sector se debe seguir los seis pasos señalados anteriormente en el método de referencia.

La información requerida para aplicar esta metodología en la cual se establece las emisiones por sector, se obtuvo de la CNE, del INE y del PRIEN.

Para la construcción de las tablas de resultados se consultaron los valores de generación y consumo de energía (electricidad) de la CNE y del INE.

Los consumos de energía en el sector manufacturero se obtuvieron de las encuestas ENIM (Encuesta Nacional de la Industria Manufacturera) del INE.

Para la estimación de las emisiones, los antecedentes de consumo de combustible y energía fueron procesados según las tablas del PICC que considera factores de emisión para los distintos GEI.

### 5.2.2 Sector no-energía

Se utilizó el inventario generado por INIA (1997), junto con los estudios de análisis de opciones de mitigación (INIA, 1999) y de la serie temporal 1984 – 1998 (INIA, 2000), basados en las guías metodológicas del PICC.

El método estima emisiones a través de un modelo que se puede describir mediante la siguiente ecuación:

$$E = A * b * c * d * \dots$$

donde,

- |         |   |                                                                        |
|---------|---|------------------------------------------------------------------------|
| E       | = | cantidad de un gas emitido en un tiempo determinado en Gg/año          |
| A       | = | biomasa o superficie ocupada por un cultivo, según unidades requeridas |
| b, c, d | = | factores para convertir el valor de A en E                             |

Para este sector, el método PICC considera cuantificar las emisiones y capturas de GEI emergentes, según se indica en la tabla 3:

**Tabla 3: Categorías de fuentes de emisión y captura de GEI, Sector no-energía**

Sector	Emisiones inventariadas
Agricultura	Emisión de CH <sub>4</sub> por el cultivo del arroz y la ganadería doméstica.
	Emisión de N <sub>2</sub> O desde suelos cultivados.
	Emisión de N <sub>2</sub> O, NO <sub>x</sub> , CH <sub>4</sub> y CO 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 no forestales).
	Emisión de CO <sub>2</sub> por cosecha forestal (madera, leña, C vegetal y astillas)
	Emisión de CO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> O, NO <sub>x</sub> , CH <sub>4</sub> y CO por quema <i>in</i> y <i>off-situ</i> de biomasa arbórea residual.
Cambio de uso de la tierra	Emisión de CO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> O, NO <sub>x</sub> , CH <sub>4</sub> y CO, por habilitación de terrenos (eliminación de cubierta boscosa y reemplazo por cultivos o praderas).
	Emisión de CO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> O, NO <sub>x</sub> , CH <sub>4</sub> y CO, por sustitución de bosque nativo por plantaciones forestales y por 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 anaeróbico de aguas servidas domiciliarias.
	Emisión de CH <sub>4</sub> por tratamiento anaeróbico de residuos industriales líquidos.
	Emisión de CH <sub>4</sub> por tratamiento anaeróbico de residuos sólidos domiciliarios.
	Emisión de CH <sub>4</sub> por tratamiento anaeróbico de residuos sólidos industriales.

#### 5.2.2.1 Sector no-energía, módulo agricultura

El módulo agricultura contempla las emisiones de GEI procedentes de:

- a) Ganado doméstico. En el submódulo “ganado doméstico”, se registran las emisiones de metano y óxido nitroso procedentes de la fermentación entérica y del manejo de estiércol.

El metano procedente de la fermentación entérica se origina por el proceso digestivo durante el cual los hidratos de carbono se descomponen por la acción de microorganismos, siendo los rumiantes la causa principal de emisión en esta categoría (PICC, 1996 a). En el caso del manejo de estiércol (animales confinados), obedece a la descomposición en condiciones anaeróbicas (PICC, 1996 a). Para la estimación de N<sub>2</sub>O procedente del manejo de estiércol, se establece el nitrógeno excretado por el sistema de manejo, el cual puede generarse por: laguna anaeróbica, sistema de tipo líquido, abono diario, almacenamiento sólido y parcelas secas, praderas y pastizales, otros.

Las fórmulas utilizadas para la determinación de las emisiones del ganado doméstico se encuentran en Anexo A.I.1.

- b) Suelos cultivados. Se estiman las emisiones de N<sub>2</sub>O por vía directa (denitrificación en el suelo) e indirectas. Por vía directa, están la aplicación de fertilizantes nitrogenados, la aplicación de residuos orgánicos, la depositación de estiércol y la fijación biológica de N<sub>2</sub> (simbiótica). Como vía indirecta se contempla la volatilización de N<sub>2</sub> desde la superficie de los suelos cultivados y su subsecuente depositación de NH<sub>3</sub> y NO<sub>x</sub>, por aplicación de fertilizantes, el N<sub>2</sub> lixiviado de los suelos y la volatilización de N<sub>2</sub>, por escurrimiento superficial de aguas servidas (INIA, 1999). Las fórmulas utilizadas se encuentran en el Anexo A.I.2.
- c) Quema de residuos agrícolas. Los sistemas agrícolas producen una gran cantidad de desperdicios, por lo cual una práctica común es su eliminación a través de la quema, lo que produce emisiones de CH<sub>4</sub>, CO, N<sub>2</sub>O, NO<sub>x</sub>. Las fórmulas utilizadas se encuentran en el Anexo A.I.3.

Debido a que en la XI Región no existen cultivos de arroz, no se procedió a su estimación. Por lo cual, las emisiones totales del módulo agricultura, corresponden a:

$$\begin{aligned} \mathbf{CH_4 \text{ agricultura}} &= \mathbf{CH_4 \text{ ganado}} + \mathbf{CH_4 \text{ quema}} \\ \mathbf{N_2O \text{ agricultura}} &= \mathbf{N_2O \text{ cultivos agrícolas}} + \mathbf{N_2O \text{ estiércol}} + \mathbf{N_2O \text{ quema}} \\ \mathbf{NO_x \text{ agricultura}} &= \mathbf{NO_x \text{ quema}} \\ \mathbf{CO \text{ agricultura}} &= \mathbf{CO \text{ quema}} \end{aligned}$$

#### 5.2.2.2 Sector no-energía, módulo silvicultura y cambio de uso del suelo

En el Módulo de “Silvicultura y Cambio de uso del suelo”, según lo determinado por INIA (1997 y 1999), se debió realizar modificaciones al tratamiento establecido en las directrices de PICC ya que existen fuertes diferencias con la situación nacional (INIA, 1999). De esta manera, existen adaptaciones del método original.

Entre los submódulos contemplados en el estudio, se encuentran:

- a) Gestión silvícola. Corresponde a los cambios de biomasa producidos por manejo de plantaciones forestales y de bosque nativo. De esta manera, se considera la captura de CO<sub>2</sub> por aumento de biomasa y las emisiones originadas por eliminación de biomasa de estos bosques. Las fórmulas utilizadas se encuentran en el Anexo A.II.1.
- b) Conversión. La metodología propuesta por el PICC define al 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 pérdidas de superficie boscosa para la habilitación de terrenos agrícolas y por la sustitución por plantaciones forestales. Las fórmulas utilizadas se encuentran en el Anexo A.II.2.

- c) Abandono. 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 ellas se produce una captura neta de carbono y se prevé que su explotación dentro de los próximos 100 años será ambientalmente sustentable (INIA, 1999). Adicionalmente, la información estadística disponible no permite desagregar las tierras abandonadas en las categorías agrícolas, bosque nativo y tierras incendiadas. Las fórmulas utilizadas se encuentran en el Anexo A.II.3.
- d) Incendios forestales. 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 obedece a procesos naturales. Las fórmulas utilizadas se encuentran en el Anexo A.II.4.
- e) Emisiones y capturas de CO<sub>2</sub> desde los suelos. Se incluyen las emisiones netas de CO<sub>2</sub> de tres procesos: 1) los cambios en el carbono almacenado en los suelos y la cubierta vegetal muerta de los suelos minerales debido a cambios en las prácticas del uso de la tierra, 2) las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes de suelos orgánicos convertidos a la agricultura o plantaciones forestales (conversión por habilitación y sustitución de vegetación nativa) y 3) las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes de enmienda con cal de los suelos agrícolas (PICC, 1996 a). Este último aspecto no será evaluado, debido a falta de información para la región. Las fórmulas utilizadas se encuentran en el Anexo A.II.5.
- f) Urbanización. Se considera 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. Las fórmulas utilizadas se encuentran en el Anexo A.II.6.

De esta manera, las emisiones y capturas totales del módulo de “Silvicultura y Cambio de uso de la tierra”, corresponden a:

$$\begin{aligned}
 \mathbf{Em\ CO_2\ silv} &= \mathbf{CO_2\ em\ gest} + \mathbf{CO_2\ em\ conv} + \mathbf{CO_2\ em\ IF} + \mathbf{CO_2\ em\ suelo} + \\
 &\quad \mathbf{CO_2\ em\ urb} \\
 \mathbf{Cap\ CO_2\ silv} &= \mathbf{CO_2\ cap\ gest} + \mathbf{CO_2\ cap\ conv} + \mathbf{CO_2\ cap\ A} + \mathbf{CO_2\ cap\ IF} + \mathbf{CO_2} \\
 &\quad \mathbf{cap\ suelo} \\
 \mathbf{CH_4\ silv} &= \mathbf{CH_4\ conv} + \mathbf{CH_4\ IF} \\
 \mathbf{CO\ silv} &= \mathbf{CO\ conv} + \mathbf{CO\ IF} \\
 \mathbf{N_2O\ silv} &= \mathbf{N_2O\ conv} + \mathbf{N_2O\ IF} \\
 \mathbf{NO_x\ silv} &= \mathbf{NO_x\ conv} + \mathbf{NO_x\ IF}
 \end{aligned}$$

#### 5.2.2.3 Sector no-energía, módulo gestión de residuos antropogénicos

En el módulo “Gestión de residuos antropogénicos”, también denominado desperdicios, de acuerdo a INIA (1999), está integrado por los residuos en sus fracciones tratadas en instalaciones (vertederos y plantas de tratamiento). Para las aguas servidas y residuos industriales, el método considera las emisiones de CH<sub>4</sub>, desde sitios de tratamiento anaeróbico. Para ello, la carga orgánica es multiplicada por la fracción tratada anaeróbicamente, lo que multiplicado por el factor de emisión (por defecto), da una estimación del CH<sub>4</sub> emitido.

En cuanto a los residuos sólidos domiciliarios, la emisión de CH<sub>4</sub> se estimó sobre la base de tasas de generación per cápita. Las fórmulas utilizadas se encuentran en el Anexo A.III.

Las emisiones totales del módulo desperdicios, corresponden a:

$$\mathbf{CH_4\ residuos} = \mathbf{Em\ CH_4\ RSD} + \mathbf{Em\ CH_4\ Riles} + \mathbf{Em\ CH_4\ AS}$$

De acuerdo a las directrices del PICC, se deberán notificar las emisiones y las absorciones agregadas de GEI, expresadas en CO<sub>2</sub> equivalente, utilizando los valores de los potenciales de calentamiento atmosférico (PCA), basados en los efectos de los GEI en un horizonte temporal de 100 años (PICC, 1995). De tal manera que:

$$1\ Gg\ de\ CO_2 = 1\ Gg\ CO_2\text{-equivalente}$$



*1 Gg de CH<sub>4</sub> = 21 Gg CO<sub>2</sub>-equivalente*

*1 Gg de N<sub>2</sub>O = 310 Gg CO<sub>2</sub>-equivalente*

De acuerdo al principio de exhaustividad de las directrices sobre los inventarios anuales (CMCC/NU, 2004), si existen lagunas en la metodología o en los datos de los inventarios, deberá informarse de ellas de manera transparente. Las claves de notación para la identificación de estas situaciones corresponden a:

- "NO" (no ocurren), para las actividades o procesos en una categoría determinada de fuentes o sumideros que no tienen lugar en un país.
- "NE" (no estimadas), para las emisiones de fuentes y la absorción por sumideros de gases de efecto invernadero que no se hayan estimado.
- "NA" (no se aplica), para actividades en una determinada categoría de fuentes/sumideros que no den lugar a emisiones o absorciones de un gas dado.
- "IE" (incluidas en otra parte), para las emisiones de fuentes y la absorción por sumideros de gases de efecto invernadero estimadas, pero consignadas en otra parte del inventario, en lugar de la categoría de fuentes/sumideros en que cabría prever que se indicaran.
- "C" (confidencial), para las emisiones de fuentes y la absorción por sumideros de gases de efecto invernadero que puedan entrañar la revelación de información confidencial.

Para el sector energía y no energía, los factores de emisión, fuentes de información y datos (cantidad) recogidos para la elaboración del presente estudio, se encuentran en los Anexo B y C.

## 6. RESULTADOS

### 6.1 Resultados Sector Energía

#### 6.1.1 Resultado por método de referencia

De acuerdo a la Tabla 4, la XI Región emite 192,14 Gg CO<sub>2</sub>, causada por el consumo de combustibles líquidos fósiles secundarios, principalmente, gas/petróleo diesel y gasolina, en un 73% y 25%, respectivamente. El desarrollo de estos resultados se encuentran en Tabla 36 y 37 del Anexo D.

**Tabla 4: Emisiones de GEI provenientes del consumo de energía, según tipo de combustibles. XI Región, año 1999**

Tipo de combustible			Consumo de Combustible kg/año	Emisiones de CO <sub>2</sub> Gg
Líquido fósil	Combustibles primarios	Petróleo crudo		NE
		Combustibles secundarios		
	Gasolina	15.527.830	47,46	
	Gasolina de aviación	298.200	0,91	
	Kerosene de aviación	34.830	0,11	
Otro kerosene	1.168.830	3,67		
Gas/petróleo Diesel	44.037.000	139,99		
Total líquido fósil			61.066.690	192,14
Total sólido fósil				NE
Total gaseoso fósil				NE
<b>Total</b>			<b>61.066.690</b>	<b>192,14</b>

De acuerdo a la Tabla 4 el petróleo es el principal combustible utilizado en la región debido a su bajo precio, representando el 72% del requerimiento energético, siendo factible que en otras zonas del país exista una mayor diversificación de las fuentes de energía<sup>4</sup>.

Al analizar los diferentes tipos de combustibles la Tabla 10 del Anexo B, en la región se utilizan 36.691.200 kg/año de petróleo diesel B, representando el 60% del total de estos productos. Este petróleo es utilizado principalmente para barcos, por lo cual es posible considerarlo en el transporte marítimo, teniendo una alta incidencia en la emisión de GEI.

#### 6.1.2 Resultado por categoría

La Tabla 5 muestra que el cálculo a través del método por categoría entrega sólo 109,73 Gg CO<sub>2</sub> generados principalmente por el subsector de generación de energía, el cual representa el 60% de las emisiones totales de CO<sub>2</sub>, a diferencia de los

<sup>4</sup> Comunicación personal, Ing. Ambiental Sr. José Luis Barías de CCyD.

restantes gases, donde las mayores emisiones provienen de la industria manufacturera y construcción.

**Tabla 5: Emisiones de GEI provenientes de subsectores de energía (Gg), XI Región, año 1999**

Subsector de energía		CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	NO <sub>x</sub>	CO	COVNM	SO <sub>2</sub>
Fuente fijas (Industrias de la energía)		66,48	0,00	0,00	0,18	0,01	0,01	0,03
Industrias manufactureras y construcción		0,85	0,09	0,03	17,27	5,58	1,25	0,00
Transporte		NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Otros sectores	Comercial/institucional	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
	Residencial	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
	Agricultura/silvicultura/pesca	42,40	0,01	0,00	0,06	0,01	0,00	0,02
<b>Total</b>		<b>109,73</b>	<b>0,10</b>	<b>0,03</b>	<b>17,51</b>	<b>5,61</b>	<b>1,26</b>	<b>0,05</b>

La comparación entre los métodos desarrollados para la estimación de emisiones del sector energía, señala una diferencia de 57%, la cual se debe a las diversas fuentes de información utilizadas. Si bien en el método de referencia se utilizan antecedentes de los combustibles vendidos, no es posible establecer el símil de los bunkers internacionales que corresponderían al transporte que sale de la región; tampoco se vincula con seguridad los correspondientes usos de los combustibles, ya que sólo se conoce el área de utilización.

Por otra parte, el método de categorías de emisión carece de toda la información. Es por ello que no se estimaron las emisiones de GEI del subsector transporte, el cual emplea aproximadamente un 30% de los combustibles totales consumidos en el país, según se aprecia en los inventarios de emisiones del sector energía desarrollados por PRIEN (1997, 1999 a, 2000). Adicionalmente, no se cuenta con los valores de consumo de energía de la industria extractiva, las cuales poseen una considerable importancia dentro del PIB generado en la región.

Los valores más consolidados corresponden a la industria de la energía donde se conocen las características de las generadoras y los valores de la energía creada así como también de la energía formada por autoproductores.

Se debe indicar que no se contabilizan las emisiones de combustibles de biomasa ya que se evita su doble contabilización debido a que se incluye en el sector no-energía medido en el submódulo gestión silvícola (cosecha).

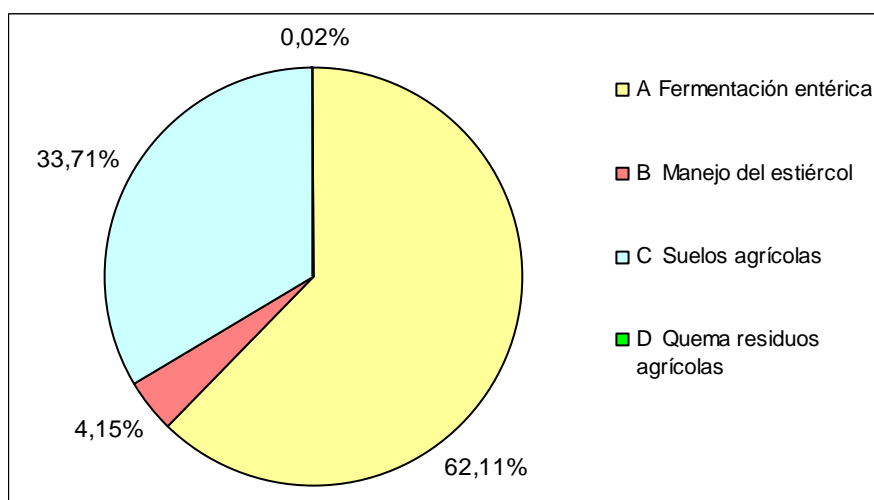
## 6.2 Resultados Sector No-Energía

### 6.2.1 Resultado módulo agricultura

La Tabla 6 y Figura 7 muestra la emisión total del módulo agricultura correspondiente a 462,34 Gg CO<sub>2</sub>-equivalente, generadas principalmente por la fermentación entérica (62%), las emisiones del suelos agrícolas (34%), el manejo de estiércol (4%) y un pequeño porcentaje por la quema de residuos agrícolas (0,02%). El desarrollo de estos cálculos se encuentra en las Tablas 38 a 56 del Anexo E. Resultados módulo agricultura.

**Tabla 6: Emisiones de GEI provenientes del módulo Agricultura (Gg), XI Región, año 2003**

Submódulo	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	NO <sub>x</sub>	CO	CO <sub>2</sub> -equivalente
<b>A Fermentación entérica</b>	<b>13,67</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>287,16</b>
Ganado no lechero	11,66	NA	NA	NA	244,86
Ovejas	1,69	NA	NA	NA	35,44
Cabras	0,07	NA	NA	NA	1,40
Camellos	0,01	NA	NA	NA	0,18
Caballos	0,25	NA	NA	NA	5,18
Mulas y asnos	7,00E-04	NA	NA	NA	0,01
Cerdos	4,03E-03	NA	NA	NA	0,08
<b>B Manejo del estiércol</b>	<b>0,71</b>	<b>0,01</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>19,21</b>
Ganado no lechero	0,44	NA	NA	NA	9,24
Ovejas	0,05	NA	NA	NA	1,13
Cabras	2,26E-03	NA	NA	NA	0,05
Camellos	3,55E-04	NA	NA	NA	0,01
Caballos	0,02	NA	NA	NA	0,46
Mulas y asnos	6,30E-05	NA	NA	NA	0,00
Cerdos	0,19	NA	NA	NA	3,97
Lagunas anaeróbicas	NA	8,11E-05	NA	NA	0,03
Sistemas líquidos	NA	0,00	NA	NA	0,00
Almacenamiento sólido	NA	1,39E-02	NA	NA	4,32
<b>C Cultivo del arroz</b>	<b>NO</b>	<b>NA</b>	<b>NA</b>	<b>NA</b>	<b>0,00</b>
<b>D Suelos agrícolas</b>	<b>0,00</b>	<b>0,50</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>155,87</b>
Emisiones directas	NA	0,03	NA	NA	10,50
Pastoreo directo	NA	0,26	NA	NA	80,10
Emisiones indirectas	NA	0,21	NA	NA	65,26
<b>E Quema residuos agrícolas</b>	<b>2,85E-03</b>	<b>1,59E-04</b>	<b>0,01</b>	<b>0,07</b>	<b>0,11</b>
<b>Total</b>	<b>14,38</b>	<b>0,52</b>	<b>0,01</b>	<b>0,07</b>	<b>462,34</b>



**Figura 7: Emisiones de GEI por módulos de agricultura. XI Región, año 2003**

De acuerdo a lo señalado anteriormente, el módulo Agricultura contempla las emisiones de GEI procedentes de:

a) Ganado doméstico. Emisiones de metano y óxido nitroso procedentes de la fermentación entérica y del manejo de estiércol.

De la fermentación entérica, el 85% las emisiones de CH<sub>4</sub> corresponden a las provenientes de las 220.000 cabezas de ganado vacuno no lechero, seguido por las generadas por ovejas (12%) y caballos (2%). Aunque existe un número de ovejas (337.565) mayor a los restantes tipos de animales, su factor de emisión es menor (medido como los kg por cabeza al año generados), siendo reducidas las emisiones totales de estos animales.

Situación similar ocurre con los valores de CH<sub>4</sub> generado por el manejo de estiércol, donde las emisiones originadas del ganado no lechero representan el 62%, seguido por porcinos (27%) y ovino (8%). Si bien el número de cerdos en la XI región es de 4.034 (menor a las cabezas de ganado y ovejas), su factor de emisión es el más alto entre los tipos de animales analizados, lo que determina su alta emisión de CH<sub>4</sub>.

Las emisiones de N<sub>2</sub>O se analizaron por sistema de manejo de estiércol según el nitrógeno excretado, que en conjunto emiten 0,01 Gg, mayoritariamente representadas por el sistema de almacenamiento sólido y parcelas secas, generadas principalmente por excretas del ganado vacuno no lechero y porcino.

Se debe indicar que en la región no se cuenta con ganado lechero y aves de corral, por lo que sus emisiones son nulas, situación que difiere con el resto del país.

b) Suelos cultivados. Para el año 2003, las emisiones de N<sub>2</sub>O de suelos agrícolas corresponden a 0,5 Gg. Según lo señalado anteriormente, se estudiaron las emisiones directas e indirectas; de esta manera, la causa principal es el pastoreo directo,

mayoritariamente de ovejas y ganado no lechero (49% y 37%, respectivamente). La segunda causa corresponde a las emisiones indirectas generadas por lixiviación y volatilización del nitrógeno de la aplicación de fertilizantes sintéticos y excretas del ganado.

c) Quema de residuos agrícolas. Para este submódulo se miden emisiones de CH<sub>4</sub>, CO, N<sub>2</sub>O y NO<sub>x</sub>, cuyos valores son de 0,0028, 0,0748, 0,0002 y 0,0057 Gg, respectivamente. Estas emisiones son originadas principalmente por la quema de cultivos de avena y otras forrajeras, siendo éstos los cultivos más abundantes en la región.

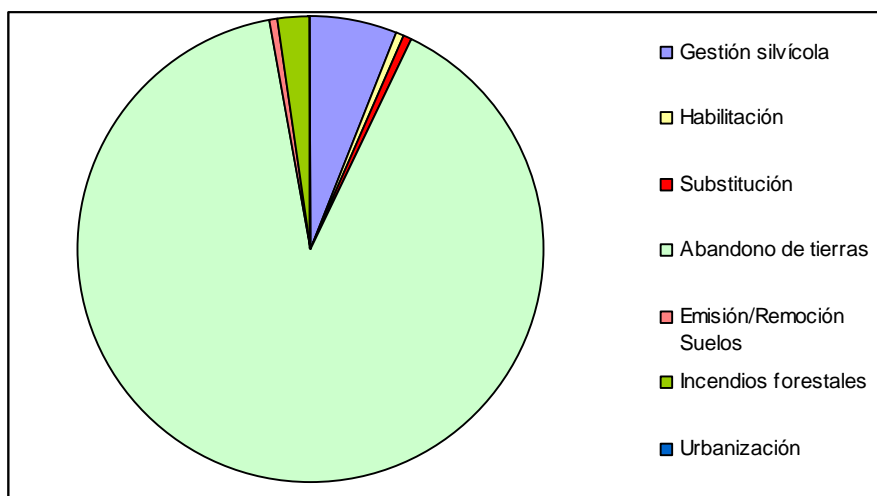
### 6.2.2 Resultado módulo silvicultura y cambio de uso del suelo

La Tabla 7 muestra para el módulo silvicultura y cambio del uso del suelo una emisión de CO<sub>2</sub>-equivalente de -8.673,92 Gg, considerando que los incendios forestales representan la mayor emisión de GEI (208,78 Gg CO<sub>2</sub>-equiv) y que la mayor captura proviene de suelos abandonados, generando un aumento de biomasa. El desarrollo de estos resultados se encuentra en las Tablas 57 a 73 del Anexo E. Resultados módulo silvicultura y cambio de uso del suelo.

**Tabla 7: Emisiones de GEI provenientes del módulo silvicultura y cambio del uso del suelo (Gg), XI Región, año 2003**

Submódulo	CO <sub>2</sub> Emisión	CO <sub>2</sub> Captura	CO <sub>2</sub> neto	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO	NO <sub>x</sub>	CO <sub>2</sub> -equivalente
<b>A. Gestión silvícola</b>	<b>488,35</b>	<b>1.064,31</b>	<b>-575,95</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>-575,95</b>
Vegetación	NA	1.064,31	-1.064,31	NA	NA	NA	NA	-1.064,31
Gestión (Cosecha)	488,35	NA	488,35	NA	NA	NA	NA	488,35
<b>B.1 Habilitación</b>	<b>55,10</b>	<b>3,34</b>	<b>51,76</b>	<b>0,09</b>	<b>6,10E-04</b>	<b>0,78</b>	<b>0,02</b>	<b>53,81</b>
Acciones in situ	22,83	3,34	19,50	0,09	6,10E-04	0,78	0,02	21,55
Acciones ex situ	32,26	NA	32,26	NA	NA	NA	NA	32,26
<b>B.2 Substitución</b>	<b>38,18</b>	<b>1,79</b>	<b>36,39</b>	<b>0,05</b>	<b>3,77E-04</b>	<b>0,48</b>	<b>0,01</b>	<b>37,66</b>
Acciones in situ	13,55	1,79	11,76	0,05	3,77E-04	0,48	0,01	13,03
Acciones ex situ	24,63	NA	24,63	NA	NA	NA	NA	24,63
<b>C. Abandono de tierras</b>	<b>0,00</b>	<b>8.351,06</b>	<b>-8.351,06</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>-8.351,06</b>
Vegetación nativa	NA	8.351,06	-8.351,06	NA	NA	NA	NA	-8.351,06
<b>D. Emisión/Remoción Suelos</b>	<b>172,12</b>	<b>220,00</b>	<b>-47,88</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>-47,88</b>
Habilitación y substitución	172,12	NA	172,12	NA	NA	NA	NA	172,12
Abandono de suelos	NA	220,00	-220,00	NA	NA	NA	NA	-220,00
<b>E. Incendios forestales</b>	<b>200,31</b>	<b>2,85</b>	<b>197,46</b>	<b>0,49</b>	<b>3,36E-03</b>	<b>4,28</b>	<b>0,12</b>	<b>208,78</b>
Plantaciones forestales	0,30	0,01	0,29	0,00	8,65E-06	0,01	0,00	0,31
Vegetación natural	200,01	2,84	197,17	0,49	3,36E-03	4,27	0,12	208,46
<b>F. Urbanización</b>	<b>0,72</b>	<b>NA</b>	<b>0,72</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,72</b>
<b>Total</b>	<b>954,78</b>	<b>9.643,34</b>	<b>-8.688,56</b>	<b>0,63</b>	<b>4,35E-03</b>	<b>5,54</b>	<b>0,16</b>	<b>-8.673,92</b>

En la Figura 8 se aprecia la alta preponderancia del submódulo abandono de tierras sobre las restantes, considerando que las emisiones de urbanización se encuentran bajo el 1% de la emisión total de CO<sub>2</sub>-equiv.



**Figura 8: Emisiones de GEI por módulos de silvicultura y cambio de uso del suelo. XI Región, año 2003**

Al analizar las emisiones por submódulo, se tiene:

a) Gestión silvícola. La emisión neta de CO<sub>2</sub> corresponde a -575,95 Gg, generada por la cosecha de diversas especies forestales (488,35 Gg) y aumento de biomasa que conlleva a una captura de CO<sub>2</sub> (-1064,31 Gg).

La emisión es causada principalmente por la extracción de madera nativa utilizada para leña (82% del total de las emisiones) y la captura de CO<sub>2</sub> está determinada en un 89% por el manejo de plantaciones forestales y en un 11% por el manejo de bosque nativo. Esta tendencia de captura se ve reflejada en el resto del país (INIA, 1999).

b) Conversión. Considerando la habilitación de suelos forestales, la emisión total de CO<sub>2</sub> es de 55,1 Gg, causada por acciones *in-situ* y *off-situ*, de 22,83 y 32,26 Gg, respectivamente. Esta emisión proviene de la biomasa comercial acumulada en la habilitación de 180 ha en el año 2003. Se debe indicar que la habilitación de suelo, en el año 2003 es menor al promedio de los últimos 10 años (360 ha anuales), lo que determina una disminución en las emisiones por esta causa.

La captura por habilitación es de 3,34 Gg, generada por el crecimiento del primer año de biomasa de la plantación desarrollada en suelos despejados de vegetación.

De esta manera, la emisión neta de CO<sub>2</sub> por habilitación es de 51,76 Gg, junto a las emisiones de 0,09 Gg CH<sub>4</sub>, 0,78 Gg CO, 0,0006 Gg N<sub>2</sub>O y 0,02 Gg NO<sub>x</sub>.

En relación a la sustitución de suelos forestales, la emisión total de CO<sub>2</sub> es de 38,18 Gg causada en un 65% por acciones off-situ (mineralización y quema) y un 35% por acciones in-situ, generadas en 190 ha sustituidas durante el 2003.

La captura de CO<sub>2</sub> por sustitución es 1,79 Gg, correspondiente a la biomasa del primer año en estos suelos, por lo cual la emisión neta de CO<sub>2</sub> es de 36,39 Gg, sumado a las emisiones de CH<sub>4</sub>, CO, N<sub>2</sub>O y NO<sub>x</sub>, (0,05, 0,48, 0,0004, 0,01, respectivamente).

c) Abandono. La emisión de este submódulo es de -8.351,06 Gg CO<sub>2</sub>, originadas por la captura de 345,40 Gg CO<sub>2</sub> de 4.930 ha de superficie abandonada en los últimos 20 años y en etapa de regeneración, junto a 8.005,66 Gg CO<sub>2</sub> de superficie abandonada entre 20 y 100 años, principalmente constituida por renoval semidenso (40%).

Si bien este submódulo representa un aspecto positivo debido al alto valor de captura de GEI, se debe considerar que no corresponde a una gestión antrópica directa, es decir, no se ha intervenido esta vegetación por diversos motivos. De acuerdo a lo establecido por INIA (1999), el abandono es consecuencia de dos siglos de floreo, tala rasa e incendios en el bosque nativo, con el resultado de la existencia de renovales, que en la actualidad no tienen mayor manejo y aprovechamiento.

d) Incendios forestales. Debido a incendios forestales ocurridos durante el 2003, se han emitido 200,31 Gg CO<sub>2</sub>, causadas en un 99,8% por 67,79 kt ms de los 410 ha de vegetación nativa, a diferencia de las 0,17 kt ms proveniente de incendios forestales en plantaciones.

La captura de CO<sub>2</sub> por esta causa es de 2,85 Gg, sumada a las emisiones de 0,5 Gg CH<sub>4</sub>, 4,3 Gg CO, 0,03 Gg N<sub>2</sub>O y 0,1 Gg NO<sub>x</sub>.

e) Emisiones desde el suelo. Las emisiones por este submódulo corresponden a 172,12 Gg CO<sub>2</sub>, generadas por mineralización y quema de 103,5 Gg de suelos habilitados y 68,59 Gg de suelos sustituidos, junto a 220 Gg CO<sub>2</sub> capturados en suelos cultivados abandonados. Al igual que la captura del submódulo abandono, este valor no representa una gestión antrópica directa.

f) Urbanización. En este submódulo se consideran la pérdida de biomasa por parcelación y avance de suelos urbanizados, que en conjunto emiten 0,72 Gg CO<sub>2</sub>, representadas en un 77% por el aumento de suelos urbanos.



### 6.2.3 Resultado módulo residuos antropogénicos

La Tabla 8 y la Figura 9 muestra una emisión total del módulo de gestión de residuos para el año 2003 de 1,40 Gg CH<sub>4</sub>, originado en un 89% por la disposición de residuos sólidos y 11% de aguas residuales. El desarrollo de estos resultados se encuentra en las Tablas 77 a 79 del Anexo E. Resultados módulo residuos antropogénicos.

Tabla 8: Emisiones de GEI provenientes del módulo residuos (Gg), XI Región, año 2003

Submodulo	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO	NO <sub>x</sub>
<b>A Disposición de residuos sólidos</b>	NA	<b>1,25</b>	NA	NA	NA
<b>B Aguas residuales</b>	NA	<b>0,16</b>	NA	NA	NA
Efluentes Industriales (RILES)	NA	0,16	NA	NA	NA
Aguas servidas domiciliarias	NA	2,41E-04	NA	NA	NA
<b>Total</b>	NA	<b>1,40</b>	NA	NA	NA

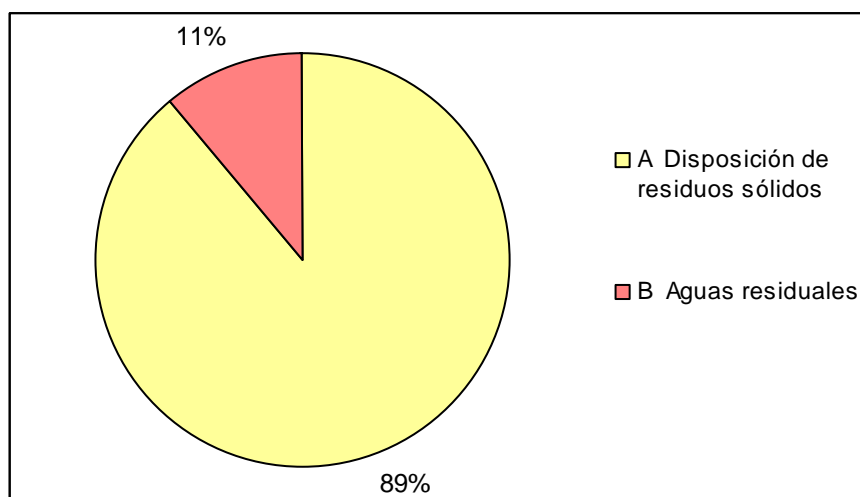


Figura 9: Emisiones de GEI por módulos de residuos. XI Región, año 2003

Se debe indicar que los datos utilizados para la determinación de la emisión por RILES corresponden a las estimaciones de generación de estos desechos causado por los rubros de procesamiento de pescados y frigorífico para el año 1998, lo que establece que este valor está subestimado, ya que existe un aumento en la producción de estas actividades en la región según antecedentes de participación en el PIB, indicado anteriormente. Las emisiones provenientes de la disposición de residuos sólidos y líquidos domiciliarios, se basan en la población total regional de 91.492 habitantes para el curso del año 2002.

#### 6.2.4 Resultado general para el sector no-energía

El balance global de las emisiones y capturas de GEI del sector no-energía para el año 2003, indica una captura neta de 8.182,13 Gg CO<sub>2</sub>-equivalente/año, la cual se debe a la alta captura de biomasa aportadas por el módulo silvicultura y cambio de uso del suelo como se muestra en la Tabla 9.

Las mayores emisiones provienen del módulo agricultura, debido a actividades que emiten mayoritariamente CH<sub>4</sub>. El sector residuos no presenta altas emisiones, debido principalmente a la baja densidad poblacional y actividad productiva en la región.

**Tabla 9: Emisiones y captura total de GEI. Sector no energía (Gg), XI Región, año 2003.**

Submodulo	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO	NO <sub>x</sub>	CO <sub>2</sub> -equivalente
Agricultura	NA	14,38	0,52	0,07	0,01	462,34
Silvicultura y cambio de uso del suelo	-8.688,56	0,63	4,35E-03	5,54	0,16	-8.673,92
Residuos	NA	1,40	NA	NA	NA	29,45
<b>TOTAL</b>	<b>-8.688,56</b>	<b>16,42</b>	<b>0,52</b>	<b>5,61</b>	<b>0,16</b>	<b>-8.182,13</b>

En relación a las emisiones y capturas de GEI totales del sector no-energía, se tiene:

Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Las emisiones y capturas de CO<sub>2</sub>, corresponden únicamente a las generadas por las actividades del módulo silvicultura y cambio de uso del suelo.

Si bien la VII, VIII y IX Región, tienen una alta captura de CO<sub>2</sub>, éstas se originan en el desarrollo de sus plantaciones forestales (INIA, 1999). La XI Región de Aysén, se diferencia por la captura generada por el crecimiento de la vegetación en sectores abandonados.

De acuerdo a lo señalado anteriormente, principalmente la cosecha de plantaciones forestales, incendios forestales y las remociones desde el suelo causan 488,35, 200,01 y 172,12 Gg de CO<sub>2</sub>, respectivamente, considerando que el 20% de estas emisiones totales corresponde a incendios de vegetación nativa.

Metano (CH<sub>4</sub>). Corresponden a las emisiones mayoritarias, con un 14,38 Gg/año, proveniente en un 71% de la fermentación entérica del ganado no lechero, que representa una actividad importante en la región. No existen aportes de cultivos debido a la baja superficie utilizada en la agricultura, determinado por las características climáticas y baja densidad poblacional, condiciones que diferencian esta región con la zona centro sur del país.

En relación a los aportes del módulo silvicultura y cambio de uso del suelo, éstos se producen principalmente por incendios forestales y habilitación (0,63 Gg/año).

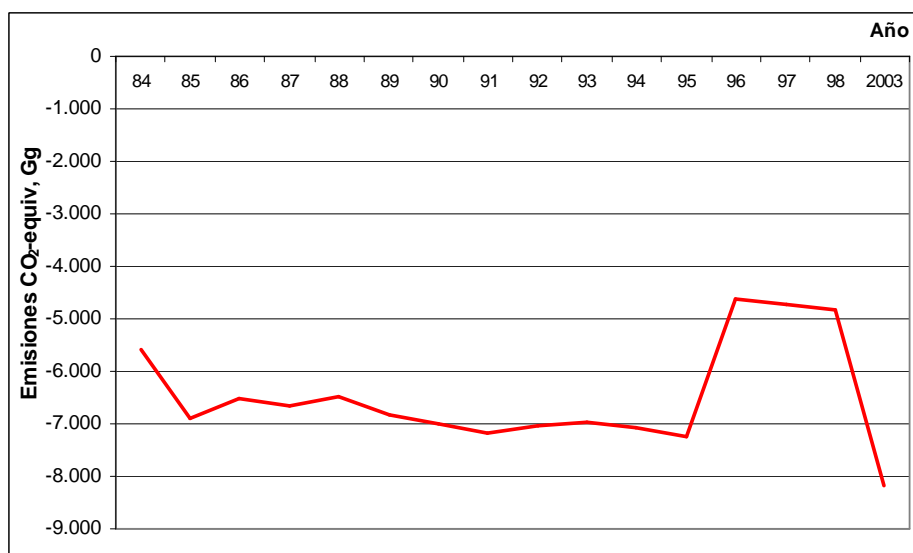
Todas las emisiones contabilizadas para el módulo residuos, corresponden a metano, producidas por la disposición de residuos sólidos y líquidos.

Óxido nitroso (N<sub>2</sub>O). Mayoritariamente las emisiones de N<sub>2</sub>O, se originan por actividades de la agricultura, principalmente por pastoreo y emisiones indirectas (volatilización de N<sub>2</sub> desde la superficie de los suelos cultivados y su subsecuente depositación de NH<sub>3</sub> y NO<sub>x</sub>, por aplicación de fertilizantes, el N<sub>2</sub> lixiviado de los suelos y la volatilización de N<sub>2</sub>, por escurrimiento superficial de aguas servidas), en un 50% y 40% del total, respectivamente.

Monóxido de carbono (CO). La emisión de CO aportada por la quema de residuos agrícolas es marginal (0,07 Gg), comparado con la proveniente de incendios forestales, principalmente de vegetación nativa, que representa el 76% del total.

Óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>). Similar a la situación del monóxido de carbono, las emisiones de NO<sub>x</sub> se producen por incendios forestales en vegetación nativa (0,12 Gg NO<sub>x</sub>).

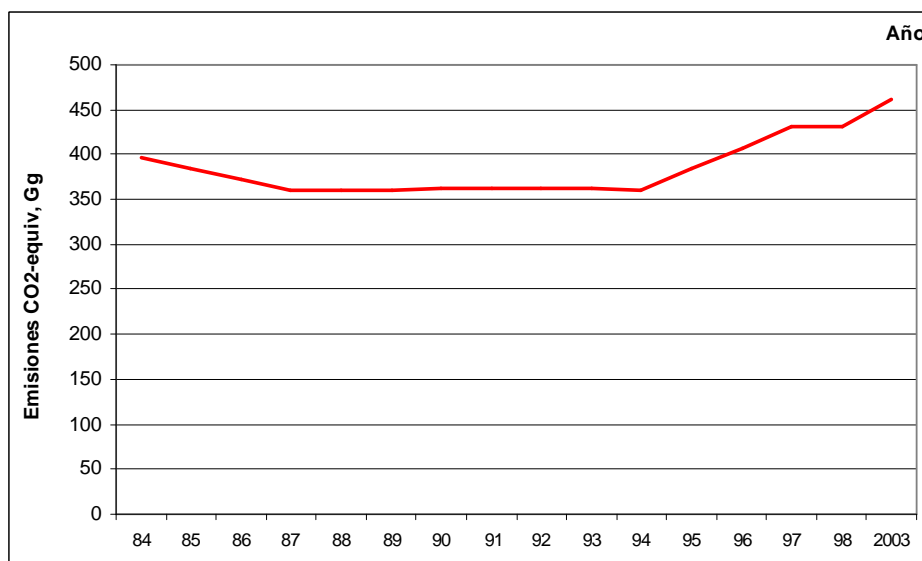
La figura 10 muestra que hay una tendencia clara de la evolución de las emisiones de CO<sub>2</sub>-equivalente. De acuerdo al inventario de la serie temporal 1984-1998, elaborado por INIA en el 2000, existe una mayor emisión de GEI en los años 1997 y 1998, disminuyendo nuevamente en el año 2003, debido a un aumento de la captura de CO<sub>2</sub> y disminución en las emisiones producidas por incendios forestales.



**Figura 10: Evolución emisiones CO<sub>2</sub>-equiv. Total XI Región**

La Figura 11 muestra que el módulo agricultura presenta un sostenible aumento de las emisiones desde 1994 y hasta 2003, debido a una mayor participación de las actividades relacionadas con la ganadería. Las variaciones de este

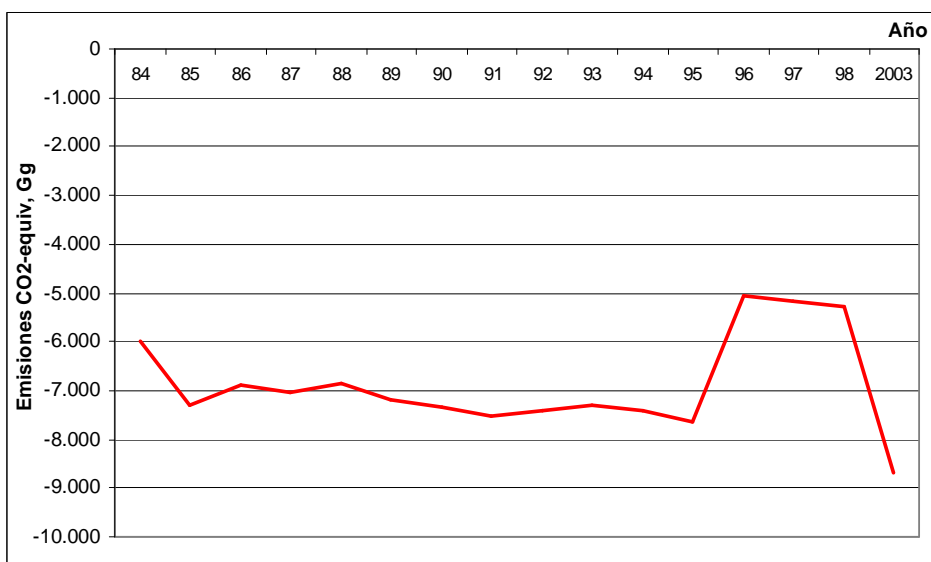
módulo se deben al aumento de la fermentación entérica generada por el ganado existente.



**Figura 11: Evolución emisiones CO<sub>2</sub>-equiv. Agricultura, XI Región**

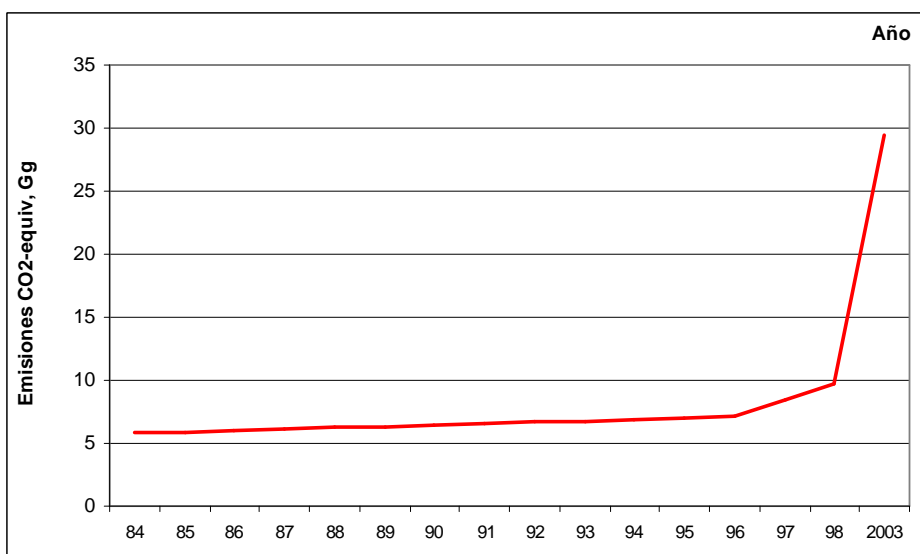
En relación al módulo silvicultura y cambio de uso del suelo, no existe un proceso claro de emisión de GEI desde 1984 al 2003. De acuerdo a lo señalado anteriormente, las variaciones se explican en gran medida por el número de incendios forestales (superficie) generadas en un año. De esta manera, debido a una sequía entre 1997 y 1998, se ocasionó una mayor cantidad de incendios forestales, lo que generó un crecimiento de las emisiones de CO<sub>2</sub>

Producto de la mayor participación del presente módulo en las emisiones y capturas totales, la tendencia existente es similar a la presentada para el total del sector no-energía de la región (Figura 12).



**Figura 12: Evolución emisiones CO<sub>2</sub>-equiv. Silvicultura y cambio de uso de la tierra. XI Región**

El aumento de emisiones causadas por la gestión de residuos, se debe a un mayor número de habitantes en la región, junto con un crecimiento de los residuos tratados (Figura 13).



**Figura 13: Evolución emisiones CO<sub>2</sub>-equiv. Residuos antropogénicos. XI Región**

## 7. CONCLUSIONES

- En el sector energía la XI Región emitió sobre 100 Gg CO<sub>2</sub>. El valor exacto depende del método usado para el cálculo: 192,12 Gg CO<sub>2</sub> (método de referencia) y 109,73 Gg CO<sub>2</sub> (método por categoría), lo cual evidencia una diferencia del 57% generado por la falta de información del consumo de energía por subsectores.
- Los valores obtenidos provienen fundamentalmente del consumo de gas/petróleo diesel y gasolina, en un 73% y 25%, respectivamente.
- No existen antecedentes públicos actuales sobre el consumo regional de combustibles, de tal manera que la determinación de las emisiones de GEI a nivel regional no es adecuada por esta falta de información, siendo importante una gestión que permita la generación periódica de estos datos.
- En el sector no energía, el balance global de las emisiones y capturas de GEI para el año 2003, indica una captura neta de 8.182,13 Gg CO<sub>2</sub>-equiv, la cual se debe a la alta captura de biomasa aportada por el módulo silvicultura y cambio de uso del suelo
- En relación al módulo “agricultura”, las mayores emisiones se producen por la existencia de ganado doméstico, el cual genera fermentación entérica. Se trata principalmente de vacuno no lechero que representa una de las principales fuentes económicas de la región. De acuerdo al manejo de esta actividad, no existe un mecanismo que permita un mayor control o reducción de estas emisiones.
- Las mayores capturas anuales de CO<sub>2</sub> se deben a la absorción de este gas por la vegetación en superficies consideradas bajo el concepto de “abandono”, de tal manera, que en la región, a diferencias de otras zonas del país, no hay una acción antropogénica que permita aumentar esta tasa de captura. Más bien corresponde a una consecuencia de la eliminación en épocas anteriores, de vegetación nativa en terrenos que actualmente no constituyen o representan un interés real de manejo.
- Aunque la captura de CO<sub>2</sub> es mayor a las emisiones totales provenientes de cosechas forestales, incendios forestales y procesos de conversión (urbanización y habilitación), se concluye que la variación de las emisiones netas de CO<sub>2</sub>, dependen en gran medida de la existencia de un mayor número de incendios forestales, que pueden ser explicados por años de sequía. En este sentido, es importante la generación de estrategias de prevención de incendios forestales considerando la participación local, e implementación de acciones de educación ambiental.

- En el módulo de gestión residuos antropogénicos, los valores determinados para la región de Aysén son estimaciones relacionadas al número de habitantes existentes ya que no existe información real de la generación total de residuos.
- De acuerdo a las estadísticas oficiales del país, se considera a la XI Región de Aysén, junto a la I, II y XII, como “Resto País”. Si bien, la realidad (en términos de superficie o cantidad) de las zonas consideradas como “resto país” es bajo en comparación a las demás, la generación de información y su análisis es de mayor dificultad que la de las restantes regiones.
- Es importante realizar acciones tendientes a incorporar y manejar las superficies determinadas como abandonadas, junto con un mayor control y manejo de las actividades del ganado doméstico, que genere un aumento de las capturas, considerando que, en la medida que aumente la población en la región, sin modificaciones en las actividades relacionadas con el sector no-energía, existirán mayores emisiones de GEI.
- Si bien existe un menor porcentaje de participación del sector silvoagropecuario en el PIB de la región, ello no implica una disminución de la actividad en cantidad, sino que más bien corresponde a una incorporación y desplazamiento en la economía regional de nuevos sectores tales como la pesca.

## **8. PROPOSICION DE ESTRATEGIA**

En las secciones precedentes se expuso un análisis de las emisiones y captura de GEI en la XI Región de Aysén, incluyendo una descripción de la tendencia en el sector no-energía.

El objetivo fue conformar una base para plantear una propuesta de orientación estratégica que enmarque las acciones requeridas para aumentar la captura y bajar las emisiones de GEI a abordarse en el corto, mediano y largo plazo.

Al momento presente no es factible proponer acciones cuantitativas concretas en lo que respecta a los diseños, contenidos, alcances, proyecciones y costos de las medidas a aplicar, como es necesario plantear en un adecuado plan estratégico, debido a que se requiere la participación de los organismos existentes en la región que permitan asegurar su confiabilidad y validación en mecanismos de verificación.

Por tales razones, la presente propuesta consistirá en referencias metodológicas que permitan definir las acciones de modificación o adaptación a la realidad regional contemplando una diferenciación por sector energía y no-energía.

Se debe señalar que entre los medios enfocados a la reducción de GEI, se pueden establecer mecanismos tempranos de mitigación, así como otros de adaptación. De acuerdo a estimaciones determinadas por Kennedy (2002), las políticas tempranas tienen un costo menor que la implementación de tecnologías de abatimiento, considerando que en el futuro se requerirá su uso. En este sentido, la Tercera Reunión de la Conferencia de las Partes concluyó que los sumideros biológicos son una acción importante para la disminución de emisiones, a un costo significativamente menor en comparación a otras estrategias de mitigación (Brown et al., 2002, Houghton, 2003).

Pretty et al. (2002) determinan que las comunidades rurales pueden contribuir tanto a su desarrollo económico, como a la mitigación de las emisiones de GEI, mediante la implementación de una agricultura sustentable y manejo de recursos renovables, e integrando políticas que se adapten a sus requerimientos.

Considerando los resultados obtenidos del estudio desarrollado por Chidiak et al. (2003), se sugiere que el Mecanismo de Desarrollo Limpio podría, por ejemplo, ayudar a elevar la rentabilidad de proyectos forestales marginales, que plantean beneficios en términos de reducción de la erosión, protección de cuencas, creación de empleo y promoción de las actividades foresto-industriales, que ya muestran un grado incipiente de desarrollo y que necesitan mayor impulso.

Al analizar el sector energía, de acuerdo a los resultados obtenidos y al estudio de la información existente en la XI Región, es factible definir que entre las primeras acciones a implementar se encuentra la generación de antecedentes del consumo de



combustible local. En la actualidad no existen los mecanismos adecuados para la elaboración de estos datos, de tal manera que la determinación de las emisiones de GEI a nivel regional no es adecuada por esta falta de información, siendo importante una gestión que permita el balance permanente y el análisis de la evolución del consumo de combustibles en la región. Sobre la base del análisis de la evolución de este sector se deberán implementar acciones a seguir.

De igual manera, PRIEN (2000) define que la introducción de energías renovables en los sistemas centralizados de energía, constituyen una opción de primera importancia en las políticas orientadas a la reducción de las emisiones de GEI en el sector energía, entre estas, la energía eólica. Esto permite reducir la participación de la categoría energía y transformación en las emisiones totales, ya que se reemplazaría la utilización de diesel, disminuyendo de paso la dependencia externa.

Analizando el uso del petróleo diesel y la tendencia nacional de participación del transporte en las emisiones de GEI, se puede estimar que en Aysén este subsector tiene una alta contribución en las emisiones de CO<sub>2</sub> sobre las restantes categorías desarrolladas en la región. De tal manera, es importante mejorar el sistema de transporte, considerando un aumento en el rendimiento por combustible y eficiente administración, involucrando una planificación regional del sistema que incluya acciones públicas y privadas, tales como:

- Políticas públicas de implementación para un ordenamiento territorial, contemplando la concentración y distanciamiento entre los diferentes sectores productivos existentes en la región. Esto permitirá gestionar con mayor eficiencia el transporte de los recursos requeridos (menor distribución y transporte de insumos y productos).
- Políticas públicas que incentiven al sector privado a adoptar prácticas de gestión sencillas como revisiones técnicas preventivas, mantenimiento de los motores, entre otras, las cuales contribuyen a una reducción en las emisiones.

Considerando que las acciones de mitigación de emisiones de GEI en el sector no-energía involucran todas las actividad que permiten: 1) una reducción en el incremento neto de las emisiones de estos gases en un área determinada y/o; 2) la captura de CO<sub>2</sub>. En este sentido, se debe contemplar una gestión que permita:

- Realizar acciones de control de emisiones de GEI por residuos relacionado con el manejo de ganado (reducción de emisión de CH<sub>4</sub>). Estas acciones deberán concentrarse en las emisiones del sistema de manejo de estiércol de porcinos, siendo factible desarrollar actividades de generación de biogas. Si bien, las

mayores emisiones provienen de la fermentación entérica, sólo es posible su reducción a través de la disminución de animales, no siendo una alternativa a considerar en la región.

- Incentivo al establecimiento de plantaciones o manejo de renovales (gestión silvícola), lo cual genera un aumento de captura  $\text{CO}_2$ . Se identifican dos opciones básicas de mitigación de carbono en el sector forestal: a) conservación y manejo de vegetación nativa; y b) reforestación, dedicada a recuperar áreas degradadas mediante el desarrollo de plantaciones comerciales y de sistemas agroforestales.
- Control de incendios de vegetación nativa (reducción de emisión de  $\text{CO}_2$ ), implementando acciones de prevención de incendios forestales insertas en programas de educación ambiental, privilegiando la edad escolar básica.
- Reducción de emisiones de  $\text{CH}_4$  a través del manejo de residuos sólidos domiciliarios. Es necesario evaluar la pertinencia de generación de biogas, la cual dependerá de la cantidad de residuos generados, principalmente en las áreas más pobladas.

De acuerdo al MDL sólo se consideran aquellos proyectos de forestación y reforestación, aunque es de importancia la incorporación al Protocolo de Kyoto de alternativas que incentiven la conservación de ecosistemas forestales, evitando la deforestación y altas tasas de emisión (Houghton, 2003 y Schlamadinger et al, 2001), considerando las implicancias de la intensificación del uso de suelo en países en desarrollo (Tinker, 1997). En relación a la XI Región, esto tiene relevancia para desarrollar acciones de manejo de renovales en suelos abandonados y bosques degradados causado por actividades tales como el floreo.

Si bien, existen programas e incentivos nacionales para la realización de alguna de las acciones presentadas, éstos no son excluyentes con el MDL. Para la presentación de estos proyectos al sistema determinado como MDL, se requiere producir y conocer antecedentes que en la actualidad no existen, por lo cual es necesario generar información general que permita a particulares acceder a este sistema. En este sentido, Dejong et al. (2005) y Schlamadinger et al. (2001) definen que para la elaboración de acciones tendientes a la reducción de emisiones o captura de GEI, se debe considerar que los proyectos de reducción de las emisiones por combustibles fósiles requieren un análisis de línea base de un año y para aquellos proyectos forestales se debe contemplar el análisis de datos históricos, por lo que es de importancia el análisis a través de modelos espaciales.

Para el desarrollo de medidas tendientes a reducir las emisiones de GEI, se deberá formar una instancia público-privada que desarrolle los siguientes aspectos:

- Establecimiento de metodologías y procedimientos para la identificación, formulación y evaluación de proyectos
- Identificación de fuentes de financiamiento para el desarrollo de los proyectos MDL
- Generación de una base de datos pública sobre proyectos del sector energía y no energía
- Análisis de métodos para medición de carbono
- Elaboración de propuestas en relación a proyectos de pequeña escala (proyectos asociativos)
- Identificación de barreras para la implementación de proyectos MDL

En términos generales para la XI Región, es prioridad el fortalecimiento de la recolección de datos, monitoreo e investigación en vulnerabilidad y adaptación, junto con garantizar, promover, ampliar y fortalecer los mecanismos de participación social, así como de generación y acceso a la información pública. De igual importancia es la incorporación de temas relacionados al cambio climático en la educación básica y media, lo que genera un mayor entendimiento y responsabilidad social respecto a las acciones antropogénicas sobre el medio ambiente.

De acuerdo al análisis de las emisiones y capturas de GEI en la XI Región, se debe señalar que existe una tendencia de incremento en estas emisiones, generadas por un cambio en las actividades productivas desarrolladas en la zona. De esta manera, la aplicación de nuevos recursos científicos y/o tecnológicos permitiría identificar estrategias de mitigación y adaptación, evitando así su deterioro ambiental.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

BONNIE, R.; CAREY, M.; PETSONK, A. 2002. Protecting terrestrial ecosystems and the climate through a global carbon market. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. A* 360:1853-1873.

BROWN, S.; SWINGLAND, I.R.; HANBURY-TENISON, R.; PRANCE, G.T.; MYERS, N. 2002. Changes in the use and management of forests for abating carbon emissions: issues and challenges under the Kyoto Protocol. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. A*. 360:1593-1605.

CONAF (Corporación Nacional Forestal). 1999. Catastro y Evaluación de Recursos Vegetacionales Nativos de Chile. CONAF-CONAMA.

CONAMA (Comisión Nacional del Medio Ambiente), 1999. Chile, Primera comunicación nacional, bajo la convención marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático. Primera Edición. CONAMA, Chile. 153 p.

CNE (Comisión Nacional de Energía). 2004. Fuentes Energéticas, [en línea] [http://www.cne.cl/fuentes\\_energeticas/e\\_renovables/geotermica.php](http://www.cne.cl/fuentes_energeticas/e_renovables/geotermica.php) (consulta: 20 octubre, 2005)

CHIDIK, M., MOREYRA, A., GRECO, C. 2003. Captura de carbono y desarrollo forestal sustentable en la Patagonia argentina: Sinergias y desafíos. Fundación CENIT CMCC/NU (Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático). 1992. Informe de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático. [en línea] <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf> (consulta: 27 Octubre, 2003).

CMCC/NU (Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático). 2003. National communications from parties included in Annex I to the convention compilation and synthesis of third national communications. FCCC/SBI/2003/7 [en línea] <http://unfccc.int/resource/docs/2003/sbi/07.pdf> (consulta: 20 octubre, 2005)

CMCC/NU (Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático). 2004 Directrices para la preparación de las comunicaciones nacionales de las partes incluidas en el Anexo I de la Convención, primera parte: Directrices de la Convención Marco para la presentación de informes sobre los inventarios anuales (después de la incorporación de las disposiciones de la decisión 13/cp.9). FCCC/SBSTA/2004/8 [en línea] <http://unfccc.int/resource/docs/spanish/cop7/cp713a03s.pdf> (consulta: 20 octubre, 2005)

DEJONG, B; HELLIER, A; CASTILLO, S; TIPPER, R. 2005. Application of the "Climafor" approach to estimate baseline carbon emissions of a forest conservation project in the selva Lacondona, Chiapas, Mexico. *Mitigation and adaptation strategies for global change* (2005) 10: 265-278.

EULA, 1999. Análisis de vulnerabilidad y adaptación en zonas costeras y recursos pesqueros. Universidad de Concepción. 133 p.

FLESSA, H.; RUSER, R.; DORSCH, P.; KAMP, T.; JIMENEZ, M.A.; MUNCH, J.C. y BEESE, F. 2002. Integrated evaluation of greenhouse gas emissions from two farming systems in southern Germany. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 91: 175-189

GAYOSO, J. SCHLEGEL, B. 2001. Proyectos forestales de mitigación del cambio climático. [en línea] <http://www.uach.cl/procarbono/Documentos/quia%20proyecto.pdf> (consulta: 05 noviembre, 2005)

HEGERL, G.; HASSELMANN, K.; LATIF, M. 2001. Natural Climate Variability and Anthropogenic Climate Change. *Climate of the 21 st Century: Changes and Consequences*. Hamburg, Germany. 157-161 p.

HOUGHTON, T. 2003. Why are estimates of the terrestrial carbon balance so different? *Global Change Biology* (2003) 9: 500-509.

INIA (Instituto de Investigaciones Agropecuarias), 1997. Estudio Inventario de gases de efecto invernadero del sector no- energía: agricultura, silvicultura y cambio de uso de la tierra. Informe final. Ministerio de agricultura. INIA Depto. de recursos naturales y medio ambiente. Santiago, Chile. 48 p.

INIA (Instituto de Investigaciones Agropecuarias), 1999. Estudio Finalización del Inventario de Gases Invernadero y Análisis de Mitigación, Sector No Energía. Borrador Informe Final. Proyecto PNUD/CONAMA. Santiago, Chile. 155 p.

INIA (Instituto de Investigaciones Agropecuarias), 2000. Estudio: Elaboración de serie temporal 1984/1998 de inventarios de gases de efecto invernadero del Sector no-energía. Proyecto GEF/CONAMA CHI/96/G31. Santiago, Chile. 184 p.

INE (Instituto Nacional de Estadísticas), 2002. Censo de Población y Vivienda. [en línea] [http://www.ine.cl/catalogo/index.php?opc=ShowProducto&categoria\\_id=12&subcategoria\\_id=23](http://www.ine.cl/catalogo/index.php?opc=ShowProducto&categoria_id=12&subcategoria_id=23) (consulta: 15 abril, 2004)

KAUFMANN, R.; STERN, D. 1997. Evidence for human influence on climate from hemispheric temperature relations. *Nature*. 388: 39-44.

KENNEDY, P.W. 2002. Optimal early action on greenhouse gas emissions. *Canadian Journal of Economics*. 35: 16-35.

KENNETT, S. 2002. National policies for biosphere greenhouse gas management: issues and opportunities. *Environmental Management* 30: 595-608.

LARA, S. 2003. Estimación de emisiones de gases con efecto invernadero, provenientes del tratamiento de aguas servidas en la Región Metropolitana. Tesis para optar al Grado de Magíster en Gestión y Planificación Ambiental. Universidad de Chile. Programa Interfacultades. 129 p.

MICHAELOWA, A.; ROLFE, C. 2001. Early action to reduce greenhouse gas emissions before the commitment period of the Kyoto Protocol: advantages and disadvantages. *Environmental Management* 28: 281-292.

MIDEPLAN. 1999. Panorama Regional. Región de Aysén del General Carlos Ibañez del Campo. [en línea] (consulta: 15 noviembre, 2005) [http://mideplan.cl/admin/docdescargas/centrodoc/centrodoc\\_88.pdf](http://mideplan.cl/admin/docdescargas/centrodoc/centrodoc_88.pdf)

MORENO, A. 2002. Escenarios de cambio climático y evaluación de sus posibles impactos en el comportamiento productivo del cultivo del arroz en la República de Panamá. Tesis para optar al Grado de Magíster en Gestión y Planificación Ambiental. Universidad de Chile. Programa Interfacultades. 80 p.

OPPENHEIMER, M., PETSONK, A. 2005. Article 2 of the UNFCCC: Historical origins, recent interpretations. *Climatic Change* (2005) 73: 195–226.

PICC (Panel Intergubernamental de Cambio Climático), 1991. *Climate Change: Science, Impacts and Policy*. Proceedings of the Second World Climate Conference. Cambridge University Press. 577 p.

PICC (Panel Intergubernamental de Cambio Climático), 1995. *Climate Change 1995: Second Assessment Report*. PNUMA. OMM. 73 p.

PICC (Panel Intergubernamental de Cambio Climático), 1996. Libro de trabajo para el inventario de gases de efecto invernadero. Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, versión revisada en 1996. Volumen 2. IPCC.

PICC (Panel Intergubernamental de Cambio Climático), 1996 (b). *Climate Change 1995: Impacts, Adaptations and Mitigation of Climate Change: Scientific-Technical Analyses*”, Intergovernmental Panel on Climate Change, Working Group II to the Second Assessment Report, “Cambridge University Press, New York, USA.

PICC (Panel Intergubernamental de Cambio Climático), 1997. *Impactos regionales del cambio climático: evaluación de la vulnerabilidad*. PNUMA. 16 p.

PICC (Panel Intergubernamental de Cambio Climático), 2003. *Cambio Climático 2001: Informe de síntesis*. PNUMA, OMM.

PICC (Panel Intergubernamental de Cambio Climático), 2005. *Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Reference Manual (Volume 3)*

PNUMA, SEMARNAT. 2004. *El Cambio Climático en América Latina y el Caribe (versión preliminar)*. [en línea] [http://www.pnud.cl/medio\\_ambiente\\_publicaciones.htm](http://www.pnud.cl/medio_ambiente_publicaciones.htm) (consulta: 20 octubre, 2005)

PRETTY, J.N.; BALL, A.S.; LI XIAOYUN Y RAVINDRANATH, N.H., 2002. The role of sustainable agriculture and renewable-resource management in reducing greenhouse-

gas emissions and increasing sinks in China and India. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. A* 360: 1741-1761.

PRIEN (Programa de Investigación en Energía). 1997. Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero, sector energía, Chile, 1993. Informe final preliminar. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Santiago, Chile. 23 p.

PRIEN (Programa de Investigación en Energía). 1999 a. Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero, sector energía, procesos industriales y uso de solventes, Chile, 1993-1994. Informe final. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Santiago, Chile. 73 p.

PRIEN (Programa de Investigación en Energía). 1999 b. Mitigación de gases de efecto invernadero. Chile, 1994-2020. Informe final. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Santiago, Chile.

PRIEN (Programa de Investigaciones en Energía). 2000 Inventario de Emisiones de Gases de Efecto invernadero, procesos industriales y uso de solventes. Chile 1986-1998. Informe final. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Santiago, Chile. 46 p.

SANTILLI, M. MOUTINHO, P. SCHWARTZMAN, S., NEPSTAD, D., CURRAN, L. and NOBRE, C. 2005. Tropical deforestation and the Kyoto Protocol, *Climatic Change* 71: 267–276.

SCHLAMADINGER, B; OBERSTEINER, M; MICHAELOWA, A; GRUBB, M; AZAR, C; YAMAGATA, Y; GOLDBERG, D; READ, P; KIRSCHBAUM, M; FEARNSIDE, P; SUGIYAMA, T; RAMETSTEINER, E; BÖSWALD, K. 2001. Capping the cost of compliance with the Kyoto Protocol and recycling revenues into land-use projects. *The Scientific World* (2001) 1: 271-280.

SERPLAC (Secretaría Regional Ministerial de Planificación y Cooperación, XI Región de Aysén), 2000. Estrategia de Desarrollo Región de Aysén 2000 – 2006. Primera Edición. 50 p.

TINKER, P.B. 1997. The environmental implications of intensified land use in developing countries. *Philosophical Transactions: Biological Sciences*. 352:1023-1033.

TOKMAN, A. 2006. La región de Aysén del general Carlos Ibáñez del Campo en perspectiva. Banco Central [en línea]

URREJOLA, C. 2004. Análisis técnico, económico y ambiental de la sustitución de leña por gas natural en Coyhaique. Tesis Ing. Civil Mecánica, Fac. de Cs. Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile. 84 p.

WICKE, L.; KNEBEL, J. 2003. Beyond Kyoto - A New Global Climate Certificate System. Berlin.

## ANEXO A. FORMULAS SECTOR NO-ENERGÍA

### I. Fórmulas módulo agricultura

#### I. 1. Ganado doméstico

$$CH_4 \text{ entérico} = N^{\circ} \text{ ganado} * FE \text{ entérica} (CH_4)$$

$$CH_4 \text{ estiércol} = N^{\circ} \text{ ganado} * FE \text{ estiércol} (CH_4)$$

$$CH_4 \text{ ganado} = CH_4 \text{ entérica} + CH_4 \text{ estiércol}$$

$$N_2 \text{ excretado} = N^{\circ} \text{ ganado} * \text{Frac } N_2 \text{ excretado} * \text{Frac } N \text{ estiércol}$$

$$N_2O \text{ estiércol} = N \text{ excretado} * FE (N_2O) * FC (N_2O)$$

donde,

CH <sub>4</sub> ganado	= Emisión anual de metano por ganado doméstico (Gg/año);
CH <sub>4</sub> entérica	= Emisión de CH <sub>4</sub> por fermentación entérica (ruminal) (Gg/año)
CH <sub>4</sub> estiércol	= Emisión de CH <sub>4</sub> por manejo de estiércol (Gg/año);
N <sub>2</sub> O estiércol	= Emisión anual de óxido nitroso procedente del sistema de manejo de estiércol (SME) (Gg/año)
N excretado	= Nitrógeno excretado proveniente del SME
Nº ganado	= Número de cabeza de ganado, según antecedentes de la región para cada especie de animal (número/año)
FE entérica	= Factor de emisión entérica CH <sub>4</sub> , valor PICC (kg/cabeza/año)
FE estiércol	= Factor de emisión CH <sub>4</sub> manejo de estiércol, valor PICC (kg/cabeza/año)
Frac N excretado	= Valor PICC (t/año)
Frac. N estiércol	= Fracción de nitrógeno en el estiércol, valor PICC (%)
FE (N <sub>2</sub> O)	= Factor de emisión de óxido nitroso, valor PICC (kg N-N <sub>2</sub> O/kg N)
FC (N <sub>2</sub> O)	= Factor de conversión a N <sub>2</sub> O (44/28), determinada por la relación de los pesos moleculares para este gas

#### I. 2. Suelos cultivados

Las emisiones directas de suelos cultivados, corresponden a:

$$N_2 \text{ aplicado} = \text{Sup por cultivo} * \text{Tasa aplic } N_2$$

$$N_2 \text{ fijado} = \text{Sup legum} * \text{Fr legum} * \text{Tasa fijación } N_2$$

$$N_2 \text{ estiércol} = N^{\circ} \text{ ganado} * \text{Factor estiércol} * \% N_2 \text{ estiércol}$$

$$N_2 \text{ residuos} = \text{Sup por cultivo} * R \text{ res cul} * \text{Fr bio seca} * \text{Cont } N_2 * \text{Fr incorp}$$

$$N_2O \text{ directa} = (N_2 \text{ aplicado} + N_2 \text{ fijado} + N_2 \text{ estiércol} + N_2 \text{ residuos}) * FC (N_2O) * FE$$
$$N_2O$$

donde,

N <sub>2</sub> O directo	= Emisiones directas de N <sub>2</sub> O de suelos agrícolas
N <sub>2</sub> aplicado	= Nitrógeno aplicado en suelos agrícolas por fertilización nitrogenada (sintética) (Gg/año)
N <sub>2</sub> fijado	= Nitrógeno fijado en suelos agrícolas por cultivos fijadores de N (fijación simbiótica) (Gg/año)
N <sub>2</sub> estiércol	= Nitrógeno aplicado por estiércol en suelos agrícolas (Gg/año)
N <sub>2</sub> residuos	= Nitrógeno aportado por residuos provenientes de la cosecha de cultivos fijadores de N <sub>2</sub> y otros (Gg/año)
Sup por cultivo	= Superficie regional total por tipo de cultivo, según antecedentes de la región
Sup legum	= Superficie regional de leguminosas cultivadas, según antecedentes de la región



Nº ganado	=	Número de cabeza de ganado, según antecedentes de la región para cada especie de animal (número/año)
Tasa aplic N <sub>2</sub>	=	Tasa aplicación de N <sub>2</sub> , valor FAO
Fr legum	=	Fracción de leguminosas, valor de estimación estudio INIA
Tasa fijación N <sub>2</sub>	=	Tasa fijación de nitrógeno, valor de estimación estudio INIA
Factor estiércol	=	Estiércol por cabeza de ganado, valor de estimación estudio INIA
% N <sub>2</sub> estiércol	=	Porcentaje de nitrógeno en el estiércol, valor de estimación estudio INIA
R res-cul	=	Relación de residuos por tipo de cultivo, valor PICC
Fr bio seca	=	Fracción de biomasa seca, valor PICC
Cont N <sub>2</sub>	=	Contenido de nitrógeno, valor PICC
Fr incorp	=	Fracción de nitrógeno incorporado, valor PICC
FE N <sub>2</sub> O	=	Factor de emisión de óxido nítrico directa, valor PICC (kg N-N <sub>2</sub> O/kg N)
FC N <sub>2</sub> O	=	Factor de conversión a N <sub>2</sub> O (44/28)
Em N <sub>2</sub> O directo	=	Emisiones directas de suelos agrícolas de N <sub>2</sub> O

Las emisiones originadas por pastoreo, son:

$$\mathbf{N_2O\ pastoreo} = N_2\ excretado * FE\ (N_2O) * FC\ (N_2O)$$

donde,

N <sub>2</sub> O pastoreo	=	Emisión de N <sub>2</sub> O en suelos agrícolas procedente del pastoreo (Gg/año)
N <sub>2</sub> excretado	=	Nitrógeno excretado proveniente del SME
FE N-N <sub>2</sub> O	=	Factor de emisión de N <sub>2</sub> O, valor PICC (kg N-N <sub>2</sub> O/kg N)
FC (N <sub>2</sub> O)	=	Factor de conversión a N <sub>2</sub> O (44/28), determinada por la relación de los pesos moleculares para este gas

Considerando como emisiones indirectas:

$$\mathbf{Uso\ Fert\ sint} = N_2\ aplicado / Fr\ Fert\ no\ gas$$

$$\mathbf{N_2O\ lixiviación} = (Uso\ Fert\ sint + N_2\ excretado) * Fr\ N_2\ lixiviado * FE\ lix\ (N_2O) * FC\ (N_2O)$$

$$\mathbf{N_2O\ dep\ atm} = [(Uso\ Fert\ sint * Fr\ Fert\ sint\ vol) + (N_2\ excretado * Fr\ N_2\ excretado)] * FE\ vol\ (N_2O) * FC\ (N_2O)$$

$$\mathbf{N_2O\ indirecta} = N_2O\ lixiviación + N_2O\ dep\ atm$$

donde,

N <sub>2</sub> O indirectas	=	Emisión de N <sub>2</sub> O en suelos agrícolas procedente de lixiviación y depositación atmosférica de NH <sub>3</sub> y NO <sub>x</sub> (Gg/año)
N <sub>2</sub> O lixiviación	=	Emisión de N <sub>2</sub> O por lixiviación de N proveniente de uso de fertilizantes sintéticos y excreción del ganado (Gg/año)
N <sub>2</sub> O dep atm	=	Emisión de N <sub>2</sub> O por depositación atmosférica de NH <sub>3</sub> y NO <sub>x</sub>
Uso Fert sint	=	Aporte de nitrógeno proveniente de fertilización sintética (kg N <sub>2</sub> /año)
N <sub>2</sub> excretado	=	Nitrógeno excretado proveniente del SME (kg N <sub>2</sub> /año), definido en fórmula de ganado doméstico
N <sub>2</sub> aplicado	=	Nitrógeno aplicado en suelos agrícolas por fertilización nitrogenada (sintética) (Gg/año), definida en fórmula de emisiones directas
Fr Fert no gas	=	Fracción de fertilizantes no gasificada (1 – Frac Fert gasificada), valor de estimación estudio INIA
Fr Fert sint vol	=	Fracción de fertilizantes sintéticos volatilizados, valor PICC
Fr N <sub>2</sub> excretado	=	Fracción de N <sub>2</sub> de excretas volatilizado, valor PICC
FE lix (N <sub>2</sub> O)	=	Factor de emisión de N <sub>2</sub> O para lixiviación, valor PICC (kg N-N <sub>2</sub> O/kg N)
FE vol (N <sub>2</sub> O)	=	Factor de emisión de N <sub>2</sub> O para volatilización, valor PICC (kg N-N <sub>2</sub> O/kg N)
FC (N <sub>2</sub> O)	=	Factor de conversión a N <sub>2</sub> O (44/28)

Las emisiones totales del cultivo agrícola, corresponden a:

$$N_2O \text{ cultivos agrícolas} = N_2O \text{ directo} + N_2O \text{ pastoreo} + N_2O \text{ indirecto}$$

### I. 3. Quema de residuos agrícolas

$$C \text{ liberado} = \text{Prod cultivo} * \text{Frac residuos} * \text{Frac bio seca} * \text{Frac bio quemada} * \text{Frac bio oxidada} * \text{Frac C en residuo}$$

$$N_2 \text{ liberado} = C \text{ liberado} * \text{Relación N/C}$$

$$N_2O \text{ quema} = N_2 \text{ liberado} * FE (N_2O) * FC (N_2O)$$

$$NO_x \text{ quema} = N_2 \text{ liberado} * FE (NO_x) * FC (NO_x)$$

$$CH_4 \text{ quema} = C \text{ liberado} * FE (CH_4) * FC (CH_4)$$

$$CO \text{ quema} = C \text{ liberado} * FE (CO) * FC (CO)$$

donde,

C liberado	=	Carbono liberado por quema de residuos agrícolas (Gg C/año)
N <sub>2</sub> liberado	=	Nitrógeno liberado por quema de residuos agrícolas (Gg N/año)
Prod cultivo	=	Producción de cultivos, según antecedentes de la región para cada tipo de cultivo agrícola (Gg/año);
Frac residuos	=	Fracción de residuos en cultivo, valor PICC
Frac bio seca	=	Fracción de biomasa seca, valor PICC
Frac bio quemada	=	Fracción de biomasa quemada, valor PICC
Frac bio oxidada	=	Fracción de biomasa oxidada, valor PICC
Frac C en residuo	=	Fracción de carbono en residuos quemados, valor PICC
FE (N <sub>2</sub> O)	=	Factor de emisión N <sub>2</sub> O, valor PICC
FE (NO <sub>x</sub> )	=	Factor de emisión NO <sub>x</sub> , valor PICC
FE (CH <sub>4</sub> )	=	Factor de emisión CH <sub>4</sub> , valor PICC
FE (CO)	=	Factor de emisión CO, valor PICC
FC (N <sub>2</sub> O)	=	Factor de conversión a N <sub>2</sub> O (44/28)
FC (NO <sub>x</sub> )	=	Factor de conversión a NO <sub>x</sub> (46/14)
FC (CH <sub>4</sub> )	=	Factor de conversión a CH <sub>4</sub> (16/12)
FC (CO)	=	Factor de conversión a CO (28/12)

## II. Fórmulas módulo silvicultura y cambio del uso del suelo

### II. 1. Gestión silvícola

$$Cap CO_2 \text{ gest} = \text{Sup PF} * \text{Tasa crec bio} * F \text{ exp bio} * \text{Frac C en B} * FE (CO_2) \text{ cap} * FC (CO_2)$$

$$Em CO_2 \text{ gest} = \text{Cosecha com} * R \text{ con-exp} * F \text{ exp} * \text{Frac C en B} * FC (CO_2)$$

donde,

Cap CO <sub>2</sub> gest	=	Captura de CO <sub>2</sub> proveniente de la gestión silvícola (Gg/año)
Em CO <sub>2</sub> gest	=	Emisión de CO <sub>2</sub> por cosecha de bosque (Gg/año)
Sup PF	=	Superficie regional por tipo de bosque o plantación forestal, según antecedentes de la región
Cosecha com	=	Cosecha comercial de biomasa, según antecedentes de la región
Tasa crec bio	=	Tasa de crecimiento anual de biomasa, valor estimación PICC (t ms/ha)
R con exp bio	=	Relación de conversión/expansión de biomasa, valor PICC (t ms/ha)

F exp bio	=	Factor de expansión de biomasa, valor estimado estudio INIA
Frac C en B	=	Fracción de carbono en biomasa seca, valor PICC
FE (CO <sub>2</sub> ) cap	=	Factor de emisión de CO <sub>2</sub> para captura, valor PICC
FC (CO <sub>2</sub> )	=	Factor de conversión a CO <sub>2</sub> (44/12)

## II. 2. Conversión

La determinación de CO<sub>2</sub> emitido y capturado por habilitación *in-situ*, corresponde a:

$$B \text{ acum com} = \text{Tasa crec} * \text{Rotación} * 0,75$$

$$B \text{ elim in-situ} = \text{Frac B elim} * \text{Sup hab} * (B \text{ acum com} * F \text{ Exp})$$

$$C \text{ em quema} = B \text{ elim. in-situ} * \text{Frac B quem} * F \text{ oxid} * \text{Frac C en B}$$

$$Em \text{ CO}_2 \text{ quema} = C \text{ em quema} * FC (\text{CO}_2)$$

$$Em \text{ CO}_2 \text{ min} = B \text{ elim in-situ} * \text{Frac min} * \text{Frac C en B} * FC (\text{CO}_2)$$

$$Em \text{ CO}_2 \text{ H in-situ} = \text{CO}_2 \text{ em quema} + \text{CO}_2 \text{ em min}$$

$$\text{Cap CO}_2 \text{ H in-situ} = B \text{ acum com} * B \text{ 1}^{\text{er}} \text{ cult} * \text{Frac C en B} * FC (\text{CO}_2)$$

donde,

Em CO <sub>2</sub> H in-situ	=	Emisión de CO <sub>2</sub> por habilitación in-situ (Gg/año)
Cap CO <sub>2</sub> H in-situ	=	Captura de CO <sub>2</sub> por habilitación (Gg/año)
Em CO <sub>2</sub> quema	=	Emisión de CO <sub>2</sub> por quema de biomasa para habilitación in-situ (Gg/año)
Em CO <sub>2</sub> min	=	Emisión de CO <sub>2</sub> por mineralización por acciones de habilitación in-situ (Gg/año)
B elim in-situ	=	Biomasa eliminada in-situ (kt ms)
B acum com	=	Biomasa acumulada comercial, valor ponderado por 0,75 (t ms/ha)
Tasa crec	=	Tasa de crecimiento anual de biomasa, valor estimación PICC (t ms/ha)
Rotación	=	Rotación de la plantación según especies, valor estimado estudio INIA
C em quema	=	Carbono emitido por quema (kt C)
Frac B elim	=	Fracción de biomasa eliminada, valor estimación estudio INIA (kt ms)
Sup hab	=	Superficie de habilitación en el año, según antecedentes de la región (kha/año)
F Exp	=	Factor de expansión, valor estimación estudio INIA
Frac B quem	=	Fracción de biomasa quemada, valor estimación estudio INIA
Frac min	=	Fracción de mineralización, valor estimación estudio INIA
F oxid	=	Factor de oxidación, valor PICC
Frac C en B	=	Fracción de carbono en biomasa, valor PICC
B 1 <sup>er</sup> cult	=	Biomasa del primer cultivo luego de la habilitación, valor estimación estudio INIA (t ms/ha)
FC (CO <sub>2</sub> )	=	Factor de conversión a CO <sub>2</sub> (44/12)

Para la estimación de CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, CO y NO<sub>x</sub> emitido por habilitación *in-situ*, se utilizan las siguientes fórmulas:

$$Em \text{ CH}_4 \text{ H in-situ} = C \text{ em quema} * FE (\text{CH}_4) * FC (\text{CH}_4)$$

$$Em \text{ CO H in-situ} = C \text{ em quema} * FE (\text{CO}) * FC (\text{CO})$$

$$Em \text{ N}_2\text{O H in-situ} = C \text{ em quema} * R \text{ N/C} * FE (\text{N}_2\text{O}) * FC (\text{N}_2\text{O})$$

$$Em \text{ NO}_x \text{ H in-situ} = C \text{ em quema} * R \text{ N/C} * FE (\text{NO}_x) * FC (\text{NO}_x)$$

donde,

Em CH <sub>4</sub> H in-situ	=	Emisión de CO <sub>2</sub> por habilitación in-situ (Gg/año)
Em CO H in-situ	=	Emisión de CO por habilitación in-situ (Gg/año)
Em N <sub>2</sub> O H in-situ	=	Emisión de N <sub>2</sub> O por habilitación in-situ (Gg/año)

Em NO <sub>x</sub> H in-situ	= Emisión de NO <sub>x</sub> por habilitación in-situ (Gg/año)
C em quema	= Carbono emitido por quema (t C), valor según fórmula anteriormente desarrollada
R N/C	= Relación nitrógeno – carbono, valor PICC
FE (N <sub>2</sub> O)	= Factor de emisión N <sub>2</sub> O, valor PICC
FE (NO <sub>x</sub> )	= Factor de emisión NO <sub>x</sub> , valor PICC
FE (CH <sub>4</sub> )	= Factor de emisión CH <sub>4</sub> , valor PICC
FE (CO)	= Factor de emisión CO, valor PICC
FC (N <sub>2</sub> O)	= Factor de conversión a N <sub>2</sub> O (44/28)
FC (NO <sub>x</sub> )	= Factor de conversión a NO <sub>x</sub> (46/14)
FC (CH <sub>4</sub> )	= Factor de conversión a CH <sub>4</sub> (16/12)
FC (CO)	= Factor de conversión a CO (28/12)

La determinación del CO<sub>2</sub> emitido por habilitación *off-situ*, corresponde a:

$$B \text{ elim off-situ} = (B \text{ acum com} * \text{Sup hab}) - B \text{ elim in-situ}$$

$$Em \text{ CO}_2 \text{ H off-situ} = B \text{ elim off-situ} * \text{Frac C en B} * FC (\text{CO}_2)$$

donde,

Em CO <sub>2</sub> H off-situ	= Emisión de CO <sub>2</sub> por habilitación off-situ (Gg/año)
B elim off-situ	= Biomasa eliminada por habilitación off-situ (kt ms)
Frac C en B	= Fracción de carbono en biomasa, valor PICC
B elim in-situ	= Biomasa eliminada in-situ (t ms), fórmula definida anteriormente
Sup hab	= Superficie de habilitación en el año, según antecedentes de la región (kha/año)
B acum com	= Biomasa acumulada comercial, valor ponderado por 0,75 (t ms/ha), fórmula definida anteriormente
FC (CO <sub>2</sub> )	= Factor de conversión a CO <sub>2</sub> (44/12)

En relación a emisiones por sustitución (S), se utilizan las mismas fórmulas, reemplazando la superficie de habilitación por sustitución y los valores de estimación de profesionales según los antecedentes definidos por INIA.

De esta manera, las emisiones y capturas totales del submódulo conversión son:

$$Em \text{ CO}_2 \text{ conv} = Em \text{ CO}_2 \text{ H in-situ} + Em \text{ CO}_2 \text{ H off-situ} + Em \text{ CO}_2 \text{ S in-situ} + Em \text{ CO}_2 \text{ S off-situ}$$

$$Cap \text{ CO}_2 \text{ conv} = Cap \text{ CO}_2 \text{ H in-situ} + Cap \text{ CO}_2 \text{ S in-situ}$$

$$CH_4 \text{ conv} = Em \text{ CH}_4 \text{ H in-situ} + Em \text{ CH}_4 \text{ S in-situ}$$

$$CO \text{ conv} = Em \text{ CO H in-situ} + Em \text{ CO S in-situ}$$

$$N_2O \text{ conv} = Em \text{ N}_2O \text{ H in-situ} + Em \text{ N}_2O \text{ S in-situ}$$

$$NO_x \text{ conv} = Em \text{ NO}_x \text{ H in-situ} + Em \text{ NO}_x \text{ S in-situ}$$

### II. 3. Abandono

$$Crec \text{ anual B} = Tasa \text{ anual crec BA} * F \text{ Exp} * [\text{Sup aba (20-100)} + \text{Sup aba (<20)}]$$

$$CO_2 \text{ cap A} = Crec \text{ anual B} * \text{Frac C en B} * FC (\text{CO}_2)$$

donde,

CO <sub>2</sub> cap A	=	Captura de CO <sub>2</sub> por abandono de tierras (Gg/año)
Crec anual B	=	Crecimiento anual de biomasa aérea (kt ms)
Tasa anual crec BA	=	Tasa anual de crecimiento de biomasa aérea, valor estimación estudio INIA (t ms/ha)
F exp	=	Factor de expansión, valor estimación estudio INIA
Sup aba (20-100)	=	Superficie abandonada entre 20 y 100 años por tipo de vegetación, según antecedentes de la región (kha)
Sup aba (<20)	=	Superficie abandonada y en etapa de regeneración en los últimos 20 años, según antecedentes de la región (kha)
Frac C en B	=	Fracción de carbono en biomasa, valor PICC
FC (CO <sub>2</sub> )	=	Factor de conversión a CO <sub>2</sub> (44/12)

#### II. 4. Incendios forestales.

Considerando la emisión y captura de CO<sub>2</sub> proveniente de incendio en plantaciones forestales y vegetación nativa, se tiene:

$$B \text{ acum} = \text{Rotación} * \text{Tasa crec} * F \text{ EXp}$$

$$B \text{ min} = \text{Sup inc (10)} * B \text{ acum} * \text{Frac B min}$$

$$B \text{ oxid} = \text{Sup inc (1)} * B \text{ acum} * \text{Frac B quem} * F \text{ oxid}$$

$$B \text{ reg} = \text{Sup inc (1)} * \text{Tasa anual inc} * F \text{ Exp}$$

$$CO_2 \text{ em IF} = (B \text{ min} + B \text{ oxid}) * \text{Frac C en B} * FC (CO_2)$$

$$CO_2 \text{ neto em IF} = (B \text{ min} + B \text{ oxid} - B \text{ reg}) * \text{Frac C en B} * FC (CO_2)$$

$$CO_2 \text{ cap IF} = (CO_2 \text{ em IF} - CO_2 \text{ neto em IF})$$

donde,

CO <sub>2</sub> em IF	=	Emisión total de CO <sub>2</sub> por incendios forestales en plantaciones forestales y vegetación nativa (Gg/año)
CO <sub>2</sub> neto em IF	=	Emisión neta de CO <sub>2</sub> por incendios forestales en plantaciones forestales y vegetación nativa (Gg/año)
CO <sub>2</sub> cap IF	=	Captura total de CO <sub>2</sub> por regeneración de vegetación posterior a un incendios forestales en plantaciones forestales y vegetación nativa (Gg/año)
B acum	=	Biomasa acumulada para plantaciones o vegetación nativa (t ms)
B min	=	Biomasa mineralizada por incendios forestales (kt ms)
B oxid	=	Biomasa oxidada por incendios forestales (kt ms)
B reg	=	Biomasa total regenerada (kt ms)
Frac C en B	=	Fracción de carbono en biomasa, valor PICC
Frac B elim	=	Fracción de biomasa eliminada, valor estimación estudio INIA (kt ms)
Sup inc (10)	=	Superficie incendiada en promedio en los últimos 10 años por tipo de vegetación, según antecedentes de la región (kha/año)
Sup inc (1)	=	Superficie incendiada en el año de estudio por tipo de vegetación, según antecedentes de la región (kha/año)
Rotación	=	Rotación de la plantación según especies, valor estimado estudio INIA
F Exp	=	Factor de expansión, valor estimación estudio INIA
Tasa anual inc	=	Tasa anual de incremento en biomasa aérea comercial, valor estimación estudio INIA
Frac B min	=	Fracción de biomasa mineralizada, valor estimación estudio INIA
Frac B quem	=	Fracción de biomasa quemada, valor estimación estudio INIA
F oxid	=	Factor de oxidación, valor PICC
FC (CO <sub>2</sub> )	=	Factor de conversión a CO <sub>2</sub> (44/12)

Para la estimación de CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, CO y NO<sub>x</sub> emitido por incendios forestales, se utilizan las siguientes fórmulas:

$$\mathbf{CH_4 IF} = B \text{ oxid} * \text{Frac C en B} * FE (CH_4) * FC (CH_4)$$

$$\mathbf{CO IF} = B \text{ oxid} * \text{Frac C en B} * FE (CO) * FC (CO)$$

$$\mathbf{N_2O IF} = B \text{ oxid} * \text{Frac C en B} * R \text{ N/C} * FE (N_2O) * FC (N_2O)$$

$$\mathbf{NO_x IF} = B \text{ oxid} * \text{Frac C en B} * R \text{ N/C} * FE (NO_x) * FC (NO_x)$$

donde,

CH <sub>4</sub> IF	= Emisión de CO <sub>2</sub> por incendios forestales (Gg/año)
CO IF	= Emisión de CO por incendios forestales (Gg/año)
N <sub>2</sub> O IF	= Emisión de N <sub>2</sub> O por incendios forestales (Gg/año)
NO <sub>x</sub> IF	= Emisión de NO <sub>x</sub> por incendios forestales (Gg/año)
B oxid	= Biomasa oxidada por incendios forestales, valor según formula anteriormente desarrollada (kt ms)
Frac C en B	= Fracción de carbono en biomasa, valor PICC
R N/C	= Relación nitrógeno – carbono, valor PICC
FE (N <sub>2</sub> O)	= Factor de emisión N <sub>2</sub> O, valor PICC
FE (NO <sub>x</sub> )	= Factor de emisión NO <sub>x</sub> , valor PICC
FE (CH <sub>4</sub> )	= Factor de emisión CH <sub>4</sub> , valor PICC
FE (CO)	= Factor de emisión CO, valor PICC
FC (N <sub>2</sub> O)	= Factor de conversión aN <sub>2</sub> O (44/28)
FC (NO <sub>x</sub> )	= Factor de conversión a NO <sub>x</sub> (46/14)
FC (CH <sub>4</sub> )	= Factor de conversión a CH <sub>4</sub> (16/12)
FC (CO)	= Factor de conversión a CO (28/12)

## II. 5. Emisiones y capturas de CO<sub>2</sub> desde los suelos

La determinación de CO<sub>2</sub> emitido y capturado por habilitación, corresponde a:

$$\mathbf{Em CO_2 \text{ quema}} = \text{Sup hab (25)} * \text{Frac C oxid} * \text{Cont C suelo} * \text{Frac C quem H} * F \text{ oxid} * FC (CO_2)$$

$$\mathbf{Em CO_2 \text{ min}} = \text{Sup hab (1)} * \text{Frac C oxid} * \text{Cont C suelo} * \text{Frac C no quem H} * FC (CO_2)$$

$$\mathbf{Em CO_2 \text{ H suelo}} = CO_2 \text{ em quema} + CO_2 \text{ em min}$$

donde,

Em CO <sub>2</sub> H suelo	= Emisión de CO <sub>2</sub> desde el suelo por habilitación (Gg/año)
Em CO <sub>2</sub> quema	= Emisión de CO <sub>2</sub> por quema de biomasa para habilitación (Gg/año)
Em CO <sub>2</sub> min	= Emisión de CO <sub>2</sub> por mineralización por acciones de habilitación (Gg/año)
Sup hab (25)	= Superficie habilitada promedio últimos 25 años, según antecedentes de la región (kha)
Sup hab (1)	= Superficie habilitada en el año de estudio, según antecedentes de la región (kha)
Frac C oxid	= Fracción de carbono en el suelo que se oxida, según estimación estudio INIA
Cont C suelo	= Contenido de carbono en el suelo, según estimación estudio INIA
Frac C quem H	= Fracción de carbono del suelo oxidado que se quema en la habilitación de terrenos, según estimación estudio INIA
Frac C no quem H	= Fracción de carbono del suelo oxidado que no se quema en la habilitación de terrenos, según estimación estudio INIA
F oxid	= Factor de oxidación, valor PICC
FC (CO <sub>2</sub> )	= Factor de conversión a CO <sub>2</sub> (44/12)

En relación a emisiones por sustitución, se utilizan las mismas fórmulas, reemplazando la superficie de habilitación por sustitución (S) y los valores de estimación de profesionales según los antecedentes definidos por INIA. Por lo cual, las emisiones totales de CO<sub>2</sub>, provenientes del submódulo suelo corresponden a:

$$\mathbf{Em\ CO_2\ suelo = CO_2\ em\ H + CO_2\ em\ S}$$

La captura de CO<sub>2</sub> desde el suelo por abandono de terrenos, considera:

$$\mathbf{Cap\ CO_2\ suelo = C\ acum\ suelo * Sup\ aba\ (20) * FC\ (CO_2)}$$

donde,

Cap CO <sub>2</sub> suelo	=	Captura de CO <sub>2</sub> del suelo por abandono de tierras (Gg/año)
C acum suelo	=	Carbono acumulado en el suelo, valor estimación estudio INIA
Sup aba (20)	=	Superficie abandonada de 20 años, según antecedentes de la región (kha)
FC (CO <sub>2</sub> )	=	Factor de conversión a CO <sub>2</sub> (44/12)

## II. 6. Urbanización

$$\mathbf{CO_2\ parc = Sup\ parc * F\ B\ perd\ parc * Frac\ C\ en\ B * FC\ (CO_2)}$$

$$\mathbf{CO_2\ avan\ urb = Sup\ avan\ urb * F\ B\ perd\ urb * Frac\ C\ en\ B * FC\ (CO_2)}$$

$$\mathbf{CO_2\ em\ urb = CO_2\ parc + CO_2\ avan\ urb}$$

donde,

CO <sub>2</sub> em urb	=	Emisión de CO <sub>2</sub> por cambio de uso de suelo rural a urbano (procesos de urbanización y parcelación) (Gg/año)
CO <sub>2</sub> parc	=	Emisión de CO <sub>2</sub> por parcelación de terrenos agrícolas (Gg/año)
CO <sub>2</sub> em urb	=	Emisión de CO <sub>2</sub> por urbanización, es decir, crecimiento de las ciudades (Gg/año)
Sup parc	=	Superficie con parcelas, según antecedentes de la región (kha)
Sup avan urb	=	Superficie con suelo urbanizada e industrializada, según antecedentes de la región (kha)
F B perd parc	=	Factor de biomasa perdida por parcelación, según estimación estudios INIA
F B perd urb	=	Factor de biomasa perdida por avance de urbanización, según estimación estudios INIA
Frac C en B	=	Fracción de carbono en biomasa, valor PICC
FC (CO <sub>2</sub> )	=	Factor de conversión a CO <sub>2</sub> (44/12)

Los valores utilizados para la superficie de parcelación y superficie de avance de urbanización, corresponden a los estimados en el inventario del año 1994. Esto debido a falta de información que determine un valor real.

### III. Fórmulas módulo gestión de residuos antropogénicos

$$Em CH_4 RSD = Pob\ total * Tasa\ gen\ res * Frac\ res\ verted * Frac\ C\ org\ degra * Frac\ degra * Frac\ biogás * FC\ (CH_4)$$

$$CH_4\ lib\ Riles = Prod\ Riles * Conc\ BBO * Frac\ Riles\ trat\ anae * FE\ (CH_4) * FC\ (CH_4)$$

$$Em\ CH_4\ Riles = CH_4\ lib\ Riles - CH_4\ rec\ Riles$$

$$CH_4\ lib\ AS = Pob\ conec\ PT * DBO\ AS * Frac\ AS\ trat\ anae * FE\ (CH_4) * FC\ (CH_4)$$

$$Em\ CH_4\ AS = CH_4\ lib\ AS - CH_4\ rec\ AS$$

donde,

Em CH <sub>4</sub> RSD	= Emisión de CH <sub>4</sub> producido por residuos sólidos domiciliarios (Gg/año)
CH <sub>4</sub> lib Riles	= Emisión de CH <sub>4</sub> liberados por residuos industriales líquidos (Riles) (Gg/año)
CH <sub>4</sub> rec Riles	= CH <sub>4</sub> recuperado por Riles , valor estimado igual a 0 según PICC
Em CH <sub>4</sub> Riles	= Emisión de CH <sub>4</sub> por residuos industriales líquidos (Gg/año)
CH <sub>4</sub> lib AS	= Emisión de CH <sub>4</sub> liberados por aguas servidas (Gg/año)
CH <sub>4</sub> rec AS	= CH <sub>4</sub> recuperado por aguas servidas, valor estimado igual a 0 según PICC
Em CH <sub>4</sub> AS	= Emisión de CH <sub>4</sub> por aguas servidas (Gg/año)
Pob total	= Población total regional, según antecedentes de la región (khab)
Pob Conc PT	= Población total conectada a plantas de tratamiento de aguas servidas, según antecedentes de la región (khab)
Prod Riles	= Producción anual de Riles (m l)
Frac res verd	= Fracción de residuos llevados a relleno
Frac C org degra	= Fracción de carbono orgánico degradado, valor PICC (Gg)
Frac degra	= Fracción finalmente degradada, valor PICC (Gg)
Frac biogas	= Fracción de C-CH <sub>4</sub> /C del biogás, valor PICC (Gg)
Conc DBO	= Concentración de la demanda biológica de oxígeno (DBO), valor PICC
Frac Riles trat anae	= Fracción de residuos industriales líquidos tratados anaeróbicamente, Valor PICC
Frac AS trat anae	= Fracción de aguas servidas tratadas anaeróbicamente, Valor PICC
DBO AS	= DBO de aguas servidas, valor PICC
FE (CH <sub>4</sub> )	= Factor de emisión CH <sub>4</sub>
FC (CH <sub>4</sub> )	= Factor de conversión a CH <sub>4</sub> (16/12)



## ANEXO B. ANTECEDENTES PARA EL SECTOR ENERGÍA

**Tabla N 10. Uso de combustibles, año 1999, XI Región**

Nombre combustible	Usuario (1) m <sup>3</sup>	Empresas de transporte (2) m <sup>3</sup>	Ranchos (3) m <sup>3</sup>	Canal minorista (4) m <sup>3</sup>	Total ventas m <sup>3</sup>
Gasolina 81					
Gasolina 86					
Gasolina 91					
Gasolina 93	435	117		10.906	<b>11.458</b>
Gasolina 93 sin plomo	685	49		3.984	<b>4.718</b>
Gasolina 95 sin plomo	69	8		2.624	<b>2.701</b>
Gasolina 97 sin plomo	54			2.340	<b>2.394</b>
Gasolina aviación	405			21	<b>426</b>
Kerosene aviación	43				<b>43</b>
Kerosene doméstica	6			1.437	<b>1.443</b>
Nafta liviana					
Petróleo combustible 180					
Petróleo combustible 5					
Petróleo combustible 6					
Petróleo diesel	6.679	187	101	1.778	<b>8.745</b>
Petróleo diesel A1	33.203	1.401	972	8.104	<b>43.680</b>
Petróleo diesel A2					
Petróleo diesel B					
Petróleo diesel Enap especial					
Petróleo diesel invernol					
<b>Total</b>	<b>41.579</b>	<b>1.762</b>	<b>1.073</b>	<b>31.194</b>	<b>75.608</b>

Fuente: Informe Estadístico 1999 SEC

(1) USUARIOS: Ventas a Industrias, Comercio o Particulares.

(2) EMPRESAS DE TRANSPORTE: Ventas a empresas de transporte por calle y caminos.

(3) RANCHOS: Ventas a barcos y aviones.

(4) CANAL MINORISTA: Ventas a estaciones de servicio y locales de venta al público en general.

**Tabla N 11. Factores de cálculo, sector energía**

Combustible	Poder Calorífico Superior	Poder Calorífico Inferior	Fact. de emisión de Carbono	Fración de carbono oxidado
	(kcal/m <sup>3</sup> )	(kcal/m <sup>3</sup> )	(TC/TJ)	%
GNC	9.341	8.874	15,3	0,995
Kerosene	11.100	10.545	19,6	0,99
Diesel	10.900	10.355	20,2	0,99
LPG	12.100	11.495	17,2	0,99
Gasolina	11.200	10.640	18,9	0,99
Coke	7.850	7.458	27,5	0,99

Fuente: IPCC, Guidelines Volume 3

**Tabla N 12. Densidad por tipo de combustible**

Tipo de combustible	Densidad t /m <sup>3</sup>
Petróleo crudo nacional	0,825
Petróleo crudo importado	0,855
Petróleo combustible 5	0,927
Petróleo combustible IFO 180	0,936
Petróleo combustible 6	0,945
Nafta	0,700
Gas licuado	0,550
Gasolina automovil	0,730
Gasolina aviación	0,700
Kerosene aviación	0,810
Kerosene	0,810
Diesel	0,840
Gas natural procesado	-
Leña	-
Carbón	-
Biogas	-
Gas de refinería	-
Electricidad	-

Fuente: CNE, Balance, 2004

## ANEXO C. ANTECEDENTES PARA EL SECTOR NO ENERGÍA

### I. Antecedentes del módulo agricultura

**Tabla N 13. Existencia de ganado, año 2003, XI Región**

Tipo de ganado	Número de animales (1000s)
Ganado lechero	0
Ganado no lechero	220,000
Camélidos	0,187
Caprino	13,300
Equino	13,702
Mulas y asnos	0,070
Ovino	337,565
Porcino	4,034
Aves de corral	0,000

Fuente: INE, 1997 VI Censo Nac. Agrop.

**Tabla N 14. Factores de emisión, fermentación entérica y manejo de estiércol**

Tipo de ganado	Factores de emisión de la fermentación entérica	Factores de emisión del manejo de estiércol
	(kg/cabeza/año)	(kg/cabeza/año)
Ganado lechero	68	16,9
Ganado no lechero	53	2
Camélidos	46	1,9
Caprino	5	0,17
Equino	18	1,6
Mulas y asnos	10	0,9
Ovino	5	0,16
Porcino	1	46,9
Aves de corral	0,004	0,018

Fuente: IPCC, Guidelines Volume 3

**Tabla N 15. Fracción de nitrógeno por tipo de ganado**

Tipo de ganado	Fracción de Nitrógeno excretado
	(kg/cabeza/año)
Ganado lechero	70
Ganado no lechero	40
Aves de corral	0,6
Ovejas	12
Cerdos	16
Otros animales	40

Fuente: IPCC, Guidelines Volume 2

**Tabla N 16. Fracción de nitrógeno en el estiércol, producido por sistemas de manejo de estiércol**

Tipo de ganado	Lagunas anaeróbicas	Sistema de tipo líquido	Abonado diario	Almacenamiento sólido y parcelas secas	Praderas y pastizales	Otros sistemas
Ganado lechero						
Ganado no lechero	0	0	0,6	0,05	0,35	0
Aves de corral	0	0	0	1	0	0
Ovejas	0	0	0	0	1	0
Cerdos	0,8	0	0,15	0,05	0	0
Otros animales	0	0	0	0	1	0

Fuente: IPCC, Guidelines Volume 2

**Tabla N 17. Factor de emisión de óxido nítrico del ganado**

Sistema de Manejo	Factor de emisión FE
Lagunas anaeróbicas	0,001
Sistema de tipo líquido	0,001
Abonado diario	0
Almacenamiento sólido y parcelas secas	0,02
Praderas y pastizales	0,02
Otros sistemas	0,005

Fuente: IPCC, Guidelines Volume 2

**Tabla N 18. Superficie con cultivos agrícolas, año 2003. XI Región**

Tipo de especie	Superficie
	(ha)
Acelga	1,0
Ajo	4,0
Arveja verde	24,0
Betarraga	1,0
Cilantro	4,0
Haba	18,0
Huerta casera	163,0
Lechuga	18,0
Pepino de ensalada	5,0
Poroto verde	1,0
Rábano y nabo	1,0
Repollo	3,0
Zanahoria	22,0
<b>Total hortalizas (*)</b>	<b>181,0</b>
Ciruelo europeo	1,4
Frambuesa	0,1
Guindo agrio	0,5
Guindo dulce o cerezo	0,6
Manzano rojo	8,6
Peral europeo	0,1
<b>Total frutales</b>	<b>11,3</b>
Alfalfa	512,7
Avena forrajera Sola	49,4
Cebada forrajera	0,0
Festuca	0,0
Lotería o alfalfa chilota	0,0
Mezclas de forrajeras perm y rotación	11.646,2
Otras forrajeras permanentes	7,2
Pasto miel	1,5
Pasto ovillo	77,3
Trébol alejandrino	0,0
Trébol blanco	503,8
Trébol rosado	17,5
<b>Total forrajeras</b>	<b>12.815,6</b>
<b>Total anual</b>	<b>13.007,9</b>

(\*\*) Una explotación puede tener una o más especies por lo que la suma por especie no es correcta.

Fuente: ODEPA - INDAP. Rubros según Tipo de productor y localización geográfica. Análisis a partir del VI Censo Nacional Agropecuario

**Tabla N 19. Tasa de aplicación fertilizantes por tipo de cultivo**

Tipo de especie cultivada	Tasa aplicación
	t N <sub>2</sub> /ha
Acelga	0,15
Ajo	0,15
Arveja verde	0,15
Betarraga	0,15
Cilantro	0,15
Haba	0,15
Huerta casera	0,15
Lechuga	0,15
Pepino de ensalada	0,15
Poroto verde	0,15
Rábano y nabo	0,15
Repollo	0,15
Zanahoria	0,15
Ciruelo europeo	0,125
Frambuesa	0,06
Guindo agrío	0,125
Guindo dulce o cerezo	0,125
Manzano rojo	0,125
Peral europeo	0,125
Alfalfa	0,02
Avena forrajera Sola	0,05
Mezclas de forrajeras perm. y rotación	0,05
Otras forrajeras permanentes	0,05
Pasto miel	0,05
Pasto ovillo	0,05
Trébol blanco	0,05
Trébol rosado	0,05

Fuente: INIA, Inventario GEI 2000

**Tabla N 20. Factor de emisión para suelos cultivados**

Sistema de Manejo	Factor de emisión FE
Fracción oxidada residuos agrícolas	0,9
Factor de emisión directa (kg N <sub>2</sub> O–N/kg N)	0,0125
Fracción del N del fertilizante sintético aplicado y volatilizado (kg N/kg N)	0,1
Fracción del N en el estiércol excretado volatilizado Fra <sub>GASM</sub>	0,2
Factor de emisión (kg N <sub>2</sub> O–N/kg N)	0,01
Fracción de N lixiviado (kg N/kg N)	0,3
Factor de emisión de lixiviación	0,025
Fracción quemada	0
Fracción de N excretado emitido como NO <sub>x</sub> o NH <sub>3</sub> (kg N/ kg N)	0,2

Fuente: IPCC, Guidelines Volume 2

**Tabla N 21. Tasa de fijación nitrógeno y fracción de leguminosas por tipo de cultivo**

Tipo de leguminosa	Tasas de fijación de N (kg N <sub>2</sub> /año)	Fracción de leguminosas
Cultivos	86	1,00
Alfalfa	300	0,20
Praderas artificiales y mejoradas	150	0,20

Fuente: INIA, Inventario GEI 2000

**Tabla N 22. Factores de conversión para residuos de cultivos agrícolas**

Cultivo	Relación residuos-cultivo	Fracción de materia seca	Fracción Quemada	Fracción oxidada	Fracción de N	Fracción incorporada	Fracción C en residuos
Avena	1,27	0,89	0,10	0,90	0,007	0,05	0,45
Cebada	1,27	0,89	0,20	0,90	0,007	0,05	0,46
Centeno	1,27	0,89	0,25	0,90	0,006	0,05	0,45
Trigo	1,38	0,88	0,20	0,90	0,006	0,05	0,49
Maravilla	1,78	0,92	0,20	0,90	0,019	1,00	0,45
Papas	0,39	0,24	0,05	0,90	0,021	1,00	0,42
Choclo	1,00	0,95	0,05	0,90	0,007	1,00	0,45
Tomate	0,82	0,12	0,06	0,90	0,022	1,00	0,45
Pepino ensalada	0,17	0,06	0,10	0,90	0,020	1,00	0,45
Zapallo italiano	0,13	0,14	-	0,90	0,022	1,00	0,45
Lechuga	0,02	0,15	-	0,90	0,028	1,00	0,45
Repollo	0,03	0,11	-	0,90	0,038	1,00	0,45
Arveja grano	2,30	0,80	0,05	0,90	0,015	0,30	0,45
Poroto grano	1,50	0,90	0,05	0,90	0,033	0,30	0,45
Lupino	1,30	0,93	0,20	0,90	0,016	1,00	0,45
Poroto granado	1,50	0,90	0,05	0,90	0,017	0,30	0,45
Poroto verde	1,50	0,90	0,05	0,90	0,023	0,30	0,45
Haba	1,50	0,80	0,05	0,90	0,011	0,30	0,45

Fuente: INIA, Inventario GEI 2000

**Tabla N 23. Factores de emisión por defecto para la realización de los cálculos de quema de residuos agrícolas**

Gas	FE
CH <sub>4</sub>	0,004
CO	0,06
N <sub>2</sub> O	0,007
NO <sub>x</sub>	0,121

Fuente: IPCC, Guidelines Volume 3

**II. Antecedentes del módulo silvicultura y cambio del uso del suelo****Tabla N 24. Factores de emisión y conversión**

	Factor de emisión	Factor de conversión
CO <sub>2</sub>	0,935	44/12
CH <sub>4</sub>	0,012	16/12
CO	0,060	28/12
N <sub>2</sub> O	0,007	44/28
NO <sub>x</sub>	0,121	46/14

Fuente: IPCC, Guidelines Volume 2

**Tabla N 25. Factores de cálculo, módulo silvicultura**

Fracción de C en materia seca (biomasa) (1)	0,5000
N/C (1)	0,0100
Factor de residuos plantación forestal (1)	0,6667
Factor de residuos bosque nativo (1)	0,4375
Factor de oxidación (1)	0,9000
Factor de mineralización (1)	0,1000
Fracción de biomasa quemada (plantaciones) (2)	0,8000
Fracción de biomasa quemada (veg. nativa) (2)	0,7300
Fracción mineralización (plantaciones) (2)	0,0100
Fracción mineralización (veg. nativa) (2)	0,0630
Contenido C en el suelo, XI Región (2)	120

Fuente (1): IPCC, Guidelines Volume 2

Fuente (2): Inventario INIA, 2000

**Tabla N 26. Superficie año 2003 y factores para bosques templados en gestión silvícola**

Especies arbóreas existentes en la XI Región	Superficie (1)	Tasa de crecimiento anual (2)
Plantaciones	(kha)	(t ms/ha)
Pino oregón ( <i>Pseudotsuga merziesii</i> )	4,50	8,00
Alamo ( <i>Populus sp.</i> )	0,01	10,00
Otras especies	30,48	8,00
Bosque nativo manejado	16,67	2,07

Fuente: (1) INFOR, Boletines estadísticos

Fuente: (2) IPCC, Guidelines Volume 2

**Tabla N 27. Valores de cosecha comercial, año 2003, XI Región**

Categorías de cosecha	Cosecha comercial (1000 m <sup>3</sup> )
Leña (nativa)	239,41
Trozas otras especies	0,36
Trozas especies nativas	48,76

Fuente: INFOR, Boletines estadísticos

**Tabla N 28. Factor de expansión de biomasa (para totalizar biomasa)**

Especie	Factor de expansión
Plantaciones	1,8462
Bosque nativo	1,8462
Arbustos	1,1000

Fuente: Inventario INIA, 2000

**Tabla N 29. Relaciones de biomasa**

Tipo de conversión	Biomasa año 1 (remanente)
Habilitación	10,0
Substitución	5,0

Fuente: Inventario INIA, 2000

**Tabla N 30. Densidad de la madera y rotación de especies**

Especie	Densidad <sup>1</sup>	Rotación <sup>2</sup>
	t/m <sup>3</sup>	años
Pino insigne (Pinus radiata)	0,45	20
Eucaliptus (Eucaliptus spp)	0,62	14
Pino oregón (Pseudotsuga menziesii)	0,50	35
Álamo (Populus sp)	0,32	15
Otras especies	0,55	35
Nativas	0,50	60

<sup>1</sup> Fuente: Torriceli<sup>2</sup> Fuente: Ing. For. A. Neuenschwander**Tabla N 31. Factores de cálculo requeridos para emisiones desde el suelo**

Habilitación y Substitución	
Fracción de C del suelo no oxidable	0,1
Fracción de C del suelo oxidable	0,9
Fracción de C del suelo quemada (oxidado)	0,7
Fracción de C del suelo no quemada (oxidado)	0,3

Fuente: Inventario INIA, 2000

**Tabla N 32. Factores de cálculo requeridos para emisión por urbanización**

Fracción de C en biomasa	0,450
Fracción de Biomasa perdida por parcelación	5,000
Fracción de Biomasa perdida por urbanización	8,000

Fuente: Inventario INIA, 2000

### III. Antecedentes del módulo gestión de residuos antropogénicos

**Tabla N 33. Factores para determinación de RILES**

Rubros	Procesamiento de pescado	Frigoríficos
Producción anual de RILES (M litros/año)	288	279
Concentración de DBO (kg/litros)	0,03	0,02
Fracción de RILES tratadas anaeróbicamente	0,05	0,05
Factor de Emisión (Gg CH <sub>4</sub> /Gg DBO)	0,22	0,22

Fuente: INIA, Inventario, 2000

**Tabla N 34. Factores para determinación de aguas servidas domiciliarias**

Población conectada a Planta Tratamiento AS (khab)	2,19
DBO de Aguas Servidas (Gg DBO/1000pers/año)	0,01
Fracción AS tratadas anaeróbicamente	0,05
FE Gg CH <sub>4</sub> /Gg DBO	0,22

Fuente: INIA, Inventario, 1999



**Tabla N 35. Factores para determinación de residuos sólidos domiciliarios**

Tasa Generación de residuos (ton/hab/año)	0,26
Fracción de residuos llevados a Relleno (pob.aten./pob.tot)	0,68
Fracción de C orgánica degradada	0,15
Fracción desgradada (eficiencia degradación)	0,77
FE C-CH <sub>4</sub> /C-biogas	0,50

Fuente: INIA, Inventario, 1999

## ANEXO D. RESULTADOS SECTOR ENERGÍA

**Tabla N 36. Consumo total de combustibles, año 1999, XI Región**

Combustible	Total ventas m <sup>3</sup>	Densidad t/m <sup>3</sup>	Total Kg
Gasolina 93	11.458	0,73	8.364.340
Gasolina 93 sin plomo	4.718	0,73	3.444.140
Gasolina 95 sin plomo	2.701	0,73	1.971.730
Gasolina 97 sin plomo	2.394	0,73	1.747.620
Gasolina aviación	426	0,70	298.200
Kerosene aviación	43	0,81	34.830
Kerosene doméstica	1.443	0,81	1.168.830
Petróleo diesel	8.745	0,84	7.345.800
Petróleo diesel A1	43.680	0,84	36.691.200
<b>Total</b>	<b>75.608</b>		<b>61.066.690</b>

**Tabla N 37. Emisión de CO<sub>2</sub> proveniente del sector energía, año 1999, XI Región**

Combustible	Consumo de Combustible (Kg/año)	Poder Calorífico Superior kcal/kg	Poder Calorífico Inferior kcal/kg	Consumo de Energía Tcal	FC TJ/Tcal	Consumo de Energía TJ	FE t C/TJ	Contenido de Carbón t C	Contenido de Carbón Gg C	Fracción de carbono oxidado %	Emisión de carbono Gg C	Emisión de CO <sub>2</sub> Gg
Gasolina 93	8.364.340	11.200	10.640	89,00	4,1868	372,61	18,9	7.042,35	7,04	0,99	6,97	25,56
Gasolina 93 s/plomo	3.444.140	11.200	10.640	36,65	4,1868	153,43	18,9	2.899,79	2,90	0,99	2,87	10,53
Gasolina 95 s/plomo	1.971.730	11.200	10.640	20,98	4,1868	87,84	18,9	1.660,10	1,66	0,99	1,64	6,03
Gasolina 97 s/plomo	1.747.620	11.200	10.640	18,59	4,1868	77,85	18,9	1.471,41	1,47	0,99	1,46	5,34
Gasolina aviación	298.200	11.200	10.640	3,17	4,1868	13,28	18,9	251,07	0,25	0,99	0,25	0,91
Kerosene aviación	34.830	11.100	10.545	0,37	4,1868	1,54	19,6	30,14	0,03	0,99	0,03	0,11
Kerosene doméstica	1.168.830	11.100	10.545	12,33	4,1868	51,60	19,6	1.011,43	1,01	0,99	1,00	3,67
Petróleo diesel	7.345.800	10.900	10.355	76,07	4,1868	318,47	20,2	6.433,14	6,43	0,99	6,37	23,35
Petróleo diesel A1	36.691.200	10.900	10.355	379,94	4,1868	1.590,72	20,2	32.132,58	32,13	0,99	31,81	116,64
<b>Total</b>	<b>61.066.690</b>											<b>192,14</b>

## ANEXO E. RESULTADOS SECTOR NO ENERGÍA

### I. Resultados del módulo agricultura

**Tabla N 38. Emisión de CH<sub>4</sub> procedentes de la fermentación entérica del ganado doméstico y del manejo del estiércol**

MÓDULO		AGRICULTURA				
SUBMÓDULO		EMISIONES DE METANO Y DE ÓXIDO NITROSO PROCEDENTES DE LA FERMENTACIÓN ENTÉRICA DEL GANADO DOMÉSTICO Y DEL MANEJO DEL ESTIÉRCOL				
HOJA DE TRABAJO		4-1				
HOJA		1 DE 2				
Tipo de ganado	A Número de animales (1000s)	B FE de la fermentación entérica	C Emisiones procedentes de la fermentación entérica (t/año)	D FE del manejo de estiércol	E Emisiones procedentes del manejo del estiércol (t/año)	F Total anual de las emisiones procedentes del ganado doméstico (Gg)
			(A x B)		(A x D)	(C + E)/1000
Ganado lechero	-	68	0,00	16,9	0,00	0,00
Ganado no lechero	220,000	53	11.660,00	2	440,00	12,10
Ovejas	337,565	5	1.687,83	0,16	54,01	1,74
Cabras	13,300	5	66,50	0,17	2,26	0,07
Camellos	0,187	46	8,60	1,9	0,36	0,01
Caballos	13,702	18	246,64	1,6	21,92	0,27
Mulas y asnos	0,070	10	0,70	0,9	0,06	0,00
Cerdos	4,034	1	4,03	46,9	189,19	0,19
Aves de corral	-	0,004	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Totales</b>			<b>13674,30</b>		<b>707,81</b>	<b>14,38</b>

**Tabla N 39. Nitrógeno excretado por sistema de manejo del estiércol (lagunas anaeróbicas)**

MÓDULO		AGRICULTURA		
SUBMÓDULO		EMISIONES DE METANO Y ÓXIDO NITROSO PROCEDENTES DE LA FERMENTACIÓN ENTÉRICA DEL GANADO DOMÉSTICO Y DEL MANEJO DEL ESTIÉRCOL		
HOJA DE TRABAJO		4-1 (ADICIONAL)		
Tipo de ganado	A Número de animales (cabezas)	B Nitrógeno excretado (kg N/cabeza/año)	C Fracción del nitrógeno del estiércol por SME	D Nitrógeno excretado por SME (kg N/año)
				(A x B x C)
Ganado lechero	0	70	0	0,00
Ganado no lechero	220.000	40	0	0,00
Aves de corral	0	0,6	0	0,00
Ovejas	337.565	12	0	0,00
Cerdos	4.034	16	0,8	51.635,20
Cabras	13.300	40	0	0,00
Caballos	13.702	40	0	0,00
Camellos	187	40	0	0,00
Mulas y asnos	70	40	0	0,00
			<b>TOTAL</b>	<b>51.635,20</b>

**Tabla N 40. Nitrógeno excretado por sistemas de manejo del estiércol (sistemas de tipo líquido)**

MÓDULO	AGRICULTURA			
SUBMÓDULO	EMISIONES DE METANO Y ÓXIDO NITROSO PROCEDENTES DE LA FERMENTACIÓN ENTÉRICA DEL GANADO DOMÉSTICO Y DEL MANEJO DEL ESTIÉRCOL			
HOJA DE TRABAJO	4-1 (ADICIONAL)			
Tipo de ganado	A Número de animales (cabezas)	B Nitrógeno excretado (kg N/cabeza/año)	C Fracción del nitrógeno del estiércol por SME	D Nitrógeno excretado por SME (kg N/año) (A x B x C)
Ganado lechero	0	70	0,01	0,00
Ganado no lechero	220.000	40	0	0,00
Aves de corral	0	0,6	0	0,00
Ovejas	337.565	12	0	0,00
Cerdos	4.034	16	0	0,00
Cabras	13.300	40	0	0,00
Caballos	13.702	40	0	0,00
Camellos	187	40	0	0,00
Mulas y asnos	70	40	0	0,00
<b>TOTAL</b>				<b>0,00</b>

**Tabla N 41. Nitrógeno excretado por sistemas de manejo del estiércol (aspersión diario)**

MÓDULO	AGRICULTURA			
SUBMÓDULO	EMISIONES DE METANO Y ÓXIDO NITROSO PROCEDENTES DE LA FERMENTACIÓN ENTÉRICA DEL GANADO DOMÉSTICO Y DEL MANEJO DEL ESTIÉRCOL			
HOJA DE TRABAJO	4-1 (ADICIONAL)			
Tipo de ganado	A Número de animales (cabezas)	B Nitrógeno excretado (kg N/cabeza/año)	C Fracción del nitrógeno del estiércol por SME	D Nitrógeno excretado por SME (kg N/año) (A x B x C)
Ganado lechero	0	70	0	0,00
Ganado no lechero	220.000	40	0,6	5.280.000,00
Aves de corral	0	0,6	0	0,00
Ovejas	337.565	12	0	0,00
Cerdos	4.034	16	0,15	9.681,60
Cabras	13.300	40	0	0,00
Caballos	13.702	40	0	0,00
Camellos	187	40	0	0,00
Mulas y asnos	70	40	0	0,00
<b>TOTAL</b>				<b>5.289.681,60</b>

**Tabla N 42. Nitrógeno excretado por sistemas de manejo del estiércol (almacenamiento sólido y parcelas secas)**

MÓDULO	AGRICULTURA			
SUBMÓDULO	EMISIONES DE METANO Y ÓXIDO NITROSO PROCEDENTES DE LA FERMENTACIÓN ENTÉRICA DEL GANADO DOMÉSTICO Y DEL MANEJO DEL ESTIÉRCOL			
HOJA DE TRABAJO	4-1 (ADICIONAL)			
Tipo de ganado	A Número de animales  (cabezas)	B Nitrógeno excretado  (kg N/cabeza/año)	C Fracción del nitrógeno del estiércol por SME	D Nitrógeno excretado por SME  (kg N/año)
				(A x B x C)
Ganado lechero	0	70	0	0,00
Ganado no lechero	220.000	40	0,05	440.000,00
Aves de corral	0	0,6	1	0,00
Ovejas	337.565	12	0	0,00
Cerdos	4.034	16	0,05	3.227,20
Cabras	13.300	40	0	0,00
Caballos	13.702	40	0	0,00
Camellos	187	40	0	0,00
Mulas y asnos	70	40	0	0,00
			<b>TOTAL</b>	<b>443.227,20</b>

**Tabla N 43. Nitrógeno excretado por sistemas de manejo del estiércol (pastoreo directo)**

MÓDULO	AGRICULTURA			
SUBMÓDULO	EMISIONES DE METANO Y ÓXIDO NITROSO PROCEDENTES DE LA FERMENTACIÓN ENTÉRICA DEL GANADO DOMÉSTICO Y DEL MANEJO DEL ESTIÉRCOL			
HOJA DE TRABAJO	4-1 (ADICIONAL)			
Tipo de ganado	A Número de animales  (cabezas)	B Nitrógeno excretado  (kg N/cabeza/año)	C Fracción del nitrógeno del estiércol por SME	D Nitrógeno excretado por SME  (kg N/año)
				(A x B x C)
Ganado lechero	0	70		0,00
Ganado no lechero	220000	40	0,35	3.080.000,00
Aves de corral	0,000	0,6	0,00	0,00
Ovejas	337565	12	1,00	4.050.780,00
Cerdos	4034	16	0,00	0,00
Cabras	13300	40	1,00	532.000,00
Caballos	13702	40	1,00	548.080,00
Camellos	187	40	1,00	7.480,00
Mulas y asnos	70	40	1,00	2.800,00
			<b>TOTAL</b>	<b>8.221.140,00</b>

**Tabla N 44. Nitrógeno excretado por sistemas de manejo del estiércol (otros)**

MÓDULO	AGRICULTURA			
SUBMÓDULO	EMISIONES DE METANO Y ÓXIDO NITROSO PROCEDENTES DE LA FERMENTACIÓN ENTÉRICA DEL GANADO DOMÉSTICO Y DEL MANEJO DEL ESTIÉRCOL			
HOJA DE TRABAJO	4-1 (ADICIONAL)			
Tipo de ganado	A Número de animales  (cabezas)	B Nitrógeno excretado  (kg N/cabeza/año)	C Fracción del nitrógeno del estiércol por SME	D Nitrógeno excretado por SME  (kg N/año)  (A x B x C)
Ganado lechero	0	70	0	0,00
Ganado no lechero	220.000	40	0	0,00
Aves de corral	0	0,6	0	0,00
Ovejas	337.565	12	0	0,00
Cerdos	4.034	16	0	0,00
Cabras	13.300	40	0	0,00
Caballos	13.702	40	0	0,00
Camellos	187	40	0	0,00
Mulas y asnos	70	40	0	0,00
<b>TOTAL</b>				<b>0,00</b>

**Tabla N 45. Emisiones de óxido nitroso procedentes de la producción pecuaria y emisiones procedentes de los sistemas de manejo del estiércol (SME)**

MÓDULO	AGRICULTURA		
SUBMÓDULO	EMISIONES DE METANO Y ÓXIDO NITROSO PROCEDENTES DE LA FERMENTACIÓN ENTÉRICA DEL GANADO DOMÉSTICO Y DEL MANEJO DEL ESTIÉRCOL		
HOJA DE TRABAJO	4-1		
HOJA	2 DE 2		
Sistema de Manejo del Estiércol (SME)	A Nitrógeno excretado (SME)  (kg N/año)	B FE para el SME  (kg N-N <sub>2</sub> O/kg N)	C Emisión de N <sub>2</sub> O  (Gg)  (AxB)[44/28] / 1000000
Lagunas anaeróbicas	51.635,20	0,001	0,0001
Sistemas de tipo líquido	0,00	0,001	0,0000
Almacenamiento sólido y parcelas secas	443.227,20	0,02	0,0139
Abonado diario	5.289.681,60	0	0,0000
Praderas y pastizales	8.221.140,00	0,02	0,2584
Otros	0,00	0,005	0,0000
<b>Total</b>	<b>14.005.684,00</b>		<b>0,0140</b>

**Tabla N 46. Generación de biomasa quemada proveniente de cultivos agrícolas**

MÓDULO		AGRICULTURA						
SUBMÓDULO		QUEMA EN EL CAMPO DE LOS RESIDUOS AGRÍCOLAS						
HOJA DE TRABAJO		4-4						
HOJA		1 DE 3						
Cultivo	A Producción anual (Gg)	B Relación residuos- cultivo	C Residuos húmedos (Gg)	D Fracción materia seca	E Residuos secos (Gg)	F Fracción Quemada	G Fracción oxidada	H Biomasa quemada (Gg)
			(A x B)		(C x D)			(E x F x G)
Arveja verde	0,024	2,30	0,055	0,80	0,04	0,05	0,90	0,00
Pepino ensalada	0,005	0,17	0,001	0,85	0,00	0,10	0,90	0,00
Poroto verde	0,001	1,50	0,002	0,90	0,00	0,05	0,90	0,00
Forrajeras	11,646	1,27	14,791	0,89	13,16	0,10	0,90	1,18

**Tabla N 47. Emisiones de carbono y nitrógeno liberado por quema agrícola**

MÓDULO		AGRICULTURA			
SUBMÓDULO		QUEMA EN EL CAMPO DE LOS RESIDUOS AGRÍCOLAS			
HOJA DE TRABAJO		4-4			
HOJA		2 DE 3			
Cultivo	Biomasa quemada (Gg)	Fracción C en residuos	Total C liberado (Gg C)	Relación N/C	Total N liberado (Gg N)
Arveja verde	0,00	0,45	0,00	0,050	0,000
Pepino ensalada	0,00	0,45	0,00	0,040	0,000
Poroto verde	0,00	0,45	0,00	0,075	0,000
Forrajeras	1,18	0,45	0,53	0,027	0,014
		<b>TOTAL</b>	<b>0,53</b>		<b>0,014</b>

**Tabla N 48. Emisiones de los diferentes gases procedentes de la quema agrícola**

MÓDULO		AGRICULTURA		
SUBMÓDULO		QUEMA EN EL CAMPO DE LOS RESIDUOS AGRÍCOLAS		
HOJA DE TRABAJO		4-4		
HOJA		3 DE 3		
	Factor de emisión	Emisiones (FE x C/N lib) (Gg C o Gg N)	FC	Emisiones procedentes de la quema agrícola (Gg)
CH <sub>4</sub>	0,004	0,0021	16/12	<b>0,0028</b>
CO	0,060	0,0320	28/12	<b>0,0748</b>
N <sub>2</sub> O	0,007	0,0001	44/28	<b>0,0002</b>
NO <sub>x</sub>	0,121	0,0017	46/14	<b>0,0057</b>

**Tabla N 49. Aporte de nitrógeno procedente de fertilización nitrogenada sintética**

MÓDULO	AGRICULTURA			
SUBMÓDULO	SUELOS AGRÍCOLAS			
HOJA DE TRABAJO	4-5A			
HOJA	1 DE 5			
Tipo de especie cultivada	A Superficie	B Tasa aplicación t N/ha	C N aplicado (t N/año) (A x B)	D N aplicado (kg N/año) (C x 1000)
Acelga	1,0	0,15	0,15	150,00
Ajo	4,0	0,15	0,6	600,00
Arveja verde	24,0	0,15	3,6	3.600,00
Betarraga	1,0	0,15	0,15	150,00
Cilantro	4,0	0,15	0,6	600,00
Haba	18,0	0,15	2,7	2.700,00
Huerta casera	163,0	0,15	24,45	24.450,00
Lechuga	18,0	0,15	2,7	2.700,00
Pepino de ensalada	5,0	0,15	0,75	750,00
Poroto verde	1,0	0,15	0,15	150,00
Rábano y nabo	1,0	0,15	0,15	150,00
Repollo	3,0	0,15	0,45	450,00
Zanahoria	22,0	0,15	3,3	3.300,00
<b>Total hortalizas</b>	<b>181,0</b>		<b>39,8</b>	<b>39.750,00</b>
Ciruelo europeo	1,4	0,125	0,175	175,00
Frambuesa	0,1	0,06	0,006	6,00
Guindo agrio	0,5	0,125	0,0625	62,50
Guindo dulce o cerezo	0,6	0,125	0,075	75,00
Manzano rojo	8,6	0,125	1,075	1.075,00
Peral europeo	0,1	0,125	0,0125	12,50
<b>Total frutales</b>	<b>11,3</b>		<b>1,4</b>	<b>1.406,00</b>
Alfalfa	512,7	0,02	10,254	10.254,00
Avena forrajera Sola	49,4	0,05	2,47	2.470,00
Mezclas de forrajeras permanentes y de rotación	264,1	0,05	13,205	13.205,00
Otras forrajeras permanentes	7,2	0,05	0,36	360,00
Pasto miel	1,5	0,05	0,075	75,00
Pasto ovilla	77,3	0,05	3,865	3.865,00
Trébol blanco	503,8	0,05	25,19	25.190,00
Trébol rosado	17,5	0,05	0,875	875,00
<b>Total forrajeras</b>	<b>1.433,5</b>		<b>56,3</b>	<b>56.294,00</b>
<b>Total</b>	<b>1.625,8</b>		<b>97,5</b>	<b>97.450,00</b>



**Tabla N 50. Aporte de nitrógeno procedente del estiércol**

MÓDULO	AGRICULTURA				
SUBMÓDULO	SUELOS AGRÍCOLAS				
HOJA DE TRABAJO	4-5B				
HOJA	1 DE 5				
Especies animales	A Total del N  (kg N/año)	B Fracción quemada	C Fracción del N del estiércol por SME	D Fracción de N excretado emitido como NO <sub>x</sub> o NH <sub>3</sub>  (kg N/ kg N)	E N del estiércol  (kg N/año)
Ganado lechero	-				0,00
Ganado no lechero	3.080.000,00	0	0,35	0,2	1.601.600,00
Aves de corral	-	0	0	0,2	0,00
Ovejas	4.050.780,00	0	1	0,2	0,00
Cerdos	0,00	0	0	0,2	0,00
Cabras	532.000,00	0	1	0,2	0,00
Caballos	548.080,00	0	1	0,2	0,00
Camellos	7.480,00	0	1	0,2	0,00
Mulas y asnos	2.800,00	0	1	0,2	0,00
<b>TOTAL</b>	<b>8.221.140,00</b>				<b>1.601.600,00</b>

**Tabla N 51. Aporte de nitrógeno procedente de cultivos fijadores**

MÓDULO	AGRICULTURA			
SUBMÓDULO	SUELOS AGRÍCOLAS			
HOJA DE TRABAJO	4-5C			
HOJA	1 DE 5			
Especie	A Superficie (ha)	B Frac Legum	C Tasa Fijación kg/ha/año	D N fijado kg N/año (A x B x C)
Arveja verde	24,00	1	90	2.160,00
Poroto verde	1,00	1	90	90,00
Haba	18,00	1	90	1.620,00
<b>Total</b>	<b>43,00</b>			<b>3.870,00</b>

**Tabla N 52. Aporte de nitrógeno procedente de residuos de las cosechas**

MÓDULO		AGRICULTURA					
SUBMÓDULO		SUELOS AGRÍCOLAS					
HOJA DE TRABAJO		4-5D					
HOJA		1 DE 5					
Cultivo	Producción anual cultivos no fijadores del N (Gg/año)	Relación residuos-cultivo	Fracción de materia seca	Cantidad de residuos (kg ms/año)	Fracción de N	Fracción incorporada	Aporte de N de los residuos de las cosechas (kg N/año)
Avena	3,89	1,27	0,89	4.408.898,54	0,007	0,05	1.516,66
Cebada	0,10	1,27	0,89	115.811,94	0,007	0,05	38,91
Centeno	0,01	1,27	0,89	8.172,63	0,006	0,05	2,35
Trigo	0,57	1,38	0,88	697.244,66	0,006	0,05	214,75
Maravilla	0,00	1,78	0,92	0,00	0,019	1,00	0,00
Papas	10,30	0,39	0,24	961.033,29	0,021	1,00	20.232,28
Choclo	0,01	1,00	0,95	6.256,39	0,007	1,00	42,54
Tomate	0,01	0,82	0,12	501,59	0,022	1,00	11,10
Pepino ensalada	0,02	0,17	0,06	152,06	0,020	1,00	3,03
Zapallo italiano	0,01	0,13	0,14	175,00	0,022	1,00	3,92
Lechuga	0,15	0,02	0,15	346,15	0,028	1,00	9,86
Repollo	0,02	0,03	0,11	40,95	0,038	1,00	1,57
Arveja grano	0,001	2,30	0,80	1.840,00	0,015	0,30	8,39
Poroto grano	0,000	1,50	0,90	0,00	0,033	0,30	0,00
Lupino	0,000	1,30	0,93	0,00	0,016	1,00	0,00
Poroto granado		1,50	0,23	0,00	0,017	0,30	0,00
Poroto verde	0,001	1,50	0,23	345,00	0,023	0,30	2,40
Haba	0,018	1,50	0,22	5.940,00	0,011	0,30	19,39
<b>TOTAL</b>							<b>22.107,16</b>

**Tabla N 53. Emisiones directas de óxido nitroso procedentes de los campos agrícolas, excluido el cultivo de los histosoles**

MÓDULO		AGRICULTURA			
SUBMÓDULO		SUELOS AGRÍCOLAS			
HOJA DE TRABAJO		4-5			
HOJA		1 DE 5			
Tipo de aporte de N en el suelo	A	B	C	D	
	Cantidad de aporte de N (kg N/año)	FE para las emisiones directas (kg N <sub>2</sub> O-N/kg N)	Emisiones directas de los suelos (Gg N <sub>2</sub> O-N/año)	Emisiones directas de los suelos (Gg N <sub>2</sub> O/año)	
			(A x B)/1 000 000	C*(44/28)	
Fertilizante sintético (F <sub>SN</sub> )	97.450	0,0125	0,00	0,00	
Estiércol (F <sub>E</sub> )	1.601.600	0,0125	0,02	0,03	
Cultivos fijadores del nitrógeno (F <sub>BN</sub> )	3.870,00	0,0125	0,00	0,00	
Residuo de las cosechas (F <sub>RC</sub> )	22.107,16	0,0125	0,00	0,00	
		<b>Total</b>		<b>0,03</b>	

**Tabla N 54. Emisiones de óxido nitroso de los suelos procedentes del pastoreo de animales-praderas y pastizales**

MÓDULO	AGRICULTURA		
SUBMÓDULO	SUELOS AGRÍCOLAS		
HOJA DE TRABAJO	4-5		
HOJA	3 DE 5		
Sistema de manejo del estiércol animal (SME)	A Nitrógeno excretado  (kg N/año)	B FE para los SME FE <sub>3</sub>  (kg N <sub>2</sub> O-N/kg N)	C Emisiones de N <sub>2</sub> O procedentes del pastoreo de animales  (Gg)  (A x B)[44/28]/1 000 000
Praderas y pastizales	8.221.140,00	0,02	0,26

**Tabla N 55. Emisiones indirectas de óxido nitroso procedentes del depósito atmosférico desde NH<sub>3</sub> y NO<sub>x</sub>**

MÓDULO		AGRICULTURA									
SUBMÓDULO		SUELOS AGRÍCOLAS									
HOJA DE TRABAJO		4-5									
HOJA		4 DE 5									
Tipo de deposición	N aplicado (kg N/año)	Fracción del N en el fertilizante sintético aplicado que no se volatiliza	A N en el fertilizante sintético aplicado a los suelos	B Fracción del N en el fertilizante sintético aplicado que se volatiliza	C Cantidad del N en el fertilizante sintético aplicado que se volatiliza	D Total de N excretado por el ganado	E Fracción del total de N excretado que se volatiliza	F Total de N excretado por el ganado que se volatiliza	G FE	H Emisiones de óxido nitroso	I Emisiones de N <sub>2</sub> O
		Frac <sub>GASFS</sub> (kg N/kg N)	N <sub>FERT</sub> (kg N/año)	Frac <sub>GASFS</sub> (kg N/kg N)	(kg N/kg N)	(kg N/kg N)	N <sub>EX</sub> (kg N/año)	Frac <sub>GASM</sub> (kg N/kg N)	(kg N/kg N)	(kg N <sub>2</sub> O–N/kg N)	(Gg N <sub>2</sub> O–N/año)
					(A x B)			(D x E)		(C + F) x G /1000000	
<b>Total</b>	97.500	0,9	108.333	0,1	10.833,33	14.005.684,00	0,2	2.801.136,80	0,01	0,03	0,04419

**Tabla N 56. Emisiones indirectas de óxido nitroso procedentes de la lixiviación**

MÓDULO		AGRICULTURA					
SUBMÓDULO		SUELOS AGRÍCOLAS					
HOJA DE TRABAJO		4-5					
HOJA		5 DE 5 EMISIONES INDIRECTAS DE ÓXIDO NITROSO PROCEDENTES DE LA LIXIVIACIÓN					
	I Fertilizante sintético utilizado N <sub>FERT</sub> (kg N/año)	J Excreción de N del ganado N <sub>EX</sub> (kg N/año)	K Fracción de N lixiviado (kg N/kg N)	L FE <sub>5</sub>	M Emisiones de óxido nitroso procedente de la lixiviación (Gg N <sub>2</sub> O–N/año)	N Total de emisiones indirectas de óxido nitroso (Gg N <sub>2</sub> O/año)	O Total de emisiones de óxido nitroso (Gg)
						(I + J) x K x L/1 000 000	(H + M)[44/28]
<b>Total</b>	108.333,33	14.005.684,00	0,3	0,025	0,11	0,21	<b>0,47</b>

## II. Resultados del módulo silvicultura y cambio del uso del suelo

**Tabla N 57. Captura de CO<sub>2</sub> proveniente de la gestión silvícola**

MÓDULO	CAMBIO EN EL USO DEL SUELO Y SILVICULTURA						
SUBMÓDULO	CAMBIOS DE BIOMASA DE BOSQUES Y OTROS EN TIPOS DE VEGETACIÓN LEÑOSA						
HOJA DE TRABAJO	5-1						
HOJA	1 DE 3						
	A	B	C	D	E	F	
Bosques templados Plantación/bosque nativo	Superficie	Tasa de crecimiento anual	Factor de expansión	Incremento anual de biomasa	Fracción de carbono de la materia seca	Incremento anual de C absorbido	Captura anual de CO <sub>2</sub>
	(kha)	(t ms/ha)		(kt ms)		(kt C)	(Gg CO <sub>2</sub> )
Pino oregón	4,50	8,00	1,85	66,5	0,50	33,2	121,85
Alamo	0,01	10,00	1,85	0,2	0,50	0,1	0,34
Otras sp.	30,48	8,00	1,85	450,2	0,50	225,1	825,33
BN manejado	16,67	2,07	1,85	63,7	0,50	31,9	116,80
<b>Total</b>				<b>580,5</b>		<b>290,3</b>	<b>1.064,31</b>

**Tabla N 58. Emisión de CO<sub>2</sub> proveniente de la gestión silvícola**

MÓDULO	CAMBIO EN EL USO DEL SUELO Y SILVICULTURA						
SUBMÓDULO	CAMBIOS DE BIOMASA DE BOSQUES Y OTROS EN TIPOS DE VEGETACIÓN LEÑOSA						
HOJA DE TRABAJO	5-1						
HOJA	2 DE 3						
	G	H	I	J	K	L	
Categorías de cosecha (especificar)	Cosecha comercial	Relación de conversión/ expansión de la biomasa (densidad madera)	Factor de expansión	Total de la biomasa extraída durante la cosecha comercial	Fracción de carbono en la biomasa	C consumido total	Emisión anual de CO <sub>2</sub>
	(1000 m3 de trozas)	(t ms/m <sup>3</sup> )		(kt ms)		(kt ms)	Gg
				(G*H*I)		(J*K)	(M*fc)
Leña (nativo)	239,41	0,50	1,85	221,00	0,50	110,50	405,17
Trozas otras especies	0,36	0,55	1,85	0,37	0,50	0,18	0,67
Trozas especies nativas	48,76	0,50	1,85	45,01	0,50	22,50	82,51
<b>Totales</b>	<b>288,53</b>			<b>266,37</b>	<b>0,50</b>	<b>133,19</b>	<b>488,35</b>

**Tabla N 59. Emisión neta de CO<sub>2</sub> proveniente de la gestión silvícola**

MÓDULO	CAMBIO EN EL USO DEL SUELO Y SILVICULTURA					
SUBMÓDULO	CAMBIOS DE BIOMASA DE BOSQUES Y OTROS EN TIPOS DE VEGETACIÓN LEÑOSA					
HOJA DE TRABAJO	5-1					
HOJA	3 DE 3					
	M	N	O	P	Q	R
	Emisión anual de carbono	Captura anual de carbono	Saldo neto del flujo de carbono	Emisión anual de CO <sub>2</sub>	Captura anual de CO <sub>2</sub>	Saldo neto del flujo de CO <sub>2</sub>
	(kt C)	(kt C)	Gg	Gg	Gg	Gg
	L	F	(M-N)	(M*fc)	(N*fc)	(P-Q)
Gestión Forestal	133,19	290,27	-157,08	<b>488,35</b>	<b>1.064,31</b>	<b>-575,95</b>

**Tabla N 60. Pérdida de biomasa proveniente de la habilitación de suelos**

MÓDULO	CAMBIO EN EL USO DEL SUELO Y SILVICULTURA									
SUBMÓDULO	HABILITACIÓN DE SUELOS FORESTALES									
HOJA DE TRABAJO	5-BOSQUE NATIVO HABILITADO									
HOJA	1 DE 4									
Bosque templado	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
	Superficie habilitada en el año kha/año	Superficie habilitada, promedio de últimos 10 años kha/año	Biomasa comercial acumulada t ms/ha	Factor de expansión	Biomasa acumulada t ms/ha	Biomasa total acumulada kt ms	Fracción de biomasa eliminada in-situ Factor de residuos BN	Biomasa eliminada in-situ kt ms	Fracción de Biomasa quemada in-situ	Biomasa quemada in-situ kt ms
					(C*D)	(A*E)		(F*G)		(H*I)
BN manejado	0,18	0,36	93,15	1,85	171,97	31,28	0,4375	13,69	0,90	12,32
<b>Total</b>	<b>0,18</b>	<b>0,36</b>				<b>31,28</b>		<b>13,69</b>		<b>12,32</b>

MÓDULO	CAMBIO EN EL USO DEL SUELO Y SILVICULTURA									
SUBMÓDULO	HABILITACIÓN DE SUELOS FORESTALES									
HOJA DE TRABAJO	5-BOSQUE NATIVO HABILITADO									
HOJA	1 DE 4									
Bosque templado	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
	Factor de oxidación	Biomasa oxidada in-situ kt ms	Fracción de mineralización	Biomasa mineralizada kt ms	Biomasa carbonizada kt ms	Fracción de biomasa eliminada off-situ	Biomasa eliminada off-situ kt ms	Biomasa 1er cultivo t/ha ms	Total Biomasa primer cultivo kt ms	Pérdida neta de biomasa kt ms
		(J*K)		(H*M)	(J-L)		(F-H)		(A*R)	(F-S)
BN manejado	0,90	11,09	0,10	1,37	1,23	0,50	17,60	10,00	1,82	29,46
<b>Total</b>		<b>11,09</b>		<b>1,37</b>	<b>1,23</b>		<b>17,60</b>		<b>1,82</b>	<b>29,46</b>

**Tabla N 61. Emisiones de GEI provenientes de la habilitación de suelos**

MÓDULO	CAMBIO EN EL USO DEL SUELO Y SILVICULTURA							
SUBMÓDULO	HABILITACIÓN DE SUELOS FORESTALES							
HOJA DE TRABAJO	5-BOSQUE NATIVO HABILITADO							
HOJA	2 DE 4							
Bosque templado	U	V	W	X	Y		Z	AA
	Fracción de C en biomasa	C emitido in-situ t C	C emitido por quema kt C	C emitido por mineralización kt C	C emitido por biomasa off-situ kt C	CO <sub>2</sub> emitido off-situ kt C	C emitido como CO <sub>2</sub> in-situ kt C	CO <sub>2</sub> emitido Gg
		U*(L+N)	(U*L)	(U*N)	(T*P)	Y*fc	(W+X-AC-AF)	(Z*fc)
BN manejado	0,50	6,23	5,54	0,68	8,80	32,26	5,83	21,37
<b>TOTAL</b>		<b>6,23</b>	<b>5,54</b>	<b>0,68</b>	<b>8,80</b>	<b>32,26</b>	<b>5,83</b>	<b>21,37</b>

MÓDULO	CAMBIO EN EL USO DEL SUELO Y SILVICULTURA				
SUBMÓDULO	HABILITACIÓN DE SUELOS FORESTALES				
HOJA DE TRABAJO	5-BOSQUE NATIVO HABILITADO				
HOJA	2 DE 4				
	C emitido por quema	Factor de emisión	Emisiones	Factor de conversión	Emisiones de habilitación in-situ (x relación C/N)
	kt C		(Gg C o Gg N)		(Gg)
CH <sub>4</sub>	5,54	0,010	0,06	16/12	<b>0,07</b>
CO	5,54	0,060	0,33	28/12	<b>0,78</b>
N <sub>2</sub> O	5,54	0,007	0,04	44/28	<b>0,00</b>
NO <sub>x</sub>	5,54	0,121	0,67	46/14	<b>0,02</b>

**Tabla N 62. Emisiones totales de la habilitación de suelo**

MÓDULO	CAMBIO EN EL USO DEL SUELO Y SILVICULTURA											
SUBMÓDULO	HABILITACIÓN DE SUELOS FORESTALES											
HOJA DE TRABAJO	5-BOSQUE NATIVO HABILITADO											
HOJA	4 DE 4											
Bosque templado	BF	BG	BH	CO <sub>2</sub> emitido total por biomasa off-situ	BI	BJ	BK	BL	BM	BN	BO	BP
	CO <sub>2</sub> emitido por quema	CO <sub>2</sub> emitido por mineralización	CO <sub>2</sub> emitido total por biomasa		CO <sub>2</sub> capturado por primer año cultivo/plantación	CO <sub>2</sub> eliminado neto desde biomasa	CO <sub>2</sub> emitido desde los suelos	CO <sub>2</sub> total emitido	CH <sub>4</sub> emitido	N <sub>2</sub> O emitido	CO emitido	NO <sub>x</sub> emitido
	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg
	(W*fc)	(X*fc)	(BF+BG)	Y	(R*FracCB*fc)	(BH-BI)		(BJ+BK)				
BN manejado	20,32	2,51	22,83	32,26	3,3	19,5	103,5	123,0	0,1	0,0	0,8	0,0
<b>TOTAL</b>	<b>20,3</b>	<b>2,5</b>	<b>22,83</b>	<b>32,26</b>	<b>3,3</b>	<b>19,5</b>	<b>103,5</b>	<b>123,0</b>	<b>0,1</b>	<b>0,0</b>	<b>0,8</b>	<b>0,0</b>



**Tabla N 63. Pérdida de biomasa proveniente de la sustitución de bosque nativo**

MÓDULO	CAMBIO EN EL USO DEL SUELO Y SILVICULTURA									
SUBMÓDULO	SUSTITUCIÓN DEL BOSQUE NATIVO									
HOJA DE TRABAJO	5-BOSQUE NATIVO SUSTITUIDO									
HOJA	1 DE 4									
Bosque templado	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
	Superficie substituida en el año kha/año	Superficie substituida, promedio de últimos 10 años kha/año	Biomasa comercial acumulada t ms/ha	Factor de expansión t ms/ha	Biomasa acumulada t ms/ha	Biomasa total acumulada kt ms	Fracción de biomasa eliminada in-situ Factor de residuos BN	Biomasa eliminada in-situ kt ms	Fracción de Biomasa quemada in-situ	Biomasa quemada in-situ kt ms
					(C*D)	(A*E)		(F*G)		(H*I)
BN manejado	0,19	0,24	62,22	1,85	114,87	22,39	0,40	8,96	0,85	7,61
<b>TOTAL</b>	<b>0,19</b>	<b>0,24</b>			<b>114,87</b>	<b>22,39</b>		<b>8,96</b>		<b>7,61</b>

MÓDULO	CAMBIO EN EL USO DEL SUELO Y SILVICULTURA									
SUBMÓDULO	SUSTITUCIÓN DEL BOSQUE NATIVO									
HOJA DE TRABAJO	5-BOSQUE NATIVO SUSTITUIDO									
HOJA	1 DE 4									
Bosque templado	K	L	M	N	O	Fracción de biomasa total eliminada off-situ	P	Q	R	S
	Factor de oxidación kt ms	Biomasa oxidada in-situ kt ms	Fracción de mineralización	Biomasa mineralizada kt ms	Biomasa carbonizada kt ms		Biomasa eliminada off-situ kt ms	Biomasa primer año de plantación t/ha ms	Total Biomasa plantación primer año kt ms	Pérdida neta de biomasa kt ms
		(J*K)		(H*M)	(J-L)		(F-H)	(A*Q)	(F-R)	
BN manejado	0,90	6,85	0,06	0,54	0,76	0,60	13,44	5,00	0,97	21,42
<b>TOTAL</b>		<b>6,85</b>		<b>0,54</b>	<b>0,76</b>		<b>13,44</b>		<b>0,97</b>	<b>21,42</b>

**Tabla N 64. Emisiones de GEI provenientes de la sustitución de bosque nativo**

MÓDULO	CAMBIO EN EL USO DEL SUELO Y SILVICULTURA							
SUBMÓDULO	SUSTITUCIÓN DEL BOSQUE NATIVO							
HOJA DE TRABAJO	5-BOSQUE NATIVO SUSTITUIDO							
HOJA	2 DE 4							
	T	U	W	X	Y		Z	AA
	Fracción de C en biomasa	C emitido in-situ	C emitido por quema	C emitido por mineralización	C emitido por biomasa off-situ	CO <sub>2</sub> emitido off-situ	C emitido como CO <sub>2</sub> in-situ	CO <sub>2</sub> emitido
		t C/ha	kt C	kt C	kt C	kt C	kt C	Gg
		T*(L+N)	(T*L)	(T*N)	(T*P)	Y*fc	(W+X-AC-AF)	(Z*fc)
BN manejado	0,50	3,69	3,43	0,27	6,72	24,63	3,45	12,64
<b>TOTAL</b>					<b>6,72</b>	<b>24,63</b>	<b>3,45</b>	<b>12,64</b>

MÓDULO	CAMBIO EN EL USO DEL SUELO Y SILVICULTURA				
SUBMÓDULO	SUSTITUCIÓN DEL BOSQUE NATIVO				
HOJA DE TRABAJO	5-BOSQUE NATIVO SUSTITUIDO				
HOJA	2 DE 4				
	C emitido por quema	Factor de emisión	Emisiones	Factor de conversión	Emisiones de sustitución in-situ
					(x relación C/N)
	kt C		(Gg C o Gg N)		(Gg)
CH <sub>4</sub>	3,43	0,010	0,03	16/12	<b>0,05</b>
CO	3,43	0,060	0,21	28/12	<b>0,48</b>
N <sub>2</sub> O	3,43	0,007	0,02	44/28	<b>0,00</b>
NO <sub>x</sub>	3,43	0,121	0,41	46/14	<b>0,01</b>

**Tabla N 65. Emisiones totales de la sustitución de bosque nativo**

MÓDULO	CAMBIO EN EL USO DEL SUELO Y SILVICULTURA											
SUBMÓDULO	SUSTITUCIÓN DEL BOSQUE NATIVO (1)											
HOJA DE TRABAJO	5-BOSQUE NATIVO SUSTITUIDO											
HOJA	4 de 4											
Bosque templado	BF	BG	BH	CO <sub>2</sub> emitido total por biomasa off-situ	BI	BJ	BK	BL	BM	BN	BO	BP
	CO <sub>2</sub> emitido por quema	CO <sub>2</sub> emitido por mineralización	CO <sub>2</sub> emitido total por biomasa		CO <sub>2</sub> capturado por primer año cultivo/plantación	CO <sub>2</sub> eliminado neto desde biomasa	CO <sub>2</sub> emitido desde los suelos	CO <sub>2</sub> total emitido	CH <sub>4</sub> emitido	N <sub>2</sub> O emitido	CO emitido	NO <sub>x</sub> emitido
	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg	Gg
	(T*W)	(T*X)	(BF+BG)	Y*fc	(R*fc)	(BH-BI)	BE	(BJ+BK)				
BN manejado	12,56	0,99	13,55	49,68	1,79	11,76	68,59	80,35	0,05	0,00	0,48	0,01
	<b>12,56</b>	<b>0,99</b>	<b>13,55</b>	<b>49,68</b>	<b>1,79</b>	<b>11,76</b>	<b>68,59</b>	<b>80,35</b>	<b>0,05</b>	<b>0,00</b>	<b>0,48</b>	<b>0,01</b>

**Tabla N 66. Absorción de carbono por la regeneración - primeros 20 años**

MÓDULO	CAMBIO EN EL USO DEL SUELO Y SILVICULTURA					
SUBMÓDULO	ABANDONO DE LAS TIERRAS CULTIVADAS					
HOJA DE TRABAJO	5-ABANDONO DE TIERRAS CULTIVADAS					
HOJA	1 DE 4					
	A	B	C	D	E	F
	Superficie total abandonada y en etapa de regeneración en los últimos 20 años (kha)	Tasa anual de crecimiento x F Exp (t ms/ha)	Crecimiento anual de la biomasa (kt ms)	Fracción de Carbono en biomasa	Captura anual de C por la biomasa aérea (kt C)	Captura anual de CO <sub>2</sub> por expansión de biomasa aérea Gg
			(A * B)		(C*D)	(E*fc)
Vegetación natural	49,30	3,82	188,40	0,5	94,20	345,40
<b>TOTAL</b>					<b>94,20</b>	<b>345,40</b>

**Tabla N 67. Absorción de carbono por la regeneración - entre 20 y 100 años**

MÓDULO	CAMBIO EN EL USO DEL SUELO Y SILVICULTURA					
SUBMÓDULO	ABANDONO DE LAS TIERRAS CULTIVADAS					
HOJA DE TRABAJO	5-ABANDONO DE TIERRAS CULTIVADAS					
HOJA	2 DE 4					
	G	H	I	J	K	L
	Superficie total abandonada entre 20 y 100 años (hasta 100 años) (kha)	Tasa anual de crecimiento x F Exp (t ms/ha)	Crecimiento anual de la biomasa aérea (kt ms)	Fracción de Carbono en biomasa	Captura anual de C por la biomasa aérea (kt C)	Captura anual de CO <sub>2</sub> por expansión de la biomasa Gg
			(G * H)		(I * J)	(K*fc)
Renoval denso	209,23	3,82	799,61	0,5	399,81	1.465,96
Renoval semidenso	450,11	3,82	1.720,15	0,5	860,08	3.153,61
Renoval abierto	251,89	3,82	962,64	0,5	481,32	1.764,84
Adulto + Renoval denso	123,43	3,82	471,71	0,5	235,86	864,81
Adulto + Renoval semidenso	102,83	3,82	392,97	0,5	196,49	720,45
Adulto + Renoval abierto	5,14	3,82	19,63	0,5	9,82	36,00
<b>TOTAL</b>					<b>2.183,36</b>	<b>8.005,66</b>

**Tabla N 68. Pérdida de biomasa proveniente de incendios forestales**

MÓDULO	CAMBIO EN EL USO DEL SUELO Y SILVICULTURA													
SUBMÓDULO	CAMBIOS DE BIOMASA DE BOSQUES Y EN OTROS TIPOS DE VEGETACIÓN LEÑOSA													
HOJA DE TRABAJO	5-INCENDIOS FORESTALES													
HOJA	1 DE 3													
Bosque templado	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
	Sup. inc. en el año kha/año	Sup. inc., promedio de 10 últimos años kha/año	Biomasa acum. t ms/ha	Biomasa total acum. kt ms	Fracción de biomasa quem. kt ms	Biomasa quem. kt ms	Factor de oxid.	Biomasa oxid. kt C	Biomasa carbon. kt ms	Fracción biomasa min.	Biomasa min. kt ms	Tasa anual de increm t ms/ha	Biomasa total reg. kt ms	Pérdida neta de biomasa kt ms
				(A*C)		(D*E)		(F*G)	(F-H)		(B*C*J)		(A*L)	(H+K-M)
Plantaciones forestales	0,001	0,00	436,93	0,22	0,80	0,17	0,90	0,16	0,02	0,01	0,01	16,00	0,01	0,16
Vegetación natural	0,41	3,33	229,30	92,87	0,73	67,79	0,90	61,01	6,78	0,06	48,08	3,82	1,55	107,55
<b>Total</b>	0,41	3,33		93,08		67,97		61,17	6,80		48,09		1,56	<b>107,70</b>

**Tabla N 69. Emisiones de GEI provenientes de incendios forestales**

MÓDULO	CAMBIO EN EL USO DEL SUELO Y SILVICULTURA			
SUBMÓDULO	CAMBIOS DE BIOMASA DE BOSQUES Y EN OTROS TIPOS DE VEGETACIÓN LEÑOSA			
HOJA DE TRABAJO	5-INCENDIOS FORESTALES			
HOJA	2 DE 3			
Bosque templado	O	P	Q	R
	Fracción de C en la biomasa	C total emitido (kt C)	C neto emitido (kt C)	CO <sub>2</sub> neto emitido Gg
		(H+K)*O	(N*O)	(Q*fc)
Plantaciones forestales	0,50	0,08	0,08	0,29
Vegetación natural	0,50	54,55	53,77	197,17
<b>Total</b>		54,63	53,85	<b>197,46</b>

MÓDULO	CAMBIO EN EL USO DEL SUELO Y SILVICULTURA					
SUBMÓDULO	CAMBIOS DE BIOMASA DE BOSQUES Y EN OTROS TIPOS DE VEGETACIÓN LEÑOSA					
HOJA DE TRABAJO	5-INCENDIOS FORESTALES					
HOJA	2 DE 3					
Bosque templado	C emitido por quema	Factor de emisión	Fracción de C en biomasa	Emisiones	Factor de conversión	Emisiones de incendios forestales (plantaciones)
	kt C			(Gg C o Gg N)		(x relación C/N) (Gg)
CH <sub>4</sub>	0,16	0,010	0,500	0,00	16/12	0,00
CO	0,16	0,060	0,500	0,00	28/12	0,01
N <sub>2</sub> O	0,16	0,007	0,500	0,00	44/28	0,00
NO <sub>x</sub>	0,16	0,121	0,500	0,01	46/14	0,00

MÓDULO	CAMBIO EN EL USO DEL SUELO Y SILVICULTURA					
SUBMÓDULO	CAMBIOS DE BIOMASA DE BOSQUES Y EN OTROS TIPOS DE VEGETACIÓN LEÑOSA					
HOJA DE TRABAJO	5-INCENDIOS FORESTALES					
HOJA	2 DE 3					
Bosque templado	C emitido por quema	Factor de emisión	Fracción de C en biomasa	Emisiones	Factor de conversión	Emisiones de incendios forestales vegetación nativa
	kt C			(Gg C o Gg N)		(x relación C/N) (Gg)
CH <sub>4</sub>	61,01	0,010	0,500	0,31	16/12	0,41
CO	61,01	0,060	0,500	1,83	28/12	4,27
N <sub>2</sub> O	61,01	0,007	0,500	0,21	44/28	0,00
NO <sub>x</sub>	61,01	0,121	0,500	3,69	46/14	0,12

**Tabla N 70. Emisiones totales de incendios forestales**

MÓDULO	CAMBIO EN EL USO DEL SUELO Y SILVICULTURA						
SUBMÓDULO	CAMBIOS DE BIOMASA DE BOSQUES Y EN OTROS TIPOS DE VEGETACIÓN LEÑOSA						
HOJA DE TRABAJO	5-INCENDIOS FORESTALES						
HOJA	3 DE 3						
Bosque templado	AF	AG	AH	AI	AJ	AK	AL
	Fracción de carbono	CO <sub>2</sub> total emitido Gg (P*fc)	CO <sub>2</sub> neto emitido Gg R	CH <sub>4</sub> emitido Gg	CO emitido Gg	N <sub>2</sub> O emitido Gg	NOx emitido Gg
Plantaciones forestales	0,5	0,30	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0
Vegetación natural	0,5	200,01	197,2	0,5	4,3	0,0	0,1
Total		200,3	197,5	0,5	4,3	0,0	0,1

**Tabla N 71. Emisiones/Remociones de CO<sub>2</sub> desde suelos provenientes de la habilitación de suelos**

MÓDULO	CAMBIO EN EL USO DEL SUELO Y SILVICULTURA															
SUBMÓDULO	EMISIONES/REMOCIONES DE CO <sub>2</sub> DESDE SUELOS															
HOJA DE TRABAJO	5-BOSQUE NATIVO HABILITADO															
HOJA	3 DE 4															
Bosque templado	AP	AQ	AR	AS	AT	AU	AV	AW	AX	AY	AZ	BA	BB	BC	BD	BE
	Sup. hab, promedio de últimos 25 años kha	Sup. hab. el año kha	Contenido de C en suelos t C/ha	C acum. kt C	Fracción de C no oxidada	C residual en el suelo kt C	C oxid. kt C	Fracción de C del suelo quem. (oxid.)	C quemado en el año kt C	Factor de oxid.	C emitido por quema kt C	CO <sub>2</sub> emitido por quema Gg	Fracción de C del suelo no quem. (oxid.)	C emitido por min. kt C	CO <sub>2</sub> emitido por min. Gg	CO <sub>2</sub> emitido desde los suelos Gg
	A			(AP*AR)		(AS*AT)	(AS-AU)		(AV*AW)		(AX*AY)	(AZ*fc)		BB*(AQ*AR*(1-AT))	(BC*fc)	(BA+BD)
BN manejado	0,33	0,18	120,00	39,40	0,10	3,94	35,46	0,70	24,82	0,90	22,34	81,92	0,30	5,89	21,61	103,53
	0,33	0,18		39,40		3,94	35,46		24,82		22,34	<b>81,92</b>		5,89	<b>21,61</b>	<b>103,53</b>

**Tabla N 72. Emisiones/Remociones de CO<sub>2</sub> desde suelos provenientes de la sustitución de bosque nativo**

MÓDULO	CAMBIO EN EL USO DEL SUELO Y SILVICULTURA															
SUBMÓDULO	EMISIONES/REMOCIONES DE CO <sub>2</sub> DESDE SUELOS															
HOJA DE TRABAJO	5-BOSQUE NATIVO SUSTITUIDO															
HOJA	3 DE 4															
Bosque templado	AP	AQ	AR	AS	AT	AU	AV	AW	AX	AY	AZ	BA	BB	BC	BD	BE
	Sup. sust, promedio de últimos 25 años kha	Sup. sust. en el año kha	Contenido de C en suelos t C/ha	C acum. kt C	Fracción de C no oxidada	C residual en el suelo kt C	C oxid. kt C	Fracción de C del suelo quem. (oxid.)	C quem. en el año kt C	Factor de oxid.	C emitido por quema kt C	CO <sub>2</sub> emitido por quema Gg	Fracción de C del suelo no quem. (oxid.)	C emitido por min. kt C	CO <sub>2</sub> emitido por min. Gg	CO <sub>2</sub> emitido desde los suelos Gg
	A			AP*AR)		(AS*AT)	(AS-AU)		(AV*AW)		(AX*AY)	(AZ*fc)		BB*(AQ*AR*(1-AT))	(BC*fc)	(BA+BD)
BN manejado	0,18	0,19	120,00	21,85	0,10	2,18	19,66	0,70	13,77	0,90	12,39	45,43	0,30	6,32	23,16	68,59
	0,18	0,19		21,85		2,18	19,66		13,77		12,39	<b>45,43</b>		6,32	<b>23,16</b>	<b>68,59</b>



**Tabla N 73. Emisiones/Remociones de CO<sub>2</sub> desde suelos provenientes del abandono de tierras**

MÓDULO	CAMBIO EN EL USO DEL SUELO Y SILVICULTURA					
SUBMÓDULO	EMISIONES/REMOCIONES DE CO <sub>2</sub> DESDE SUELOS					
HOJA DE TRABAJO	5-ABANDONO DE TIERRAS CULTIVADAS					
HOJA	3 DE 4					
Tipos de vegetación	M	N	O	P	Q	R
	Superficie abandonada kha	Contenido de C en suelos inicial t C/ha (Cont C suelo/2)	Contenido de C en suelos t C/ha	Tasa anual de incremento de C en el suelo t C/ha (O-N)/M	C capturado por el suelo kt C (P*M)	CO <sub>2</sub> capturado en el suelo Gg (Q*fc)
Vegetación natural incendiada	49,30	60	120	1,22	60,00	220,00
					60,00	<b>220,00</b>

**Tabla N 74. Emisiones por conversión, parcelación**

MÓDULO	CAMBIO EN EL USO DEL SUELO Y SILVICULTURA						
SUBMÓDULO	URBANIZACIÓN						
HOJA DE TRABAJO	5-5						
HOJA	1 DE 2						
	Parcelas 0.5 - 1 ha.		Fracción de Biomasa perdida por parcelación t ms/ha	Biomasa perdida kt ms/ha	Fracción de C en biomasa	C emitido Gg	CO <sub>2</sub> emitido Gg (C emit*fc)
	Parcelas	Superficie					
	N°	kha					
			(50%parc/1000)				
XI Región	81	0,020	5,00	0,10	0,450	0,05	<b>0,17</b>

**Tabla N 75. Emisiones por conversión, urbanización**

MÓDULO	CAMBIO EN EL USO DEL SUELO Y SILVICULTURA					
SUBMÓDULO	URBANIZACIÓN					
HOJA DE TRABAJO	5-5					
HOJA	2 DE 2					
	Avance urbano kha/año	Fracción de Biomasa perdida por urbanización t ms/ha	Biomasa perdida Gg ms/año	Fracción de C en biomasa	C emitido Gg	CO <sub>2</sub> emitido Gg
XI Región	0,0420	8,00	0,34	0,450	0,15	0,55

**Tabla N 76. Emisiones totales por conversión de suelos**

MÓDULO	CAMBIO EN EL USO DEL SUELO Y SILVICULTURA		
SUBMÓDULO	URBANIZACIÓN		
HOJA DE TRABAJO	5-5		
HOJA	2 DE 2		
	CO <sub>2</sub> emitido/año		CO <sub>2</sub> emitido Gg
	Parcelas	Urbano CO <sub>2</sub> emitido	
XI Región	0,17	0,55	<b>0,72</b>

### III. resultados del módulo gestión de residuos antropogénicos

**Tabla N 77. Emisiones provenientes de residuos líquidos industriales**

MÓDULO	DESPERDICIOS									
SUBMÓDULO	EMISIONES DE METANO DEL TRATAMIENTO DE EFLUENTES INDUSTRIALES									
HOJA DE TRABAJO	6-3									
HOJA	1 DE 1									
	CIU	Producción anual de RILES	Conc. de DBO	DBO Total generada	Fracción de RILES tratadas anaerób.	DBO de agua tratada anaerób.	Factor de Emisión	CH <sub>4</sub> Total Liberado	CH <sub>4</sub> Recup.	Emisión Neta CH <sub>4</sub>
		M litros	kg/litros	Gg		Gg	(Gg CH <sub>4</sub> /Gg DBO)	Gg	Gg	Gg
Procesamiento de pescado	31141	288	0,03	8,64	0,05	0,43	0,22	0,10	0,00	0,10
Frigoríficos	31112	279	0,02	5,58	0,05	0,28	0,22	0,06	0,00	0,06
								<b>0,16</b>		<b>0,16</b>

**Tabla N 78. Emisiones provenientes de residuos líquidos domiciliarios**

MÓDULO	DESPERDICIOS							
SUBMÓDULO	EMISIONES DE METANO DEL TRATAMIENTO DE EFLUENTES INDUSTRIALES							
HOJA DE TRABAJO	6-3							
HOJA	1 DE 1							
Item	Población Urbana	Población conectada a Planta Tratamiento AS	DBO de Aguas Servidas	DBO anual	Fracción AS tratadas anaeróbicamente	DBO en AS tratadas anaeróbicamente	FE	Emisión Neta CH <sub>4</sub>
	khab	khab	Gg DBO/1000pers/año	Gg		Gg	Gg CH <sub>4</sub> /Gg DBO	Gg
	73,607	2,19	0,01	0,02	0,05	1,10E-03	0,22	2,41E-04

**Tabla N 79. Emisiones provenientes de residuos sólidos domiciliarios**

MÓDULO	DESPERDICIOS											
SUBMÓDULO	EMISIONES DE METANO DE LOS VERTEDEROS DE RESIDUOS SÓLIDOS											
HOJA DE TRABAJO	.6-1											
HOJA	1 DE 1											
	Población Total	Tasa Generación de residuos	Generación de Residuos	Fracción de residuos llevados a Relleno	Cantidad Anual de RSD	Fracción de C orgánica degradada	Prod. anual C orgánico	Fracción desgradada (eficiencia degradación)	C anual Liberada como biogas	FE	C anual liberado como CH <sub>4</sub>	Emisión Neto CH <sub>4</sub>
Item	hab	t/hab/año	kt/año	pob.aten./pob.tot.	Gg RSD/año		Gg		Gg C/año	C-CH <sub>4</sub> /C-biogas	Gg	Gg
	91,492	0,26	23,79	0,68	16,18	0,15	2,43	0,77	1,87	0,50	0,93	1,25