

**ACTUALIZACIÓN DE INVENTARIOS DE GASES DE EFECTO INVERNADERO
SERIE TEMPORAL 1984/2007 (CONAMA-PNUD)**

RESUMEN EJECUTIVO

RE.1. INTRODUCCIÓN

1. Antecedentes generales

Debido a su condición de parte de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático y también del Protocolo de Kyoto, Chile asumió el compromiso de presentar periódicamente una Comunicación Nacional ante la secretaría de esta Convención Marco. Uno de los temas relevantes de este documento lo constituyen los inventarios nacionales de emisiones y capturas de gases de efecto invernadero (en adelante, INGEI), ya que la información contenida permite definir el aporte del país al calentamiento global, los sectores y regiones administrativas más contribuyentes así como también orienta hacia una estrategia mitigadora costo-efectiva.

Esto está relevando la importancia que tiene esta elaboración de los INGEI, ya que esta herramienta permite tener una visión país respecto a las fuentes y sumideros de carbono en las distintas categorías considerada por la metodología del PICC, representada por las guías revisadas de 1996 y los códigos de buenas prácticas de los años 2000 y 2003. Por lo demás, es la herramienta que permitirá verificar el cumplimiento o incumplimiento ante el protocolo de Kyoto de los países Anexo I.

Es importante aclarar que los sectores energéticos del inventario (léase, “Energía”, “Procesos industriales” y “Uso de solventes y otros productos”) fueron elaborados con datos de actividad agregados (total país), en tanto que los sectores no-energéticos (léase “Agricultura”, “Uso y cambio de uso de los suelos y silvicultura”; “Residuos antrópicos”) lo fueron con datos de actividad a nivel de regiones administrativas, además de los agregados como total país; en este último caso, el construir el inventario-país por ambas vías permitió contar con un control interno de calidad.

Contar con inventarios regionales facilita la identificación de zonas geográficas y categorías más emisores/capturadores y la elaboración de estrategias regionales de mitigación. Por ello, es importante explorar la opción que los sectores energéticos sean elaborados al mismo nivel de detalle, la que dependerá de la disponibilidad de datos de actividad estadísticos regionales.

2. Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en Chile

En el contexto mundial, Chile no es un emisor relevante de GEI. De acuerdo a estadísticas internacionales (Agencia Internacional de Energía, IEA; World Resources Institute, WRI), que consideran sólo las emisiones de CO₂, su aporte al total de emisiones es aproximadamente, el 0,2%, porcentaje que se ha mantenido estable en los últimos años, no obstante el crecimiento de las emisiones totales del país.

Por otro lado, de acuerdo al “Informe sobre Desarrollo Humano 2007-2008: la lucha contra el cambio climático”, del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (2007), Chile aparece en la posición 90 en el mundo, respecto a las emisiones per cápita de CO₂ para el año 2004, con un valor de 3.9 ton CO₂/habitante. En el contexto americano, Chile aparece como el sexto país emisor -en términos de CO₂ per cápita- detrás de Estados Unidos (20,6), Canadá (20,0), Venezuela (6,6), México (4,2) y Jamaica (4,0), superando ligeramente a Argentina (3,7).

Ello no se reproduce, en términos de emisiones absolutas de los países. Considerando el continente americano, Chile aparece en el octavo lugar, detrás de Estados Unidos, Brasil, Canadá, Méjico, Colombia y, posiblemente, Venezuela y Perú (cuyos únicos años inventariados son 1999 y 1994, respectivamente).

No obstante lo anterior, las emisiones de gases de efecto invernadero –principalmente por un crecimiento del sector Energía- están aumentando de manera importante en el país, según queda explícito por los inventarios nacionales; de aquí la importancia de contar con series anuales de inventarios, que permiten captar la realidad nacional respecto de cómo están evolucionando las emisiones y capturas de GEI, en el tiempo y por sectores y categorías.

RE.2. METODOLOGÍA

1. Aspectos generales

La cuantificación de las emisiones y capturas nacionales de gases de efecto invernadero (GEI) es posible gracias a las metodologías de cálculo que viene elaborando el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (PICC), a contar del año 1994. En la actualidad, se dispone de los siguientes documentos metodológicos:

- directrices metodológicas revisadas en 1996,
- buenas prácticas para la elaboración de los inventarios y gestión de la incertidumbre, en 2000,
- buenas prácticas para la elaboración del sector LULUCF, en 2003, y
- guías metodológicas del 2006.

Por acuerdo de las partes ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), los países con compromisos de reducción ante el Protocolo de Kyoto deben elaborar sus inventarios anuales, utilizando la metodología de 1996 más los códigos de buenas prácticas de los años 2000 y 2003.

2. Metodología PICC

2.1. Información general

Los principios básicos que los países deben observar al elaborar sus inventarios nacionales de gases invernadero, son los siguientes:

- **exhaustividad:** el inventario debe ser completo, en términos de gases, de categorías, y de cobertura territorial,
- **precisión:** el inventario debe ser elaborado con el mayor detalle posible, de manera que los resultados sean precisos y se evite, hasta donde sea posible, sobre- o sub-estimaciones de emisiones o capturas,
- **transparencia:** el inventario debe ser elaborado con datos de actividad de acceso público y sobre la base de supuestos explícitos,
- **consistencia:** cada categoría debe emplear los mismos factores de emisión y datos de actividad paramétricos a lo largo de los años, a menos que exista alguna razón objetiva para actuar en forma distinta, y
- **comparabilidad:** el inventario debe ser elaborado siguiendo metodologías de aceptación mundial.

2.2. Estructura de los inventarios

Las metodologías PICC, en su versión 1996 más códigos de buenas prácticas, están conformados por los sectores, categorías y subcategorías, que se incluyen en el Cuadro RE.1.

Cuadro RE.1. Metodologías aplicadas por categoría y subcategoría

| Sector | Categoría | Subcategoría | Método | Factor de emisión |
|------------------------------------|---|---|---------|-------------------|
| Energía | Industria de la Energía | Producción de electricidad y calor; refinación de petróleo y gas natural; transformación de combustibles sólidos; otras industrias energéticas | Nivel 1 | Por defecto |
| | Industria Manufacturera, construcción y minas | Procesos industriales y producción de: hierro y acero, metales no-ferrosos, industria química, celulosa y papel, procesamiento de alimentos, bebestibles y tabaco, cemento, salitre, minas varias | Nivel 1 | Por defecto |
| | Transporte | Aéreo, caminero, ferroviario, marítimo | Nivel 1 | Por defecto |
| | Público, residencial y comercial | Consumos energéticos de las áreas comercial, público y uso doméstico | Nivel 1 | Por defecto |
| | Pesca | Uso de energía por procesos en la industria agropecuaria y pesquera | Nivel 1 | Por defecto |
| | Emisiones fugitivas | Industria de aviación nivel 2; producción de carbón mineral,; producción de petróleo y gas natural; precursores de ozono y SO ₂ | Nivel 1 | Por defecto |
| | Leña y biogás | Uso de leña y biogás, como fuente de energía | Nivel 1 | Por defecto |
| Procesos industriales | Productos Minerales | Producción y uso de cemento, cal, caliza, dolomita, carbonato sódico; producción y uso de asfalto, amoníaco, ácido nítrico, ácido adípico, carburo de silicio y carburo de calcio | Nivel 1 | Por defecto |
| | Industria Química | Papel y celulosa, alimentos y bebestibles | Nivel 1 | Por defecto |
| | Producción de metales | Hierro y acero, cobre, oro, plomo, plata y cinc, molibdeno | Nivel 1 | Por defecto |
| | Otras producciones | Metano, etileno, formaldehído, Anhídrido ftálico, poliestireno expandible, polieteno baja densidad, polipropileno, ácido sulfúrico | Nivel 1 | Por defecto |
| | Consumo de HCFCs y SF ₆ | Halocarburos (HFC), perfluoruros (PFC) y hexafluoruro de Azufre (SF ₆) | Nivel 1 | Por defecto |
| Uso de solventes y otros productos | Fabricación de pinturas | Base agua y base aceite | Nivel 1 | Por defecto |
| | Uso de pinturas | Industrial y residencial | Nivel 1 | Por defecto |
| | Uso de adhesivos | Emisiones por uso de adhesivos | Nivel 1 | Por defecto |
| | Uso de solventes domésticos | Emisiones por uso domésticos | Nivel 1 | Por defecto |
| Agricultura | Fermentación entérica | Ganado bovino | Nivel 2 | Valor nivel 2 |
| | | Otros animales | Nivel 1 | Por defecto |

| Sector | Categoría | Subcategoría | Método | Factor de emisión |
|---|---|--|---------------|-------------------|
| | Manejo del estiércol - Emisión de metano | Ganado porcino | Nivel 2 | Valor nivel 2 |
| | | Otros animales | Nivel 1 | Por defecto |
| | Manejo del estiércol - Emisión de óxido nitroso | Distintos sistemas de manejo del estiércol | Nivel 2 | Valor nivel 2 |
| | Cultivación del arroz | Regado, régimen de inundación permanente o intermitente | Nivel 1 | Por defecto |
| | | Regado por lluvia | Nivel 1 | Por defecto |
| | | De altura | Nivel 1 | Por defecto |
| | Suelos agrícolas | Emisiones directas, emisiones indirectas, pastoreo directo | Nivel 1b | Por defecto |
| Quema de residuos agrícolas | Cereales, frutales caducifolios | Nivel 1 | Por defecto | |
| Uso del suelo, cambio de uso del suelo | Suelos forestales (SF) | Suelos forestales que permanecen como tales | Niveles 1b, 2 | Por defecto |
| | | Suelos de otros usos que pasan a suelos forestales | Nivel 1b | Por defecto |
| | Praderas y matorrales (PM) | Praderas y matorrales que permanecen como tales | Nivel 1b | Por defecto |
| | | Suelos de otros usos que pasan a praderas y matorrales | Nivel 1b, 2 | Por defecto |
| | Suelos agrícolas (SA) | Suelos agrícolas que permanecen como tales | Nivel 1b | Por defecto |
| | | Suelos de otros usos que pasan a suelos agrícolas | Nivel 1b, 2 | Por defecto |
| | Suelos urbanos (SU) | Suelos urbanos que permanecen como tales | Nivel 1b | Por defecto |
| | | Suelos de otros usos que pasan a suelos urbanos | Nivel 1b | Por defecto |
| | Humedales (HU) | Humedales que permanecen como tales | Nivel 1b | Por defecto |
| | | Suelos de otros usos que pasan a humedales | Nivel 1b | Por defecto |
| | Suelos desnudos (SD) | Suelos desnudos que permanecen como tales | Nivel 1b | Por defecto |
| | | Suelos de otros usos que pasan a suelos desnudos | Nivel 1b | Por defecto |
| Residuos antrópicos | Residuos sólidos urbanos | Disposición final de residuos sólidos urbanos | Nivel 1 | Por defecto |
| | Residuos líquidos | Tratamientos de aguas servidas y lodos domésticos | Nivel 1 | Por defecto |
| | | Tratamiento de aguas residuales y lodos residuales | Nivel 1 | Por defecto |
| | Incineración de residuos hospitalarios | Incineración de restos humanos y cadáveres; incineración de residuos hospitalarios | Nivel 1 | Por defecto |
| Emisión de óxido nitroso por excretas humanas | Excretas humanas producidas por la población urbana | Nivel 1 | Por defecto | |

Para transformar los distintos gases invernadero a una expresión equivalente que permita sumarlos, se utiliza el potencial de calentamiento de cada gas. Ello permite expresar todos los gases en CO₂-e= Gas x PCG).

2.3. Definición de categorías claves y subcategorías significativas

El PICC define tres métodos para la estimación de los GEI (niveles o tiers 1, 2 y 3), los que deben ser aplicados según el nivel de importancia de la categoría en el total de las emisiones del país, y la disponibilidad de datos de actividad y/o factores de emisión país-específicos. El método de nivel 1 es el “método por defecto”, que es la instancia metodológica más simple, aplicable cuando no se cuenta con datos de actividad propios no factores de emisión país-específicos, no obstante el riesgo de que las circunstancias nacionales no sean debidamente reflejadas.

Por su parte, el método nivel 2 utiliza el mismo procedimiento metodológico del nivel 1 pero con factores de emisión y datos de actividad paramétricos propios del país o de una región de éste. Bajo estas circunstancias, siempre se alcanzará estimaciones de emisiones/capturas de gases de efecto invernadero más precisas. Al menos, este método debe aplicarse a las categorías claves. Los métodos nivel 3 corresponden a métodos específicos de cada país

(modelos, censos, otros), cuya aplicación es recomendada siempre que hayan sido debidamente validados y se encuentren publicados en revistas científicas.

Para poder determinar previamente qué método aplicar a cada categoría, debe procederse a identificar las categorías claves (aquellas cuya contribución es de un 1% o más) y las subcategorías significativas (aquellas cuya contribución la categoría es del 25% o más) para, luego de eso, evaluar si se cuenta con la información que el método exige. En esta oportunidad, se aprovechó el inventario del año de referencia nacional (1994) para esta identificación, trabajando con el método nivel 1 y de evaluación por nivel (level assessment). Los resultados de este análisis, en cuanto a las categorías claves, se indican en el Cuadro RE.2.

Cuadro RE.2. Determinación de categorías claves, según el inventario de 1994

| Categoría | 1994 | Contribución | |
|--|---------------------------|---------------|-----------|
| | Gg/año CO ₂ -e | Individual | Acumulada |
| - 5. Suelos forestales y plantaciones forestales | 48.763 | 45,3% | 0,0% |
| - 1. Transporte | 13.049 | 12,1% | 57,5% |
| - 1. Industrias de la energía | 9.492 | 8,8% | 66,3% |
| - 2. Industrias manufactureras y de la construcción | 9.320 | 8,7% | 74,9% |
| - 4. Fermentación entérica | 5.565 | 5,2% | 80,1% |
| - 1. Residencial, comercial, institucional | 4.781 | 4,4% | 84,6% |
| - 4. Suelos agrícolas, emisión directa de N ₂ O | 4.694 | 4,4% | 88,9% |
| - 6. Residuos sólidos domiciliarios | 1.557 | 1,4% | 90,4% |
| - 4. Suelos agrícolas, emisión indirecta de N ₂ O | 1.496 | 1,4% | 91,8% |
| - 4. Manejo del estiércol-N ₂ O | 1.305 | 1,2% | 93,0% |
| - 2. Cemento | 1.021 | 0,9% | 93,9% |
| - 4. Manejo del estiércol-CH ₄ | 1.009 | 0,9% | 94,9% |
| - 2. Hierro y acero | 812 | 0,8% | 95,6% |
| - 1. Agricultura, Forestal, Pesca | 805 | 0,7% | 96,4% |
| - 4. Quema de residuos agrícolas | 660 | 0,6% | 97,0% |
| - 1. Petróleo y gas natural | 659 | 0,6% | 97,6% |
| - 5. Praderas y Matorrales | 603 | 0,6% | 98,1% |
| - 4. Suelos agrícolas, N ₂ O por pastoreo directo | 559 | 0,5% | 98,7% |
| - 2. Productos químicos | 292 | 0,3% | 98,9% |
| - 5. Suelos agrícolas | 211 | 0,2% | 99,1% |
| - 6. Escorrentía de aguas servidas no tratadas | 207 | 0,2% | 99,3% |
| - 6. Residuos líquidos industriales | 203 | 0,2% | 99,5% |
| - 2. Minería del carbón | 195 | 0,2% | 99,7% |
| - 4. Cultivo del arroz | 134 | 0,1% | 99,8% |
| - 5. Suelos Urbanos | 109 | 0,1% | 99,9% |
| - 5. Suelos Desnudos | 45 | 0,0% | 100,0% |
| - 2. Ferroaleaciones | 37 | 0,0% | 100,0% |
| - 6. Aguas servidas | 3 | 0,0% | 100,0% |
| Total Nacional | 107.587 | 100,0% | |

Zona con fondo incoloro agrupa las categorías-claves

3. Descripción de la Metodología aplicada por sector

3.1. Sector Energía

Las metodologías PICC de 1996 agrupan las emisiones producto de la combustión de fósiles y las que se generan como fugas de diferentes procesos productivos. La primera de ellas cuantifica las emisiones de CO₂ basándose en dos métodos de cálculos específicos, a saber:

- consumos aparentes o balance energético, y
- el uso o consumo final de los combustibles.

También, se consideró un método para cuantificar las emisiones de gases no-CO₂ (CH₄, N₂O, NO_x, CO, COVNM y SO₂) y las emisiones fugitivas derivadas de la explotación de minas de carbón (producción y traslado), refinación de petróleo y extracción del gas natural. El Cuadro RE.3 resume las metodologías usadas para la cuantificación de los distintos tipos de emisión y las bases para el cálculo.

Cuadro RE.3. Metodologías de cálculos para el sector “Energía”

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

En este ejercicio, se utilizó el método nivel 1 para la categoría “Emisiones de la industria de aviación” dado que no se contó con información suficiente para hacerlo por un nivel superior.

3.2. Sector Procesos Industriales

En este sector, se contabilizan las emisiones por la utilización de energía en procesos productivos y por la transformación física y/o química de las materias primas. Durante los procesos, se pueden generar emisiones de CO₂, COVNM, SO₂, N₂O, PFC entre otros. La metodología utilizada se basó en la multiplicación de los datos de actividad por los correspondientes factores de emisión. El Cuadro RE.4 resume las bases de cálculo asumidas para cada categoría del sector.

Cuadro RE.4. Metodologías de cálculos para el sector “Procesos industriales”

| Categoría | Nivel | Gas emitido | Bases de cálculo |
|-----------------------|-------|-----------------|---|
| Producción de cemento | 1 | CO ₂ | Producción de clinker |
| | 1 | SO ₂ | S presente en la materia prima de arcilla |
| Producción de cal | 1 | CO ₂ | Uso de calcita |
| | 1 | No emite | Uso de dolomita |

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

3.3. Sector Uso de Solventes y Otros Productos

Por razones metodológicas, este sector sólo contabiliza emisiones de compuestos orgánicos volátiles no-metánicos (COVNM) por el uso de solventes, como se muestra en el Cuadro RE.5.

Cuadro RE.5. Metodologías de cálculos para el sector "Uso de solventes y otros productos"

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

3.4. Sector Agricultura

Las metodologías aplicadas, en general, fueron las de nivel 1, con la excepción de la Fermentación entérica y Manejo del estiércol-metano, categorías que fueron elaboradas con el método nivel 2, y la de Suelos agrícolas, para la que se aplicó el método nivel 1b (por la desagregación regional). El Cuadro RE.6 resume las bases para el cálculo de las emisiones, por categoría.

Cuadro RE.6. Metodologías de cálculos para el sector “Agricultura”

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

3.4.1. Fermentación entérica, emisión de metano

La aplicación de la metodología nivel 2 exige una caracterización minuciosa de la población animal, lo que significa una desagregación de la población en grupos homogéneos de animales. Para el ganado bovino, se trabajó con vacas lecheras y vacas carne, bajo diferentes sistemas de manejo, aplicando a los otros grupos (vaquillas, terneros, animales jóvenes y adultos carne), factores por defecto; para el ganado porcino, se trabajó con marranas, verracos y lechones.

El Cuadro RE.7 presenta los factores de emisión calculados para la población bovina, según los procedimientos establecidos por el PICC para el método nivel 2. Se aprecia que la aplicación del método nivel 2 redundaba en la generación de 12 factores específicos para una sola especie; esta situación se contrapone con el método nivel 1, que trabaja con un factor de emisión único para la especie, lo que permite aseverar que los resultados obtenidos con el método nivel 2 son más precisos.

Cuadro RE.7. Factores de emisión de metano, por fermentación entérica

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

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

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

3.4.2. Manejo del estiércol, emisión de metano

Las emisiones de los bovinos y porcinos, ambas especie significativas, fueron estimadas con el método nivel 2, usando información generada por juicios de expertos. Los factores de emisión de metano, estimados para el ganado bovino, que son 18 valores distintos (3 por grupo animal), se presentan en el Cuadro RE.8.

Cuadro RE.8. Factores de emisión de metano para ganado bovino, por manejo del estiércol

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

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

- marranas: 37,5 kg CH₄ cabeza⁻¹ año⁻¹,
- verracos: 46,9 kg CH₄ cabeza⁻¹ año⁻¹, y
- animales juveniles: 12,5 kg CH₄ cabeza⁻¹ año⁻¹.

3.5. Sector Uso del Suelo, Cambio de Uso del Suelo Y Silvicultura (LULUCF)

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

La primera cuestión importante es que el país no cuenta con la información estadística y paramétrica requerida para una aplicación completa de la metodología 2003; por ello, de los cinco conjuntos de C que el PICC reconoce (C de biomasa viva, sobre y bajo el suelo; C en hojarasca y árboles muertos; C orgánico del suelo), sólo se cuantificó la biomasa aérea viva. El Cuadro RE.9 resume las metodologías usadas para la cuantificación de cada tipo de emisión.

Cuadro RE.9. Metodologías de cálculos para el sector "LULUCF"

| Categorías | Subcategorías | Nivel | Gases invernadero emitidos | Bases de cálculo |
|----------------------------|--|-------|--|---|
| Suelos forestales (SF) | Suelos forestales que permanecen como tales | 1b, 2 | CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O | Matrices de uso del suelo (kha) |
| | Suelos de otros usos que pasan a suelos forestales | 1b | CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O | Matrices de cambio de uso del suelo (kha) |
| Praderas y matorrales (PM) | Praderas y matorrales que permanecen como tales | 2 | CH ₄ , N ₂ O | Matrices de uso del suelo (kha) |
| | Suelos de otros usos que pasan a praderas y matorrales | 1b, 2 | CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O | Matrices de cambio de uso del suelo (kha) |

| Categorías | Subcategorías | Nivel | Gases invernadero emitidos | Bases de cálculo |
|-----------------------|---|-------|--|---|
| Suelos agrícolas (SA) | Suelos agrícolas que permanecen como tales | 1b | CH ₄ , N ₂ O | Matrices de uso del suelo (kha) |
| | Suelos de otros usos que pasan a suelos agrícolas | 1b,2 | CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O | Matrices de cambio de uso del suelo (kha) |
| Suelos urbanos (SU) | Suelos urbanos que permanecen como tales | 1b | CH ₄ , N ₂ O | Matrices de uso del suelo (kha) |
| | Suelos de otros usos que pasan a suelos urbanos | 1b | CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O | Matrices de cambio de uso del suelo (kha) |
| Humedales (HU) | Humedales que permanecen como tales | --- | CH ₄ , N ₂ O | Matrices de uso del suelo (kha) |
| | Suelos de otros usos que pasan a humedales | 1b | CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O | Matrices de cambio de uso del suelo (kha) |
| Suelos desnudos (SD) | Suelos desnudos que permanecen como tales | --- | CH ₄ , N ₂ O | Matrices de uso del suelo (kha) |
| | Suelos de otros usos que pasan a suelos desnudos | 1b | CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O | Matrices de cambio de uso del suelo (kha) |

1b: nivel 1 desagregado por región

2: aplicación de factores de emisión por defecto y tasas de expansión país-específicos

3.6. Sector Residuos Antrópicos

El Cuadro RE.10 muestra un resumen de las metodologías aplicadas para las categorías del sector “Residuos Antrópicos”.

Cuadro RE.10. Metodologías de cálculos para el sector “Residuos antrópicos”

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

4. Factores de conversión aplicados

Para la expresión de las emisiones en la forma requerida, se aplicaron los factores de conversión que se incluyen en el Cuadro RE.11.

Cuadro RE.11. Factores de conversión aplicados

| Factores de conversión | |
|------------------------|------|
| De C a CH ₄ | 1,33 |
| De C a CO | 2,33 |
| De C a COVNM | 1,22 |

| Factores de conversión | |
|-------------------------|------|
| De N a N ₂ O | 1,57 |
| De N a NO _x | 1,17 |
| De C a CO ₂ | 3,67 |

Por su parte, los potenciales de calentamiento global empleados, en la transformación de los gases no-CO₂ en CO₂-equivalente, son los siguientes:

- 1, para el CO₂,
- 21, para el CH₄, y
- 310, para el N₂O.

RE.3. RESULTADOS

1. Balance nacional

La Figura RE.1 muestra el balance nacional de las emisiones y capturas de gases invernadero, expresados como CO₂-e. Es evidente que el país es un emisor neto, condición que se viene intensificando con los años: de 25.980 Gg de emisión neta, en 1984, se llega a 108.421 Gg en 2006, significando un 317% de incremento de la emisión neta.

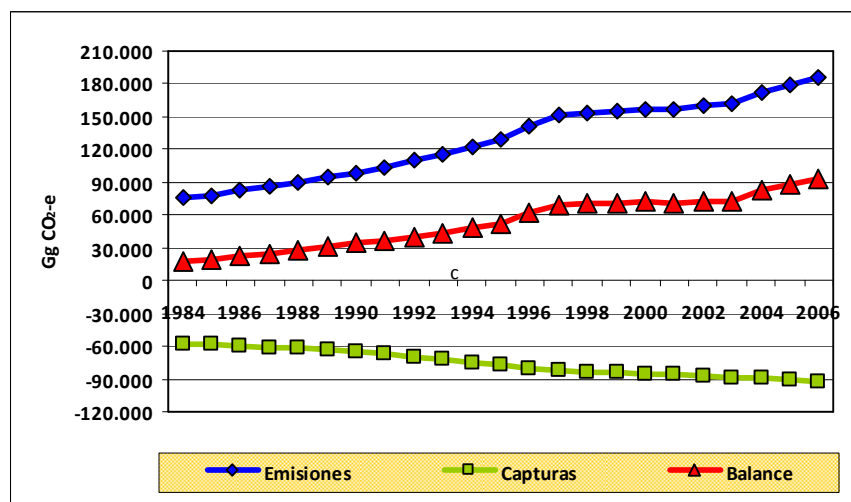


Figura RE.1. Balance de emisiones y capturas del país

En cuanto a emisiones brutas, el aumento ha sido cercano al 150% entre 1984 y 2006 (último año inventariado para los sectores energéticos) y del 52% desde 1994 (año de referencia). Por su parte, la captura bruta –propia del sector “LULUCF”- también ha venido creciendo pero en menor tasa que las emisiones: sólo 23% desde 1984 y cerca de 15% desde el año de referencia.

La Figura RE.2 muestra que la principal causa del fuerte aumento exhibido por la emisión neta, es el sector Energía con un aumento del orden de 180% entre 1984 y 2006. El segundo sector

contribuyente, aunque por debajo del aporte de “Energía”, es la “Agricultura”, cuyo incremento en las emisiones es sólo del 15%, entre los mismos años. Por su parte, la captura neta exhibida por el sector “LULUCF” se ha visto reducida en un 82%, entre 1984 y 2006.

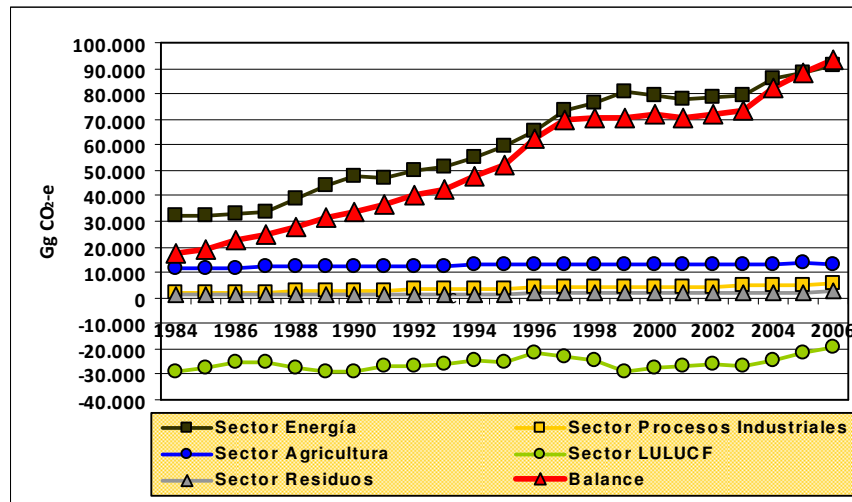


Figura RE.2. Balance por sector del inventario

Los restantes sectores muestran también aumento de sus emisiones aunque por sus valores menores, no influyen mayormente en el balance nacional (ver la Figura RE.3). En esta figura, queda en claro el aporte creciente de la “Energía” y la reducción progresiva de las capturas por “LULUCF”.

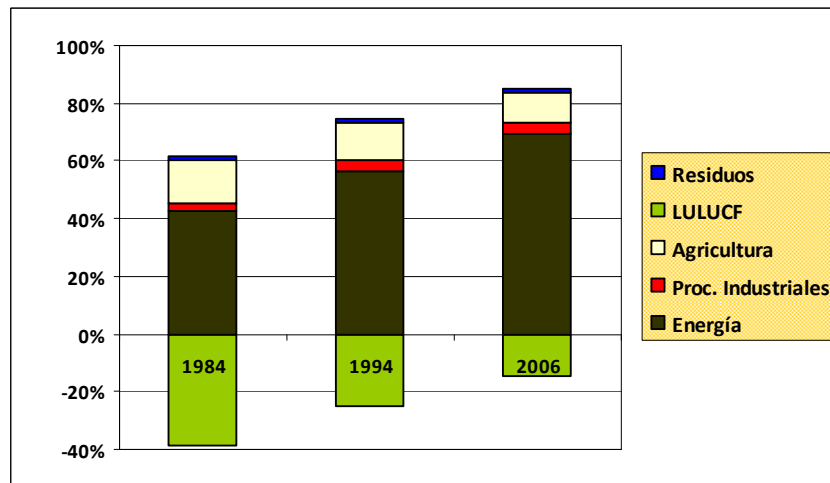


Figura RE.3. Participación en porcentaje de emisiones y capturas de GEI, de los sectores del inventario

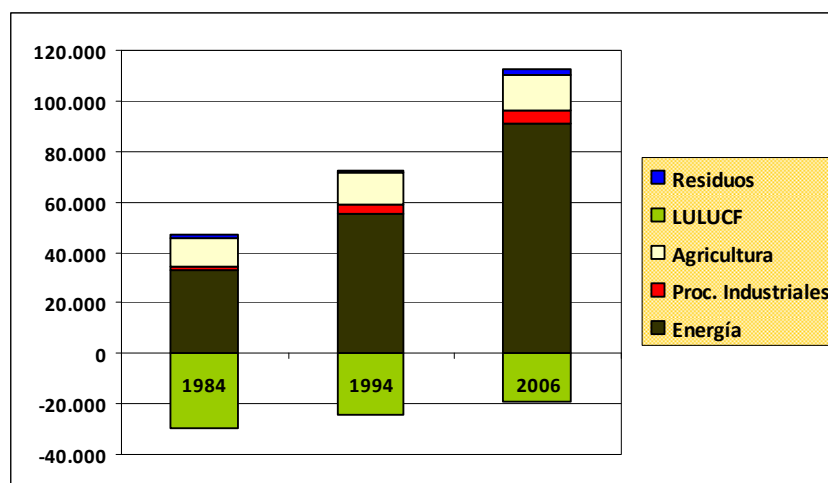


Figura RE.4. Participación sectorial en las emisiones de GEI

Considerando las emisiones sectoriales, la Figura RE.4 muestra que el principal sector contribuyente es “Energía”, con una participación del 43% en 1984, 45% en 1994 y llegando al 50% en el 2006. El segundo sector contribuyente es “LULUCF”, con una participación fluctuante entre 39% en 1984 y 40% en 2006. La participación del sector agricultura viene en disminución, alcanzando sólo un 7% en el 2006, habiendo sido de 10,4% en 1994. Los otros dos sectores (“Procesos industriales” y “Residuos antrópicos”) mantienen una participación menor, no superando el 3%.

2. Resultados sectoriales

2.2.1. Sector Energía

Como fue anteriormente mencionado, el sector Energía es el sector con el mayor aporte a las emisiones nacionales de gases invernadero, con una importancia significativamente creciente. La emisión contabilizada para el 2006, alcanzó a 91.198 Gg CO₂-e, la que se construye con aportes de las diferentes categorías, no habiendo una que se destaque largamente, como se muestra en las figuras RE.5 y RE.6.

Estas figuras muestran que la categoría más contribuyente al 2006, con un aporte relativo creciente (23% en 1994; 31% en 2006), es la “Industria de la energía”; las emisiones de esta categoría han aumentado en un 125% entre 1984 y 2006. La categoría “Transportes” mantiene su participación en 25%, aunque sus emisiones crecieron un 68,1%, en el mismo período, La “Leña y biogás” baja su aporte del 27, al 21%, entre 1984 y 2006, aunque su incremento absoluto fue similar al de Transportes. No obstante que las emisiones de “Pesca” y de “Industria manufacturera, construcción y minas” han aumentado, sus participaciones relativas vienen en disminución. Las otras categorías no aportan más allá del 8% a las emisiones sectoriales.

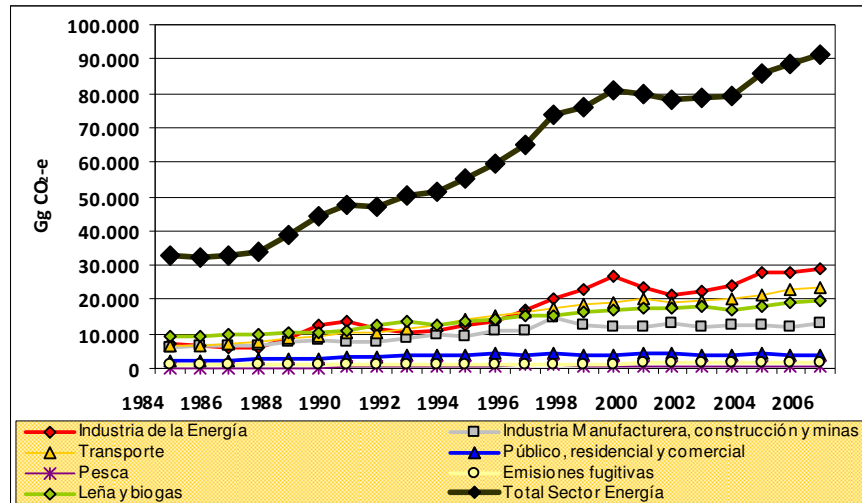


Figura RE.5. Emisiones del sector "Energía", por categorías

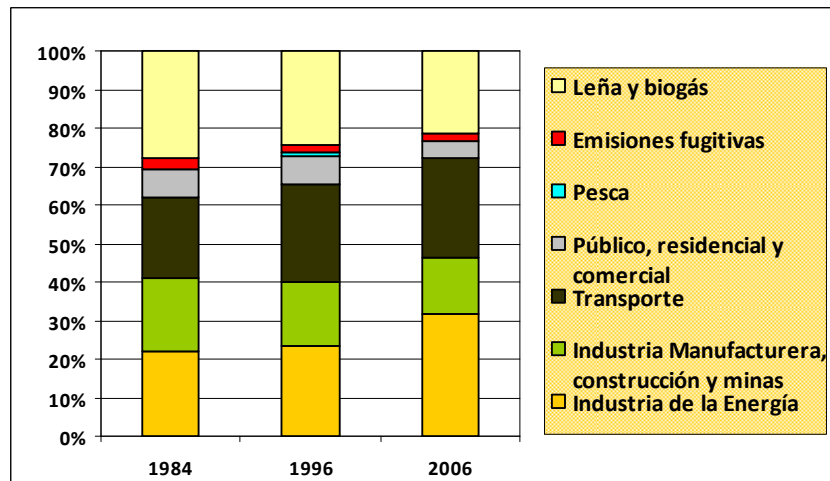


Figura RE.6. Participación de las categorías del sector "Energía" en las emisiones de CO₂-e

En el año 2006, la categoría "Industrias de la energía" emitió 28.972 Gg CO₂-e, siendo la electricidad la subcategoría más importante y la que marca la tendencia, con un aporte del 66% a las emisiones de la categoría, en el 2006, y un incremento del 168% desde 1994 (ver Figura RE.7). En 2006, la segunda categoría en importancia es la de gas natural y metanol, prácticamente inexistente a 1984.

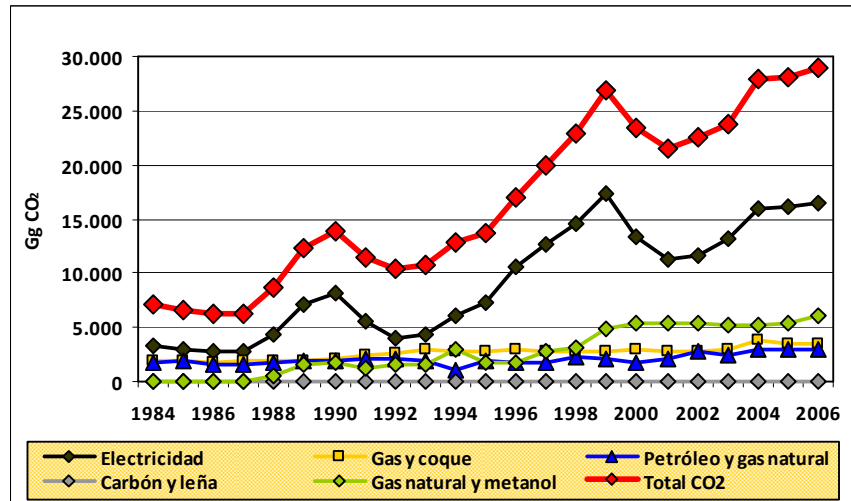


Figura RE.7. Categoría "Industria de la Energía", emisiones de CO₂ por subcategoría

La Figura RE.8 muestra que la categoría "Transportes" está dominada por la subcategoría de transporte terrestre, que monopoliza –al 2006- el 75% de las emisiones de la categoría, siendo lejos la subcategoría más importante. La segunda subcategoría, con un 15% de aporte a la categoría, en el 2006, es el transporte marítimo. El resto de las subcategorías, en conjunto, aportan el 10% restante.

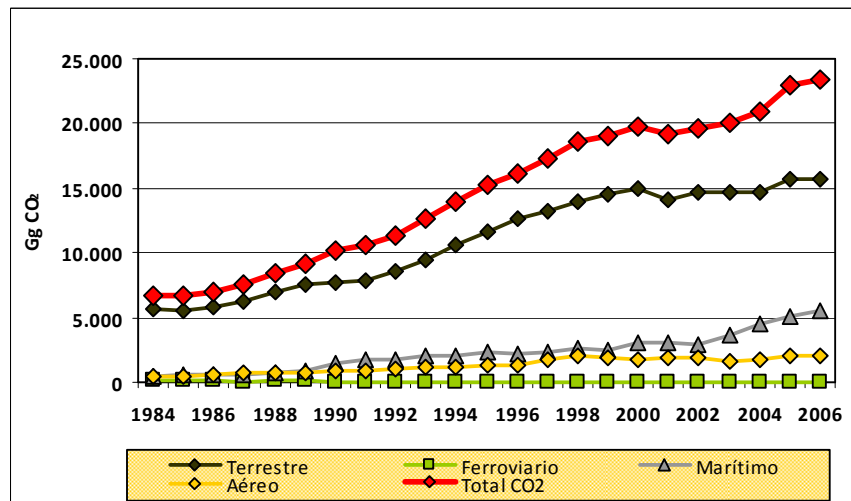


Figura RE.8. Emisiones de las subcategorías de la categoría "Transporte"

2.2.2. Sector Procesos Industriales

Como muestra la Figura RE.9, este sector tiene dos categorías que generan aporte importantes de GEI, y que además están aumentando anualmente: “Productos minerales” y “Producción de metales” con un 56% y 36%, respectivamente de las emisiones sectoriales, al año 2006. Entre ambas, se totaliza el 92% de las emisiones sectoriales a ese año.

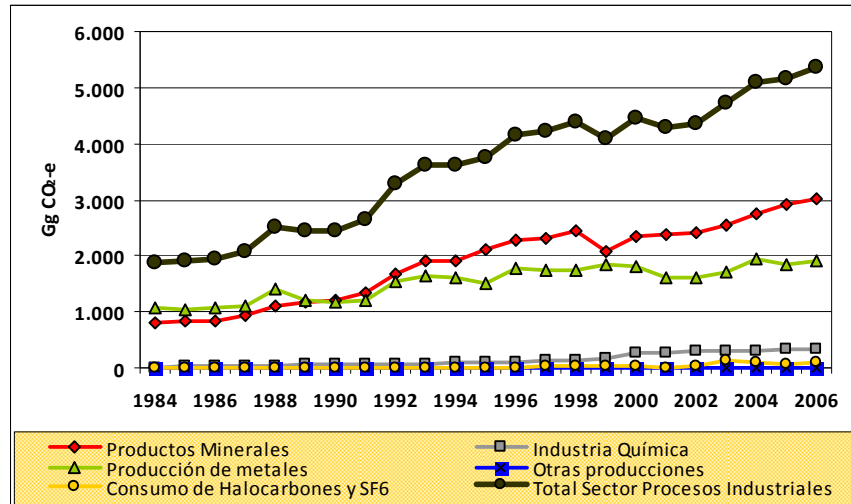


Figura RE.9. Sector “Procesos Industriales”, por categorías

La Figura RE.10 muestra que la categoría “Productos minerales” ha aumentado significativamente su aporte relativo al sector, desde 43% en 1984 al 56% en 2006. Por su parte, la categoría “Producción de metales” ha disminuido su aporte sectorial en 20%, entre los años extremos de la serie temporal de inventarios.

La Figura RE.11 muestra la desagregación de la categoría “Productos minerales” en sus subcategorías -producción de cemento, cal, asfalto y vidrio- y las tendencias temporales registradas. Esta figura indica que la producción de cemento y de cal son las principales fuentes de CO₂, la primera con aporte del 68% y la segunda con un 32%, para el año 2006. Las subcategorías “Producción de asfalto” y “Producción de vidrio” no contabilizan emisiones.

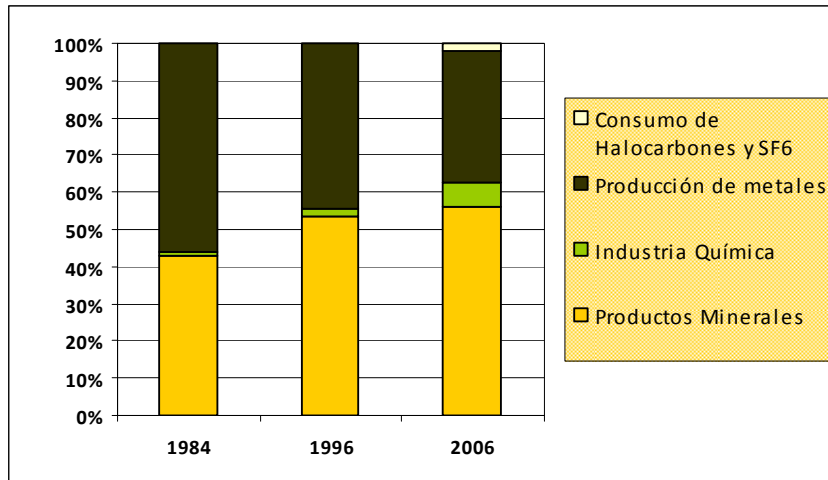


Figura RE.10. Participación relativa de las categorías del sector "Procesos industriales"

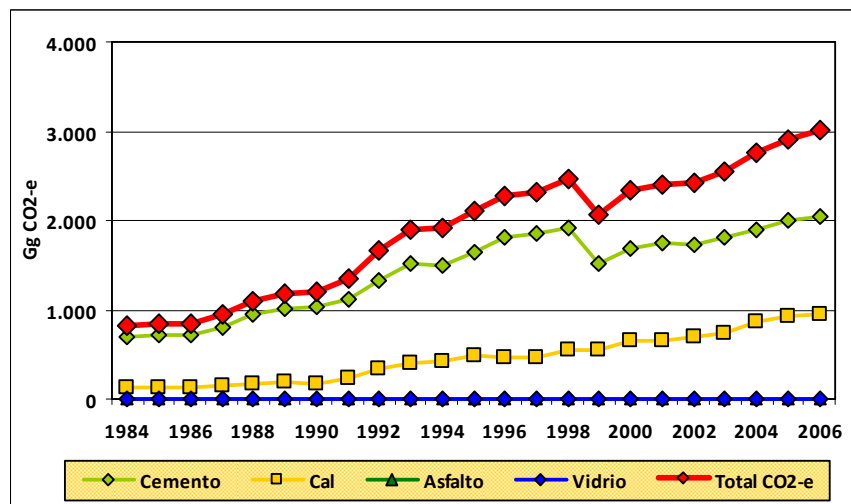


Figura RE.11. Tendencia de las subcategorías de la Categoría "Productos minerales"

En la categoría "Producción de metales", la "Producción de acero" aporta el 100% de las emisiones de la categoría. La "Producción de cobre" registra emisiones de SO₂, que no es un gas de efecto invernadero, por lo que no cuenta con un potencial de calentamiento global.

2.2.3. Sector Uso de solventes y Otros productos

Este sector no genera emisiones de gases con potencial de calentamiento global, sólo se registran emisiones de compuesto orgánicos no-metánicos (COVNM) de las subcategorías "Fabricación y uso de pinturas", "Uso de adhesivos" y "Uso de solventes domésticos".

2.2.4. Sector Agricultura

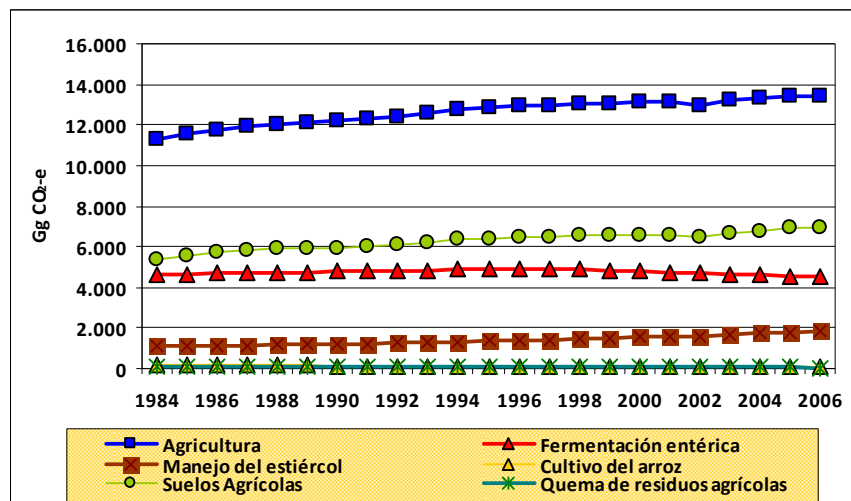


Figura RE.12. Emisiones del sector "Agricultura", desagregado por categoría

La Figura RE.12 muestra que la agricultura ha aumentado su emisión en un 15%, entre 1984 y 2006 y en un 3%, entre 1994 y 2006. Como indica esta figura, este aumento es debido al aumento de las emisiones de las categorías "Suelos agrícolas" y "Manejo del estiércol" primordialmente.

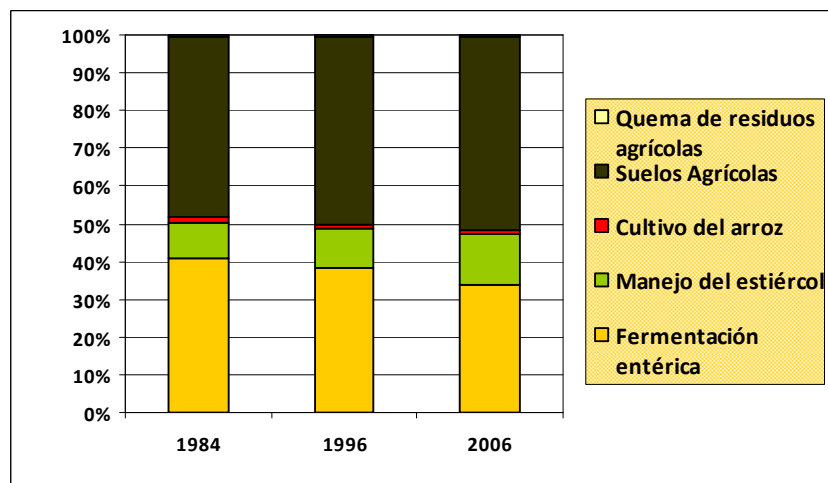


Figura RE.13. Desagregación de las emisiones del sector "Agricultura" en las principales categorías emisoras

La categoría "Suelos agrícolas" es la que más aporta a las emisiones sectoriales, debido a las emisiones de óxido nítrico que son generadas por la aplicación de fertilizantes minerales, principalmente; según se observa en la Figura RE.13, esta es la categoría con mayor crecimiento, tanto en términos absolutos como relativos. Para el 2006, el 51% de las emisiones fueron contabilizadas desde las categorías directamente relacionadas con la ganadería ("Fermentación entérica", 34%; "Manejo del estiércol", 17%). Si se suman las emisiones de óxido nítrico por animales en pastoreo directo, el aporte de la ganadería a las emisiones sectoriales subiría substancialmente.

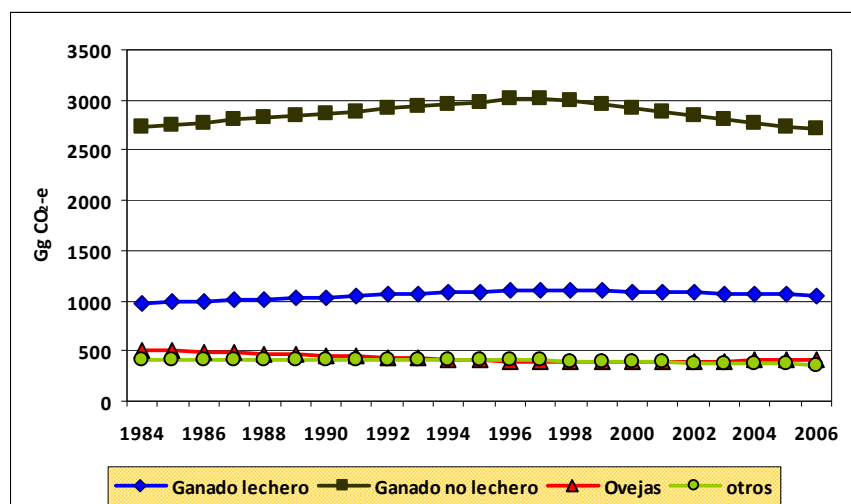


Figura RE.14. Emisión de CH₄ por "Fermentación entérica", por especie animal y por año

En relación a la fermentación entérica, la Figura RE.14 indica que el ganado bovino no-lechero es lejos el que hace el mayor aporte a las emisiones de la categoría, acumulando un 68% al año 2006, aunque se nota un decrecimiento a contar de 1998. Le siguen las vacas lecheras, con un 21% de las emisiones de la categoría. En conjunto, el restante 11% es aportado por todas las otras especies animales incluidas en el inventario.

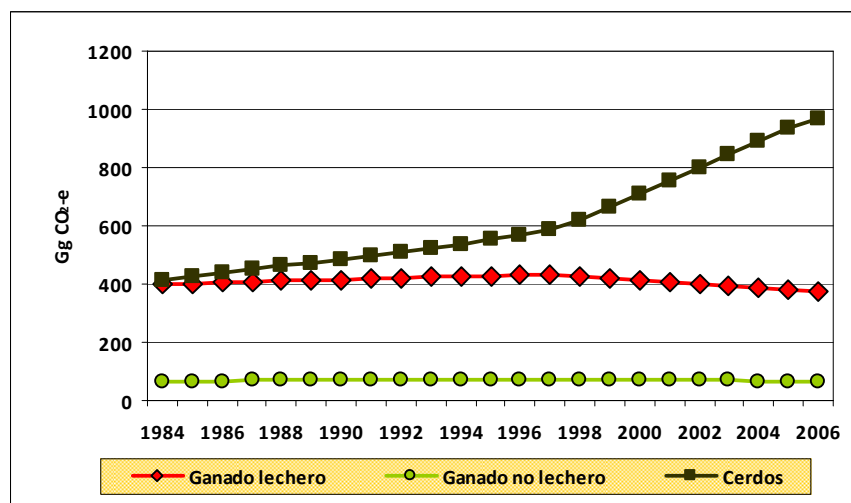


Figura RE.15. Emisión de CH₄ para "Manejo del estiércol", por especie animal y año

Las emisiones de metano desde el estiércol (Figura RE.15) están siendo dominadas por la población porcina, cuya contribución a la categoría alcanzó un 66%, en el año 2006, luego de contribuir con un 45% en 1984, y 49,6%, en 1994; este resultado no debe sorprender ya que esta especie viene aumentando su población, desde 1996. Por su parte, las emisiones de los bovinos vienen disminuyendo desde 1998, en forma consistente con la reducción de la población; entre 1984 y 2006, el aporte de los bovinos disminuyó del 51 al 30%.

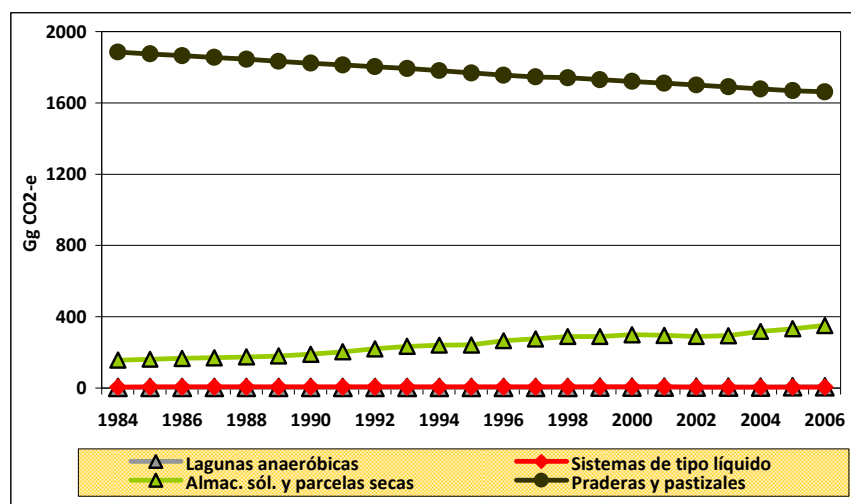


Figura RE.16. Emisión de N₂O por “Manejo del estiércol”, desagregada por sistema de manejo de estiércol, por año

Como muestra la Figura RE.16, las principales emisiones de óxido nitroso provenientes de los animales son generadas desde las deyecciones directas sobre el suelo que hacen los animales en pastoreo directo: no obstante una tendencia decreciente a través de toda la serie temporal construida, al año 2006, estas emisiones correspondieron al 82% del total de las emisiones de óxido nitroso provenientes de las deyecciones animales, considerando tanto los animales confinados como los de pastoreo directo.

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

La Figura RE.16 indica, además, que las emisiones provenientes del sistema de manejo definido como “almacenamiento sólido y parcelas secas” corresponden al 17% de las emisiones de este gas, al año 2006, siendo el segundo ítem de importancia pero el primero de la categoría “Manejo del estiércol”.

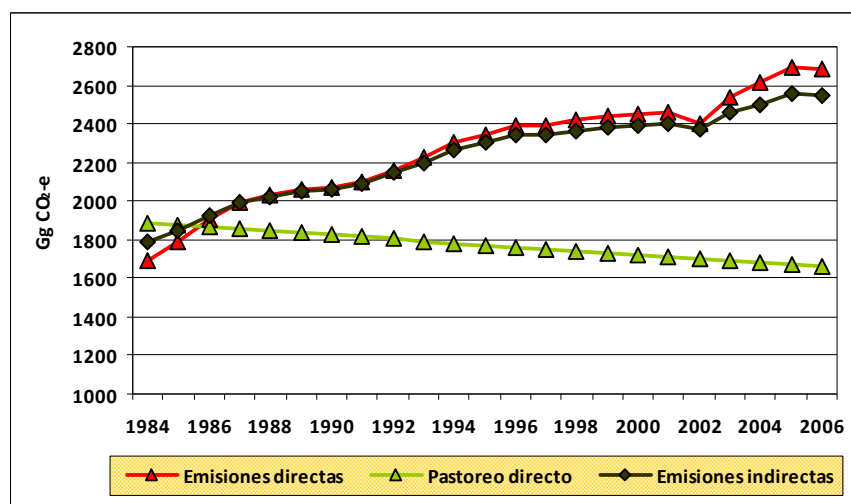


Figura RE.17. Evolución de la emisión de N₂O, de la categoría "Suelos agrícolas", desagregada en las subcategorías componentes

Cuadro RE.12. Consumo nacional de fertilizantes nitrogenados (kg N/año)

| País/ Año | 1984 | 1994 | 2006 |
|-----------|------------|-------------|-------------|
| Total | 95.377.500 | 201.666.666 | 273.079.000 |

Fuente: FAOSTAT

La Figura RE.17 muestra que las emisiones directas son la principal fuente emisión de óxido nitroso desde los suelos, con una tendencia creciente en términos relativos no tan marcados como en términos absolutos: 25% en 1984, 30% en 1994 y 33% en 2006. En esta subcategoría, la principal causa es la de los fertilizantes nitrogenados, cuyo consumo es claramente creciente a lo largo de la serie temporal, como se muestra en el Cuadro RE.12; al 2006, su aporte relativo fue de 71%, seguida de lejos por el cultivo de plantas fijadores de nitrógeno (10,8%), la aplicación de residuos de cosecha (10%) y el estiércol aplicado (8%). Esta figura muestra, además, que las emisiones provenientes de los animales en pastoreo directo se vienen reduciendo, debido básicamente a una reducción progresiva de la población bovina.

2.2.5. Sector Uso del Suelo, Cambio de Uso del Suelo y Silvicultura (LULUCF)

A. Balance del sector

La Figura RE.18 muestra que tanto las emisiones de gases invernadero como las capturas de C atmosférico en el país vienen creciendo sostenidamente:

- en cuanto a las emisiones, los 28.373 Gg CO₂-e emitidos en 1984, se transformaron en 49.732 Gg en (incremento del 75%), alcanzando los 73.450 Gg en el 2006 (incremento adicional del 48%), y
- en cuanto a las capturas, los -49.492 Gg CO₂-e capturados en 1984, llegaron a ser -62.599 Gg en 1994 (aumento del 27%) y -77.213 Gg en el 2006 (aumento adicional del 23%).

Con ello, el balance ha sido siempre favorable a la captura neta, aunque con una tendencia decreciente que puede hacer que el balance cambie a emisión neta, a corto plazo. De una

captura neta de -21.120 Gg CO₂-e en 1984, se pasó a -12.867 Gg en 1994 (reducción del 39%), llegándose a -3.763 Gg al año 2006 (reducción adicional del 71%), lo que significa una reducción del 82%, entre los años extremos de la serie temporal.

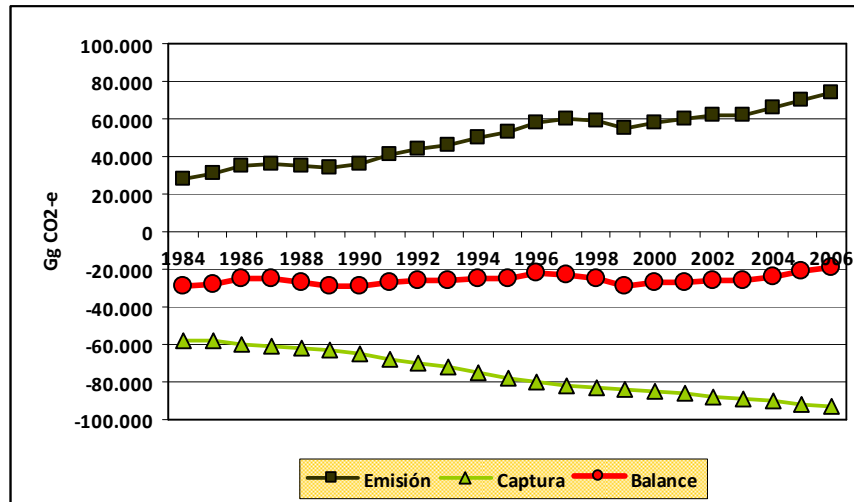


Figura RE.18. Balance de las emisiones y capturas del sector "LULUCF"

Los resultados del sector LULUCF están dominados por la categoría "Suelos forestales", en general, y por la subcategoría "Suelos forestales que permanecen como tales", en particular; esta subcategoría, integrada por las plantaciones forestales, el bosque nativo manejado, el bosque nativo degradado en regresión y los incendios forestales que no conducen a cambio de uso, monopolizan sobre el 98% de las emisiones y capturas de la categoría.

B. Categoría "Suelos forestales"

La Figura RE.19 presenta las emisiones y capturas, además del balance neto de esta categoría; por su alto impacto en el sector, esta figura es muy similar a la Figura RE.18. Se ve que, a 1984, las emisiones brutas de la categoría alcanzaron los 27.406 Gg CO₂-e, en tanto que, al año de referencia del país (1994) llegaron a los 48.763 Gg, representando un 78% de incremento. Al 2006, las emisiones fueron de 72.426 Gg, con un aumento del 164%, respecto de 1984, y de 49%, respecto de 1994. Al año 2006, las emisiones brutas de esta categoría representaron el 99% del total sectorial.

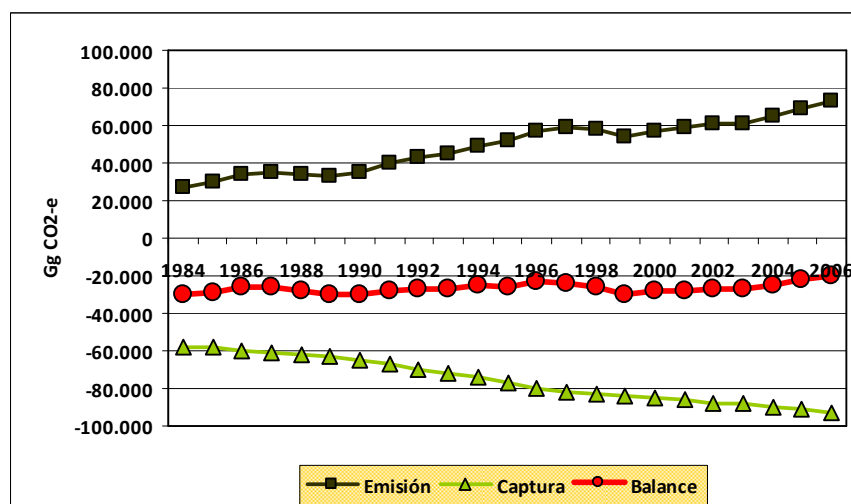


Figura RE.19. Evolución temporal de las emisiones y capturas de la categoría “Suelos forestales”

La Figura RE.19 también indica que las capturas brutas también vienen creciendo consistentemente: de -49.273 Gg CO₂-e, en 1984, y -62.380 Gg en 1994 (aumento del 27%), se alcanzó los -76.994 Gg en el año 2006 (aumento del 56%, respecto de 1984 y del 23%, respecto de 1994). Al 2006, las capturas de esta categoría representaron el 99% del total sectorial.

Por su parte, el balance neto –si bien se mantiene en el área de las capturas netas- muestra un marcado descenso a lo largo de los años, con un descenso entre -21.867Gg CO₂-e, en 1984, y -4.567Gg CO₂-e, en 2006, significando un descenso global del 79%.

B.1. Subcategoría “Suelos forestales que permanecen como tales”

La Figura RE.20 señala que, en esta subcategoría, los ítems de mayor relevancia son el incremento de la biomasa forestal (mayormente, por las plantaciones de árboles forestales exóticos) y crecimiento de renovales de bosque nativo, en cuanto a las capturas, y la cosecha forestal y los incendios forestales, en cuanto a las emisiones. En esta subcategoría, se incluyó la substitución (cambio a plantación forestal) y la restitución del bosque nativo (reversión desde plantación forestal), cuyas emisiones y capturas no son de alto impacto en la subcategoría.

En el ítem “Incremento de la biomasa forestal”, la Figura RE.21 muestra que la especie más influyente es el pino insigne que, en 1994, aportó el 72% de las capturas de la subcategoría, y 52% en el 2006. La segunda especie en importancia es el eucalipto, con un 24% de importancia en 1994 y 42% en el 2006. El aporte del bosque nativo manejado es marginal, no superando el 1% de las capturas de la subcategoría. La importancia de las especies queda reflejada por la expansión que experimenta la superficie plantada (Figura RE.22).

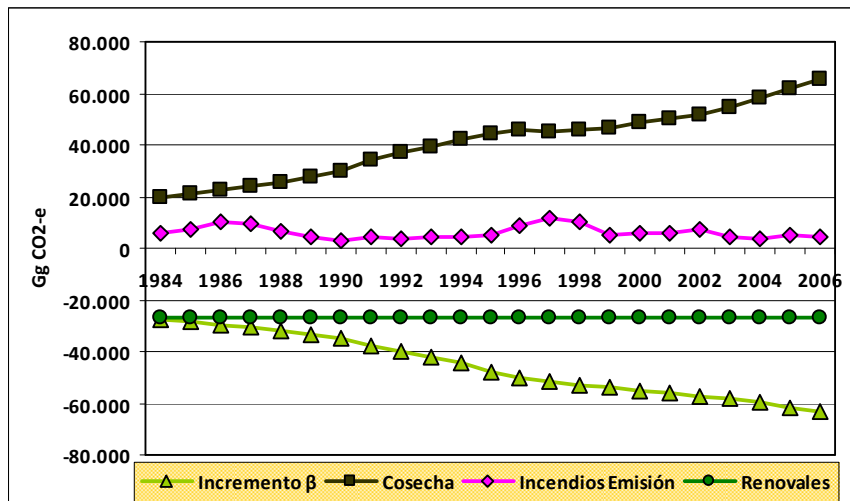


Figura RE.20. Emisiones y capturas de los principales ítems que conforman la subcategoría "Suelos forestales que permanecen como tales"

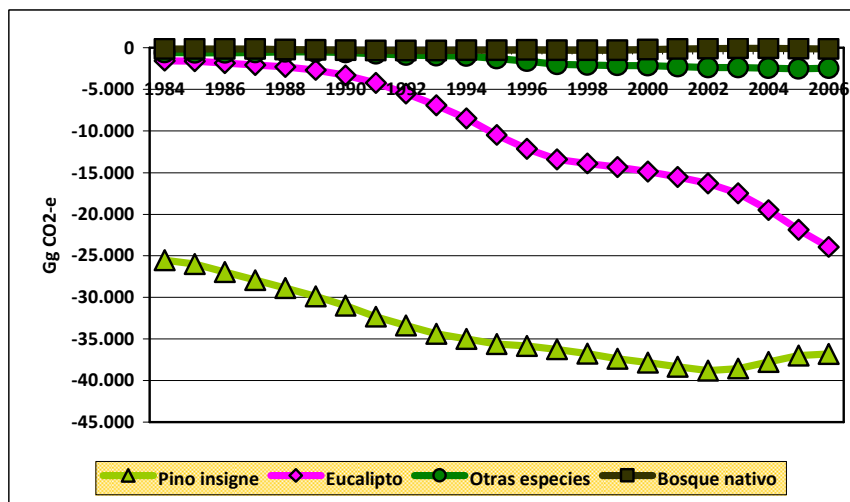


Figura RE.21. Capturas de C atmosférico de las principales especies forestales que conforman el ítem "Incremento de la biomasa forestal"

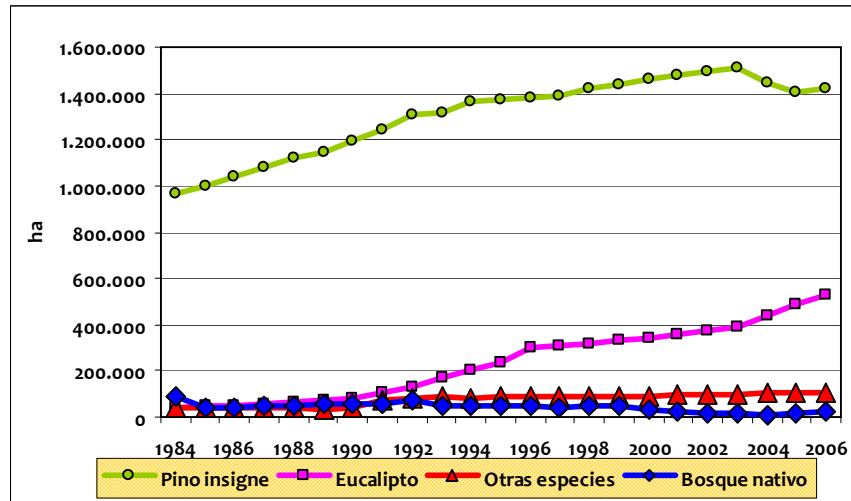


Figura RE.22. Superficie acumulada de pino insigne, eucalipto, bosque nativo y otras especies forestales (ha), por año

Un ítem importante en el balance del sector LULUCF, es la cosecha forestal, que viene experimentando un marcado y sostenido incremento en el tiempo. La Figura RE.23 muestra que la cosecha de trozas forestales aumentó un 102%, en 1994 respecto de 1984, y un 53%, en 2006 respecto de 1994, totalizando un incremento global del 209% entre los extremos de la serie temporal. Un ítem importante, que compone la cosecha forestal, es la leña, que- según INFOR (2008)- se desglosa en especies nativas (63%), eucalipto (22%) y pino insigne (15%).

El pino insigne es la especie que más contribuye a la cosecha de trozas, con una contribución del 59% el 2006; lo siguen las especies nativas, con un aporte del 22%; el eucalipto contribuye con un 18%; y otras especies exóticas lo hacen con el 0,6%.

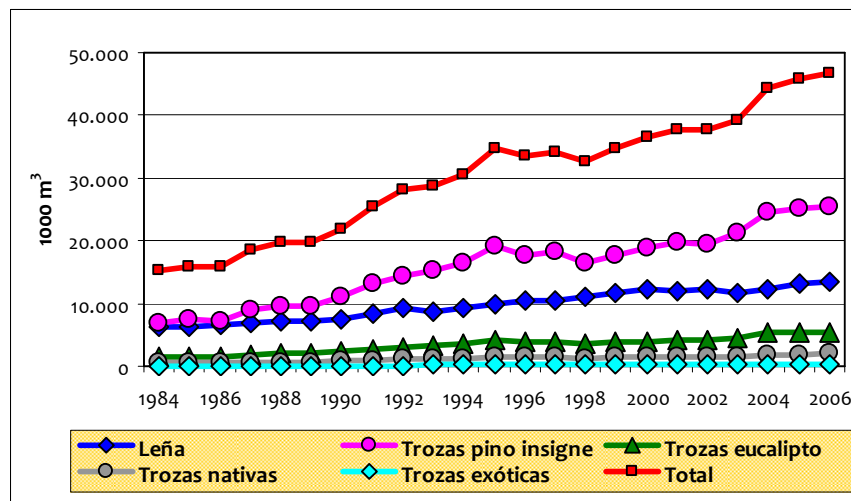


Figura RE.23. Cosecha anual de trozas industriales (en miles m³)

La mayor variabilidad de la curva de las emisiones de la categoría (en Figura RE.20) se explica básicamente por la inclusión de los incendios que inciden sobre formaciones arbóreas, llámese

bosque nativo ó plantación forestal. La Figura RE.24 muestra que la superficie de plantaciones forestales y bosque nativo incendiados anualmente es altamente fluctuante, lo que justifica la variabilidad interanual que se observa en la curva de emisión bruta de la categoría.

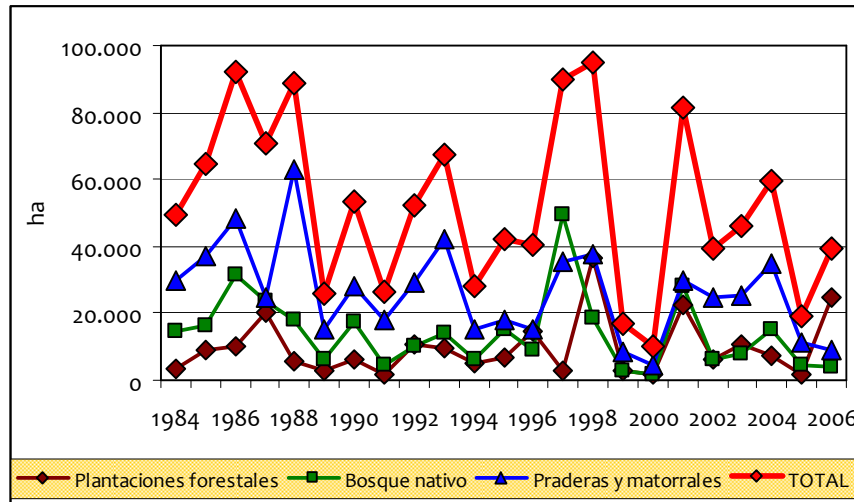


Figura RE.24. Superficie de bosque nativo, plantaciones forestales y praderas, incendiada anualmente

Es evidente que las plantaciones forestales dominan la dinámica, no sólo de la categoría “Suelos forestales que permanecen como tales” sino que también del sector LULUCF. Hay un hecho importante, que no debe pasar inadvertido: la Figura RE.25 está indicando que el balance neto de las plantaciones forestales, generalmente favorable a la captura, pasó a ser favorable a la emisión neta, a contar del año 2004. Si bien es posible cuestionar la metodología de cálculo de las emisiones y capturas, no cabe duda que este cambio de tendencia está reflejando un hecho irredargüible: el fuerte aumento experimentado por la cosecha forestal, a través de la serie temporal, con una tasa de aumento que excede la de expansión de la superficie forestal manejada.

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

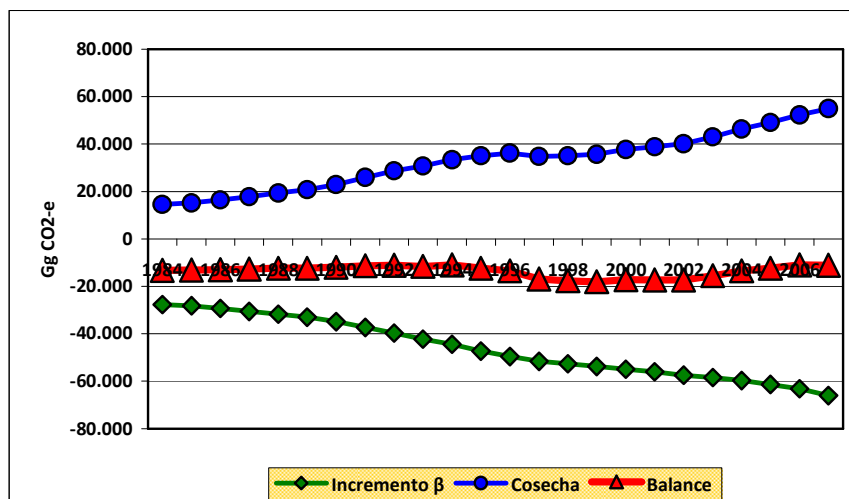


Figura RE.25. Emisiones y capturas anuales, por las plantaciones forestales

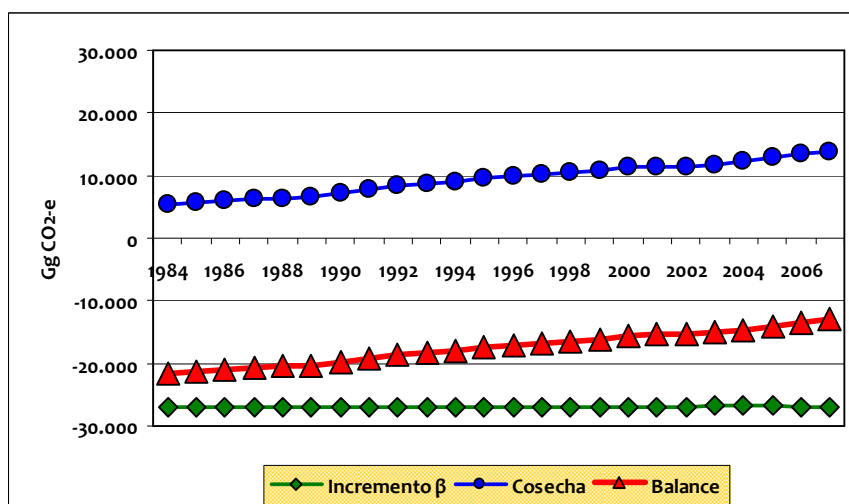


Figura RE.26. Emisiones y capturas de bosque nativo, por año

Otros ítems importantes en esta subcategoría son la sustitución (bosque nativo que pasa a plantación forestal) y la restitución (plantación forestal que retorna a bosque nativo). El Cuadro RE.13 muestra la tasa anual de superficie substituida y restituida por región, donde las principales superficies substituidas están en las regiones VIII, XIV y IX, mientras que las principales superficies en restitución se ubican en la VIII Región.

Cuadro RE.13. Tasa anual de sustitución y restitución (ha), por región administrativa

| Región | Substitución (ha/año) | Restitución (ha/año) |
|--------|-----------------------|----------------------|
| XV | s/i | s/i |
| I | s/i | s/i |
| II | s/i | s/i |
| III | s/i | s/i |
| IV | s/i | s/i |
| V | 133 | 0 |

| Región | Substitución (ha/año) | Restitución (ha/año) |
|--------------|--------------------------|-------------------------|
| XIII | 3 | 0 |
| VI | 249 | 0 |
| VII | s/i | s/i |
| VIII | 2.912 | 486 |
| IX | 2.471 | 59 |
| XIV | 2.675 | 13 |
| X | 481 | 3 |
| XI | s/i | s/i |
| XII | 0 | 0 |
| Total | 8.923 | 561 |

s/i: Sin información

En el caso de la substitución, la tasa anual de captura bruta es -81,8 Gg CO₂-e, en tanto que la de emisión bruta llega a los 1.078 Gg CO₂-e, con un balance anual neto de 996,3 Gg CO₂-e emitidos. En el caso de la restitución, sólo se contabiliza captura de C atmosférico, con una tasa anual de -3,3 Gg CO₂-e. Dado que sólo se cuenta con una tasa anual constante a lo largo de la serie temporal, estos valores se repiten para cada año inventariado; obviamente, esta misma situación se repite para cada cambio de uso de los suelos.

B.2. Subcategoría “Suelos de otros usos que pasan a suelos forestales”

Dentro de esta subcategoría, los cambios de uso de suelo que existen son:

- **abandono:** suelos de praderas y matorrales, suelos agrícolas, suelos urbanos, humedales y suelos desnudos que pasan a bosque nativo, y
- **forestación:** suelos de praderas y matorrales, suelos agrícolas, suelos urbanos, humedales y suelos desnudos que pasan a plantaciones forestales.

El Cuadro RE.14 muestra la tasa anual de superficie de suelos en otros usos que pasan a bosque nativo (abandono). Las mayores superficies abandonadas se encuentran en la VIII y XIV regiones. El principal uso de suelo que es abandonado proviene desde praderas y matorrales, y suelos agrícolas. En abandono, sólo se contabiliza captura de C atmosférico, con una tasa anual de -427,8 Gg CO₂-e.

Cuadro RE.14. Tasa anual de abandono (ha), por región administrativa

| Región/origen del suelo | PM | SA | SU | HU | SD | Total |
|-------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| XV | s/i | s/i | s/i | s/i | s/i | s/i |
| I | s/i | s/i | s/i | s/i | s/i | s/i |
| II | s/i | s/i | s/i | s/i | s/i | s/i |
| III | s/i | s/i | s/i | s/i | s/i | s/i |
| IV | s/i | s/i | s/i | s/i | s/i | s/i |
| V | 397 | 0 | 0 | 0 | 0 | 397 |
| XIII | 143 | 0 | 0 | 0 | 0 | 143 |
| VI | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 |
| VII | s/i | s/i | s/i | s/i | s/i | s/i |
| VIII | 944 | 145 | 1 | 1 | 5 | 1.097 |
| IX | 568 | 163 | 0 | 1 | 14 | 746 |
| XIV | 907 | 12 | 0 | 5 | 6 | 929 |
| X | 290 | 0 | 0 | 0 | 1 | 290 |
| XI | s/i | s/i | s/i | s/i | s/i | s/i |
| XII | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 |

| Región/origen del suelo | PM | SA | SU | HU | SD | Total |
|-------------------------|-------|-----|----|----|----|-------|
| Total | 3.259 | 320 | 1 | 6 | 26 | 3.612 |

El Cuadro RE.15 muestra la tasa anual de superficie de suelos en otros usos que pasan a plantaciones forestales (forestación). Las mayores superficies forestadas se encuentran en la VIII y IX regiones. Los principales usos de suelo que son forestados son los de praderas y matorrales, y suelos agrícolas.

Cuadro RE.15. Tasa anual de forestación (ha), por región administrativa

| Región/origen del suelo | PM | SA | SU | HU | SD | Total |
|-------------------------|--------|--------|-----|-----|-----|--------|
| XV | s/i | s/i | s/i | s/i | s/i | s/i |
| I | s/i | s/i | s/i | s/i | s/i | s/i |
| II | s/i | s/i | s/i | s/i | s/i | s/i |
| III | s/i | s/i | s/i | s/i | s/i | s/i |
| IV | s/i | s/i | s/i | s/i | s/i | s/i |
| V | 936 | 276 | 3 | 0 | 14 | 1.229 |
| XIII | 158 | 40 | 0 | 0 | 0 | 198 |
| VI | 913 | 795 | 0 | 2 | 5 | 1.716 |
| VII | s/i | s/i | s/i | s/i | s/i | s/i |
| VIII | 13.753 | 14.214 | 10 | 20 | 61 | 28.057 |
| IX | 5.892 | 8.310 | 1 | 28 | 22 | 14.252 |
| XIV | 5.030 | 105 | 1 | 59 | 147 | 5.341 |
| X | 1.964 | 3 | 0 | 6 | 4 | 1.978 |
| XI | s/i | s/i | s/i | s/i | s/i | s/i |
| XII | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Total | 28.646 | 23.743 | 14 | 115 | 253 | 52.771 |

En el caso de la forestación, la tasa anual de captura bruta es -617,8 Gg CO₂-e, en tanto que la tasa anual de emisión bruta llega a los 127,3 CO₂-e, con un balance anual neto de -490,6 Gg CO₂-e capturados.

C. Categoría “Suelos de praderas y matorrales”

La Figura RE.27 presenta las emisiones, capturas y balance de CO₂-e de la categoría “Suelos de praderas y matorrales”. Las emisiones de esta categoría, en el año de referencia, representan el 1,2% del total sectorial, generadas por los incendios en praderas y matorrales, por la habilitación y la desplantación (paso de plantaciones a praderas y matorrales). Las capturas representan sólo el 0,2% del total sectorial, debidas a la habilitación y la regeneración.

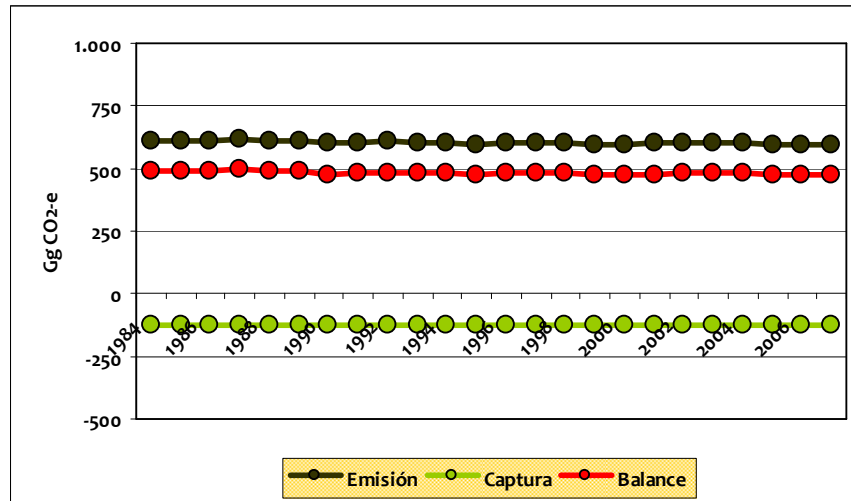


Figura RE.27. Emisiones y capturas de la categoría “Praderas y matorrales”, por año

C.1. Subcategoría de “Suelos de praderas y matorrales que permanecen como tales”

Dentro de esta subcategoría, sólo se contabilizan las emisiones de gases no- dióxido carbono. El dióxido de carbono se encuentra en balance debido a que el C capturado, por el incremento de la biomasa de plantas anuales, es emitido en el mismo año, ya sea por incendios o por el ciclo natural de la pradera.

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

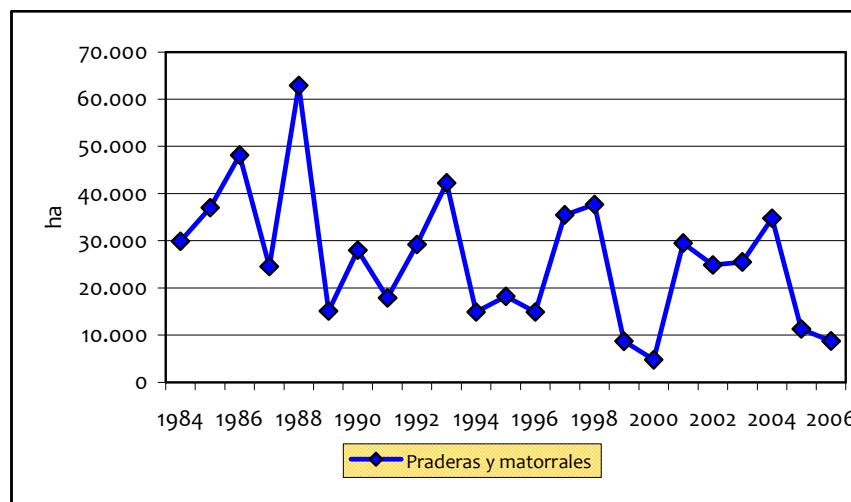


Figura RE.28. Superficie de praderas y matorrales afectada por incendios (ha), por año

La Figura RE.29 muestra las emisiones de gases no-dióxido de carbono, producto de incendios en praderas y matorrales. Las emisiones promedios son de 19,8 Gg CO₂-e, con un máximo de 33,5 Gg CO₂-e en el año 1987.

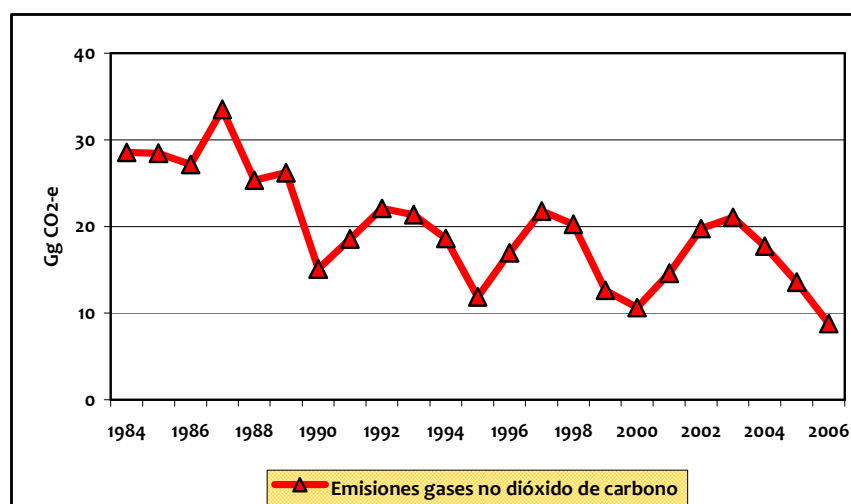


Figura RE.29. Emisiones de gases no dióxido de carbono por superficie de praderas y matorrales incendiada, por año

C.2. Subcategoría “Suelos de otros usos que pasan a suelos de praderas y matorrales”

Dentro de esta subcategoría, los cambios de uso de suelo que existen son:

- **habilitación:** bosque nativo que pasa a suelos de praderas y matorrales,
- **desplantación:** plantaciones forestales que pasan a suelos de praderas y matorrales, y
- **regeneración:** suelos agrícolas, suelos urbanos, humedales y suelos desnudos que pasan a suelos de praderas y matorrales.

El Cuadro RE.16 muestra la tasa anual de superficie de suelos en otros usos que pasan a praderas y matorrales. Las mayores superficies habilitadas se encuentran en las regiones IX y VI; las mayores superficies con desplantación se encuentran en las regiones VIII y IX, en tanto que las mayores superficies en regeneración se encuentran en las regiones VIII y VI. El principal uso de suelo que se encuentra en regeneración proviene de suelos agrícolas y suelos desnudos.

Cuadro RE.16. Tasa anual de suelos en otros usos que pasan a praderas y matorrales (ha), por región administrativa

| Región/origen del suelo | Habilitación | Desplantación | Regeneración | | | | Total |
|-------------------------|--------------|---------------|--------------|-----|-----|-----|-------|
| | BN | PF | SA | SU | HU | SD | |
| XV | s/i | s/i | s/i | s/i | s/i | s/i | s/i |
| I | s/i | s/i | s/i | s/i | s/i | s/i | s/i |
| II | s/i | s/i | s/i | s/i | s/i | s/i | s/i |
| III | s/i | s/i | s/i | s/i | s/i | s/i | s/i |
| IV | s/i | s/i | s/i | s/i | s/i | s/i | s/i |
| V | 69 | 12 | 101 | 0 | 0 | 2 | 184 |
| XIII | 31 | 0 | 32 | 0 | 3 | 0 | 66 |
| VI | 1.060 | 98 | 16 | 0 | 24 | 373 | 1.569 |
| VII | s/i | s/i | s/i | s/i | s/i | s/i | s/i |
| VIII | 542 | 843 | 841 | 4 | 0 | 121 | 2.350 |
| IX | 1.190 | 652 | 149 | 1 | 31 | 53 | 2.077 |

| Región/origen del suelo | Habilitación | Desplatación | Regeneración | | | | Total |
|-------------------------|--------------|--------------|--------------|----------|-----------|------------|--------------|
| | BN | PF | SA | SU | HU | SD | |
| XIV | 319 | 38 | 2 | 0 | 3 | 93 | 456 |
| X | 589 | 62 | 4 | 0 | 0 | 161 | 815 |
| XI | s/i | s/i | s/i | s/i | s/i | s/i | s/i |
| XII | 135 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 135 |
| Total | 3.935 | 1.704 | 1.144 | 5 | 62 | 802 | 7.651 |

En la habilitación, la tasa anual de captura es -72,1 Gg CO₂-e, en tanto que la tasa anual de emisión llega a los 330,4 Gg CO₂-e, con un balance anual neto de 258,3 Gg CO₂-e emitidos. En la deforestación, las tasas anuales son de 241,8 Gg CO₂-e para las emisiones, -31,2 Gg CO₂-e para las capturas, y un balance neto de 210,6 Gg CO₂-e favorables para las emisiones. En el caso de la regeneración, la tasa anual de capturas es de -18,4 Gg CO₂-e, la emisión bruta es de 12,2 Gg CO₂-e y el balance neto es de -6,3 Gg CO₂-e favorables a las capturas.

D. Categoría “Suelos agrícolas”

La Figura RE.30 presenta las emisiones, capturas y balance neto de CO₂-e de la categoría “Suelos agrícolas”. Las emisiones de esta categoría representan, a nivel del sector “LULUCF” y para el año de referencia, el 0,4% del total sectorial y se generan por el encalado de suelos y habilitación de bosque nativo. Las capturas representan sólo un 0,1%, debido a la habilitación y rehabilitación de suelos.

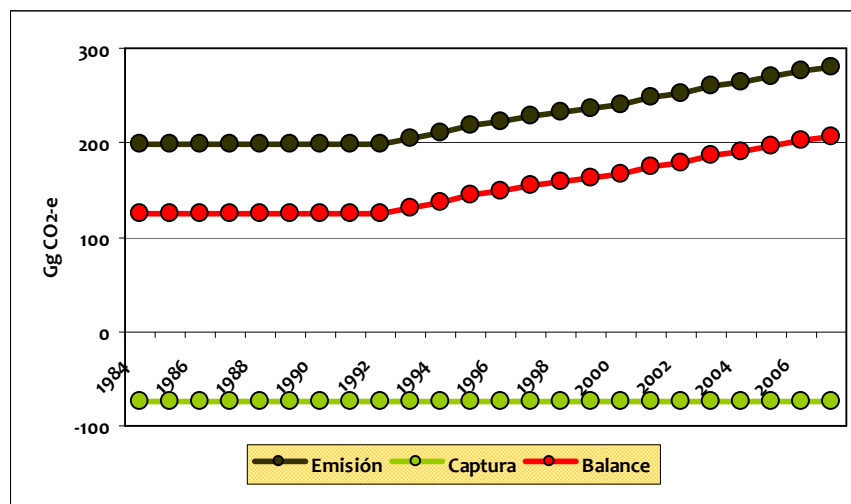


Figura RE.30. Emisiones y capturas de la categoría “Suelos agrícolas”, por año

D.1. Subcategoría “Suelos Agrícolas que permanecen como tales”

Dentro de esta subcategoría, se contabiliza las emisiones provenientes del uso de cal. A falta de información estadística, el uso de cal fue estimado con información proveniente de expertos¹ de SOPROCAL. Se asume que el uso de cal es igual a la producción. La Figura RE.31 muestra la estimación de la producción de cal a nivel nacional, la cual marca la tendencia de

¹ Rosas, Alfonso, de SOPROCAL. Experto en producción y uso de cal agrícola.

las emisiones de la categoría “Suelos Agrícolas”. Antes de 1992, sólo se tiene un dato de producción constante de IANSA.

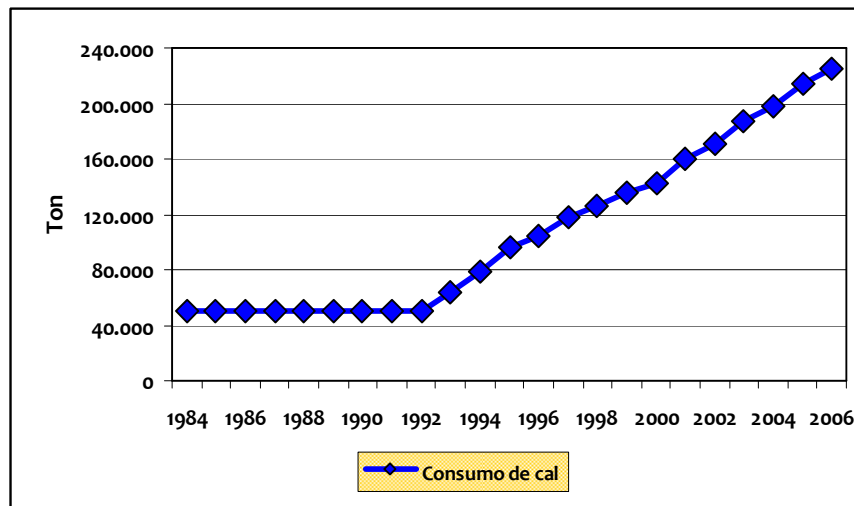


Figura RE.31. Consumo de cal, por año

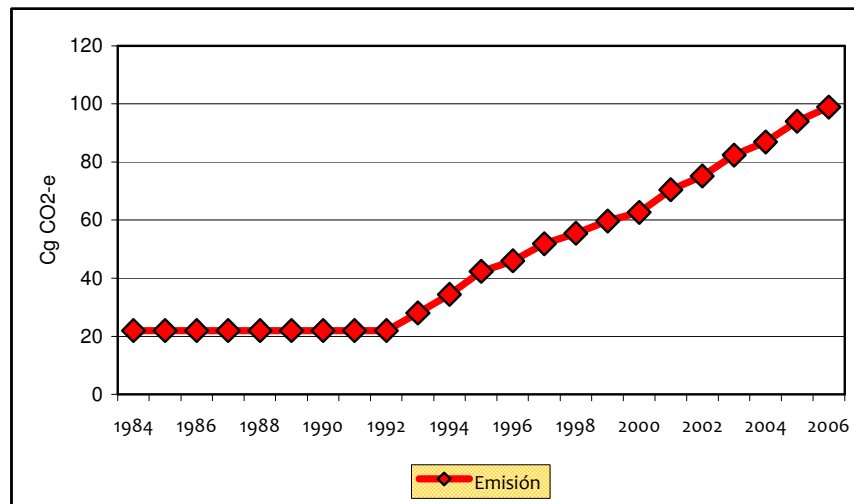


Figura RE.32. Emisiones por el encalado de los suelos, por año

La Figura RE.32 muestra las emisiones producto del encalado de los suelos, las que promedian 47,2 Gg CO₂-e; existe un marcado aumento desde el año 1992, producto de la incorporación a la producción de la empresa SOPROCAL. Las emisiones tuvieron un aumento del 56%, en 1994 respecto de 1984, y en 188% en 2006 respecto de 1994, totalizando un incremento del 350% entre los años extremos de la serie temporal.

D.2. Subcategoría “Suelos de otros usos que pasan a suelos agrícolas”

Dentro de esta subcategoría, los cambios de uso de suelo que existen son:

- **habilitación:** bosque nativo que pasa a suelos agrícolas,

- **desplantación:** plantaciones forestales que pasan a suelos agrícolas, y
- **rehabilitación:** suelos de praderas y matorrales, suelos urbanos, humedales y suelos desnudos que pasan a suelos agrícolas.

El Cuadro RE.17 muestra la tasa anual de superficie de suelos en otros usos que pasan a suelos agrícolas. Las mayores superficies habilitadas se encuentran en las regiones V y VIII; las mayores superficies con desplantación se encuentran en las regiones VIII y IX. Las mayores superficies en rehabilitación se encuentran en la XIII Región y la VI Región. El principal uso de suelo que se encuentra en proceso de rehabilitación proviene desde praderas y matorrales y suelos desnudos.

Cuadro RE.17. Tasa anual de suelos en otros usos que pasan a suelos agrícolas (ha), por región administrativa

| Región/origen del suelo | Habilitación | Desplantación | Rehabilitación | | | | Total |
|-------------------------|--------------|---------------|----------------|----------|-----------|------------|--------------|
| | BN | PF | PM | SU | HU | SD | |
| XV | s/i | s/i | s/i | s/i | s/i | s/i | s/i |
| I | s/i | s/i | s/i | s/i | s/i | s/i | s/i |
| II | s/i | s/i | s/i | s/i | s/i | s/i | s/i |
| III | s/i | s/i | s/i | s/i | s/i | s/i | s/i |
| IV | s/i | s/i | s/i | s/i | s/i | s/i | s/i |
| V | 79 | 27 | 1.374 | 2 | 4 | 9 | 1.495 |
| XIII | 31 | 11 | 1.650 | 2 | 23 | 81 | 1.799 |
| VI | 31 | 22 | 1.377 | 4 | 8 | 38 | 1.479 |
| VII | s/i | s/i | s/i | s/i | s/i | s/i | s/i |
| VIII | 62 | 391 | 1.277 | 0 | 0 | 5 | 1.734 |
| IX | 60 | 235 | 82 | 0 | 26 | 2 | 404 |
| XIV | 41 | 7 | 68 | 0 | 0 | 0 | 115 |
| X | 2 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 10 |
| XI | s/i | s/i | s/i | s/i | s/i | s/i | s/i |
| XII | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Total | 306 | 693 | 5.835 | 8 | 61 | 134 | 7.036 |

En la habilitación, la tasa anual de captura es -5,6 Gg CO₂-e, en tanto que la tasa anual de emisión llega a los 20,3 Gg CO₂-e, con un balance anual neto de 14,7 Gg CO₂-e emitidos. En la deforestación, las tasas anuales son de 97,1 Gg CO₂-e para las emisiones, -12,7 Gg CO₂-e para las capturas, y un balance de emisión neta de 84,4 Gg CO₂-e. En el caso de la rehabilitación, la tasa anual de capturas es de -55,3 Gg CO₂-e, la emisión bruta es de 59,5 Gg CO₂-e y el balance neto es de 4,2 Gg CO₂-e favorables a las emisiones.

E. Categoría “Suelos urbanos”

Las emisiones de esta categoría, a nivel general, representan el 0,2%, del total del sector “LULUCF” en el año de referencia. Las capturas representan sólo un 0,04% del total sectorial, ambas debidas al único ítem incluido en esta categoría: avance urbano (urbanización) que es parte de la subcategoría “Suelos de otros usos que pasan a suelos urbanos”. La subcategoría “Suelos urbanos que permanecen como tales” no fue incluida por falta de información.

El Cuadro RE.18 muestra la tasa anual de superficie de suelos en otros usos que pasan a suelos urbanos (urbanización). Las mayores superficies urbanizadas se encuentran en la XIII Región y la VIII Región; el principal uso de suelo que se encuentra en proceso de urbanización proviene desde suelos agrícolas y praderas y matorrales.

Cuadro RE.18. Tasa anual de suelos en otros usos que pasan a suelos urbanos (ha), por región administrativa

| Región/origen del suelo | SF | PM | SA | HU | SD | Total |
|-------------------------|------------|--------------|--------------|-----------|-----------|--------------|
| XV | s/i | s/i | s/i | s/i | s/i | s/i |
| I | s/i | s/i | s/i | s/i | s/i | s/i |
| II | s/i | s/i | s/i | s/i | s/i | s/i |
| III | s/i | s/i | s/i | s/i | s/i | s/i |
| IV | s/i | s/i | s/i | s/i | s/i | s/i |
| V | 121 | 394 | 271 | 0 | 6 | 791 |
| XIII | 34 | 633 | 2.968 | 9 | 8 | 3.652 |
| VI | 5 | 47 | 384 | 0 | 5 | 440 |
| VII | s/i | s/i | s/i | s/i | s/i | s/i |
| VIII | 241 | 161 | 565 | 27 | 10 | 1.004 |
| IX | 8 | 42 | 116 | 0 | 0 | 165 |
| XIV | 10 | 102 | 6 | 3 | 0 | 121 |
| X | 0 | 41 | 0 | 0 | 0 | 41 |
| XI | s/i | s/i | s/i | s/i | s/i | s/i |
| XII | 26 | 156 | 0 | 1 | 1 | 183 |
| Total | 444 | 1.575 | 4.309 | 41 | 29 | 6.398 |

En la urbanización, la tasa anual de captura es -23,5 Gg CO₂-e, en tanto que la tasa anual de emisión llega a los 109,2 Gg CO₂-e, con un balance anual neto de 85,7 Gg CO₂-e emitido.

F. Categoría “Suelos desnudos”

La categoría “Suelos desnudos” agrupa la superficie exenta de vegetación, ya sea por causas naturales o antrópicas. Esta categoría sólo emite CO₂-e, producto de la devegetación, aportando con el 0,09% de las emisiones del sector. La devegetación es parte de la subcategoría “Suelos de Otros Usos que pasan a Suelos desnudos”. La subcategoría “Suelos desnudos que permanecen como tales” no fue incluida por falta de información.

El Cuadro RE.19 muestra la tasa anual de superficie de suelos en otros usos que pasan a suelos desnudos (devegetación). Las mayores superficies devegetadas se encuentran en la VIII y VI regiones. El principal uso de suelo que se encuentra en proceso de devegetación proviene desde praderas y matorrales y suelos forestales. En la devegetación, la tasa anual de emisiones netas es 45,1 Gg CO₂-e.

Cuadro RE.19. Tasa anual de suelos en otros usos que pasan a suelos desnudos (ha), por región administrativa

| Región/origen del suelo | SF | PM | SA | SU | HU | Total |
|-------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| XV | s/i | s/i | s/i | s/i | s/i | s/i |
| I | s/i | s/i | s/i | s/i | s/i | s/i |
| II | s/i | s/i | s/i | s/i | s/i | s/i |
| III | s/i | s/i | s/i | s/i | s/i | s/i |
| IV | s/i | s/i | s/i | s/i | s/i | s/i |
| V | 0 | 56 | 2 | 0 | 0 | 58 |
| XIII | 12 | 77 | 0 | 0 | 0 | 89 |
| VI | 10 | 47 | 98 | 0 | 0 | 154 |
| VII | s/i | s/i | s/i | s/i | s/i | s/i |
| VIII | 159 | 100 | 5 | 0 | 0 | 263 |
| IX | 40 | 27 | 8 | 0 | 1 | 76 |

| Región/origen del suelo | SF | PM | SA | SU | HU | Total |
|-------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| XIV | 18 | 2 | 0 | 0 | 0 | 20 |
| X | 71 | 7 | 0 | 0 | 0 | 78 |
| XI | s/i | s/i | s/i | s/i | s/i | s/i |
| XII | 69 | 471 | 0 | 0 | 0 | 539 |
| Total | 378 | 786 | 112 | 0 | 1 | 1.277 |

2.2.6. Sector Residuos antrópicos

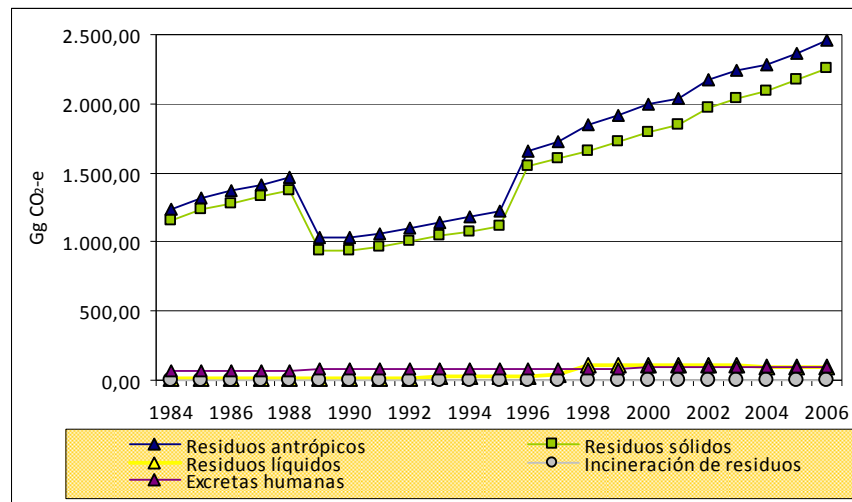


Figura RE.33. Emisión de GEI, sector “Residuos antrópicos”

Las emisiones totales de CO₂-e del sector “Residuos antrópicos” (Figura RE.33) están monopolizadas por la categoría “Residuos sólidos urbanos (RSU)”, cuyo aporte al total sectorial fluctúa entre 92 y 98%. Se trata de la categoría de residuos antrópicos sobre los que el país tiene una mayor experiencia de gestión aunque no siempre en la forma más adecuada.

El quiebre experimentado por la curva de RSU, entre 1990 y 1997, queda explicado por el cambio de tecnología en el tratamiento de los residuos:

- desde 1984 hasta 1990, los RSU no eran tratados o, bien, el sistema de tratamiento correspondía a sistemas no controlados, prácticamente sin recuperación de metano,
- desde 1991 hasta 1996, hubo implementación de vertederos, que son sistemas de tratamientos semi anaeróbicos, con una recuperación de metano de aproximadamente el 50%, lo que provocó una disminución importante de las emisiones de metano, y
- desde el año 1997 en adelante, se implementó los rellenos sanitarios -como tratamiento de RSU- lo que conllevó un aumento de las emisiones de metano, debido a que corresponden a sistemas anaeróbicos que, si bien generan un aumento en la recuperación de metano (≈75%), también provocan un crecimiento considerable en la emisión de este gas.

La serie temporal 1984/2006 muestra que existe una tendencia al aumento de emisiones por este sector, lo que se debe exclusivamente a que las emisiones dependen de la cantidad de residuos sólidos urbanos generados, la que está condicionada por la población urbana saneada, que viene experimentando un sostenido aumento.

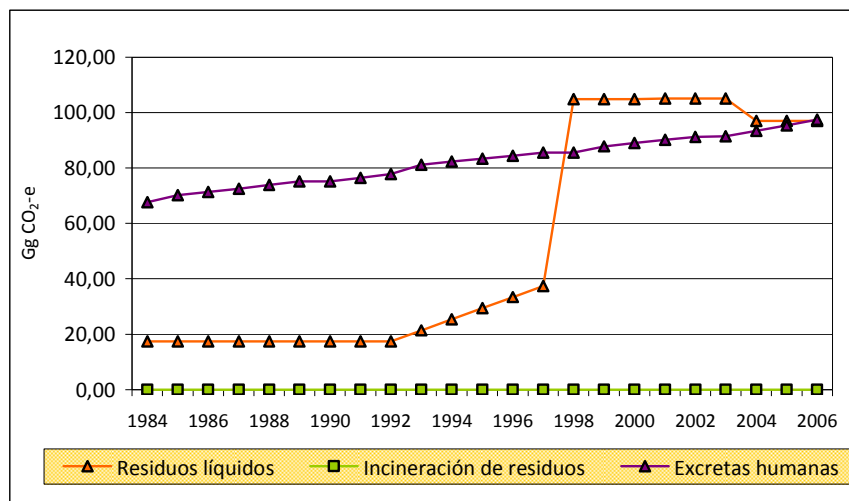


Figura RE.34. Emisión de metano en las categorías “Residuos líquidos”, “Incineración de residuos hospitalarios” y “Emisiones de óxido nitroso por excretas humanas”, por año

La Figura RE.34 muestra las categorías menores del sector “Residuos antrópicos”, los cuales se comportan de la siguiente forma:

- residuos líquidos: las emisiones de esta categoría se dividen en tres etapas:
 - 1984/1990: factores por defecto PICC, debido a la inexistencia de información de tratamientos de aguas servidas y RILes,
 - 1991/1997: información de tratamientos de aguas servidas, proporcionada por SISS en forma anual, y
 - 1998: se incluyó tratamiento de RILes proporcionado por la “Actualización del Catastro de RILes, SISS, 1998” y una actualización de información de RILes para XIII Región en el año 2004.

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

- incineración de residuos hospitalarios: las emisiones procedentes de esta categoría son las menores de este sector, debido principalmente a que la masa incinerada es muy pequeña; se debe reconocer que la información es fragmentaria y lo más seguro es que algunas fuentes no hayan sido consideradas, y
- excretas humanas: la emisión de óxido nitroso por esta categoría se debe exclusivamente a la población urbana existente, a medida que aumenta la población, aumentarán las emisiones de óxido nitroso.

RE.4. CONCLUSIONES

1. Conclusión general

En general, Chile viene aumentando sus emisiones netas de gases invernadero, en forma considerable a través del tiempo, con un incremento del 317% entre 1984 y 2006. Esto se debe principalmente al fuerte aumento de las emisiones del sector “Energía”, que aporta con el 49% de las emisiones totales del país, además de la disminución de la captura de gases del sector “Uso del suelo, cambio de uso del suelo y silvicultura”, el cual muestra un decrecimiento del 82% en su capacidad de captura en el mismo período.

2. Aspectos metodológicos

2.1. Sectores energéticos

Las principales conclusiones son las siguientes:

- en general, los datos estadísticos de estos sectores (“Energía”, “Procesos industriales”, “Uso de solventes y otros productos”) –llámense CNE, CODELCO, DICTUC, SOFOFA COCHILCO, INE, INFOR y otros- entregan información acerca de la incertidumbre asociada a ellos, lo que facilita la estimación de las incertidumbres asociadas a los inventarios de gases invernadero,
- los datos de actividad requeridos por el sector “Procesos industriales” provienen mayoritariamente de fuentes privadas (empresas) y no de fuentes públicas, situación que pone a la elaboración de los inventarios en una situación débil que debería corregirse a futuro,
- para cada uno de los productos industriales, el método utilizado para obtener series de tiempo completa corresponde al método de sustitución, en el cual los datos de producción obtenidos de diversas fuentes están estrechamente correlacionados con otros datos indicativos conocidos y de mayor accesibilidad,
- en particular, los métodos de interpolación y extrapolación sugeridos por el PICC, no fueron utilizados debido a que para todos los rubros industriales, la tendencia de producción no es lineal ni constante en el horizonte de tiempo en el cual se está trabajando,
- el dato indicativo utilizado por el sector “Procesos industriales” corresponde a indicadores de producción física establecido por SOFOFA, los cuales se encuentran divididos por sector industrial; sin embargo, en algunos casos, se ha decidido utilizar tendencias de industrias relacionadas en forma directa, como por ejemplo la producción de ácido sulfúrico con la industria nacional del cobre, basándose además en datos de producción real nacional de al menos un año.
- para la obtención completa de la serie de tiempo del vidrio se tomó, como base de referencia, la producción nacional del año 2001 entregada en el “Inventario Nacional de

Gases Efecto Invernadero” realizado por DICTUC; a partir de ese dato, y utilizando el método de sustitución, se tomó como dato indicativo el crecimiento de la industria del vidrio para los años 1984 a 2006 entregados por SOFOFA,

- en el caso de la producción de cal, se tomó como base de referencia la producción nacional de los años 2001 ó 2002 entregada en el “Inventario Nacional de Gases Invernadero”, realizado por DICTUC; para generar series de tiempo utilizando el método de sustitución, se determinó que las empresas cementeras productoras de cal (SOPROCAL y Bío-Bío) siguen tendencia de crecimiento de producción de industria del cemento, en tanto que, para empresas del rubro celulosa (Arauco y CMPC), la producción de cal sigue tendencia de producción de pulpa y papel y finalmente para CODELCO, se toma como dato indicativo la producción de cobre,
- para el resto de los productos que necesitan completar su serie de tiempo de producción (ácido sulfúrico y productos químicos), los datos reales de producción, obtenidos del INE, se completan en el tiempo con la obtención de las estimaciones utilizando los datos indicativos sectorial entregados por SOFOFA.

2.2. Sectores no-energéticos

Las principales conclusiones, referidas a los sectores “Agricultura”, “LULUCF” y “Residuos antrópicos”, son las siguientes:

- en general, Chile cuenta con una base estadística y paramétrica suficiente, que permiten elaborar los inventarios de emisiones y capturas de gases de efecto invernadero de los sectores no-energía, al menos en los métodos nivel 1; para la aplicación de los métodos nivel2, hay carencia de información publicada y sólo queda el uso del juicio de expertos,
- ninguna de las fuentes estadísticas –llámense INE, ODEPA, CONAF ó SISS- entrega información acerca de la incertidumbre asociada a ellos, situación que debiera corregirse a futuro para permitir la estimación de la incertidumbre asociada a los INGEIs,
- hay una serie de ítems no cubiertos por las fuentes estadísticas y sobre los cuales el país debería invertir para contar con una elaboración completa de los inventarios nacionales; entre otros, los principales ítems son:
 - agricultura: consumo de fertilizantes nitrogenados por región y cultivo; producción y distribución de estiércol, por especie animal; población de especies animales de reciente introducción; uso de lodos de plantas de tratamiento en agricultura,
 - LULUCF: usos y cambios de uso de los suelos en algunas regiones administrativas,
 - residuos antrópicos: generación y destino de aguas servidas, domiciliarias e industriales; generación y destino de residuos sólidos, domiciliarios e industriales; cantidad de residuos incinerados; generación y destino de lodos de plantas de tratamiento de aguas servidas,
- se detectó alguna inconsistencia en la información sobre poblaciones animales, específicamente bovina, porcina y aves: INE muestra diferencias notorias entre sus

anuarios agropecuarios años 2000 a 2003, comparados con los censos agropecuarios y con una contabilidad prácticamente doble de la población existente de estos animales entre años censales (1997-2007),

- lo mismo ocurre con otras fuentes de información, como ODEPA y FAO, que manifiestan cifras diferentes, respecto de la población animal antes mencionada; esto implica problemas para la elaboración del inventario y se recomienda poner en conocimiento las entidades involucradas para que superen estas inconsistencias, especialmente en lo referente a FAO que se alimenta de información entregada por el propio país,
- los datos de actividad estadísticos son en su gran mayoría generados en forma anual, excepto para las poblaciones de animales domésticos, que sólo son informadas en los censos agropecuarios, levantados cada 10 años; en el caso de los datos de actividad paramétricos, son en su mayoría extraídos de los numerosos estudios de investigación técnico-científicos con que el país dispone, lo que los hace de alta confiabilidad,
- si bien el país aplica el método nivel 2 a las emisiones de metano desde las categorías de fermentación entérica y manejo del estiércol, debería invertir en validar los supuestos generados por juicio de experto e incluidos en el procedimiento de cálculo,
- igualmente, el país debiera invertir en desarrollar investigación suficiente conducente a la definición de factores de emisión país- o región-específicos, al menos en las categorías definidas como claves, esto es:
 - emisión de óxido nitroso desde suelos agrícolas; es fundamental investigar las emisiones de las combinaciones suelos-cultivos-zonas agroecológicas-formas de fertilizantes, y
 - emisión de metano por fermentación entérica animal, en especial del ganado bovino.
- en esta serie temporal, el sector “LULUCF” fue sometido a una profunda modificación metodológica, correspondiendo al primer intento que se hace en el país por asumir las guías de buenas prácticas 2003 del PICC, guías que cambiaron el sector de “LUCF” a “LULUCF”,
- el país no cuenta con la información estadística y paramétrica suficiente para una elaboración completa del inventario del sector “LULUCF”; ello se traduce en que, de los cinco conjuntos de carbono que el PICC reconoce (C en biomasa viva, aérea y subterránea; C en materia orgánica muerta, madera muerta y hojarasca; C orgánico en el suelo), el inventario nacional debió restringirse a la biomasa aérea viva,
- no obstante la aplicación de las guías PICC del 2003, los algoritmos creados anteriormente para determinar el destino final de la biomasa forestal mantuvieron su utilidad y fueron igualmente aplicados; estos algoritmos facilitaron la elaboración del inventario, al permitir una asignación más precisa de la biomasa forestal a las distintas categorías y subcategorías así como, también estimar las cantidades de biomasa residual de la explotación forestal; sin embargo, se requiere validar en terreno estos algoritmos,

- es importante relevar el esfuerzo invertido por la CONAF, para generar datos estadísticos que permitan llenar la matriz de usos y de cambios de usos de suelos con datos anuales estimados, a partir del uso de sensores remotos (fotografías aéreas, principalmente) en dos instantes de tiempo,
- también, es importante señalar que, a futuro, los datos de actividad sobre usos y cambios de usos de suelos deberían provenir de un sistema con metodologías sistematizadas y con imágenes obtenidas en tiempos más cercanos de tiempo,
- Chile cuenta con suficiente información, tanto estadística como paramétrica, en lo referente a las plantaciones forestales; aunque también se cuenta con algunos avances en las formaciones de bosque nativo, se concluye en la necesidad de invertir más recursos en contar con el mayor número posible de datos de actividad paramétricos emergentes de las diferentes formaciones vegetacionales nativas, y
- por falta de información de soporte, la categoría “Humedales”, las subcategorías “Suelos agrícolas que permanecen como tales” y “Suelos urbanos que permanecen como tales”, y los ítems “Incremento de biomasa aérea en árboles frutales, viñas y parronales” e “Incremento de biomasa aérea en árboles urbanos”, no fueron informados,
- el sector “Residuos antrópicos” es débil, en cuanto a datos de actividad estadísticos, como por ejemplo, caracterización y composición de los residuos sólidos urbanos (falta de información regional y estandarización metodológica de la caracterización de la composición de RSU), residuos sólidos industriales (inexistencia de datos de actividad), generación y tratamiento de las aguas residuales industriales (que carecen de información desde el año 1998 y de cobertura por regiones administrativas), e incineración de residuos sólidos (que no existe información desde el año 1998),
- por falta de información publicada, se trabajó con datos de actividad paramétricos por defecto y otros generados por juicio de experto; para la categoría residuos sólidos urbanos, que constituye una categoría clave, se recomienda fortalecerla con estudios propios, en cuanto a datos de actividad, datos paramétricos y factores de emisión país-específicos y realizar así estimaciones con un método de nivel 2, y
- de todas formas, el área con mejores datos de actividad corresponde a la disposición final de residuos sólidos domiciliarios; justamente, la categoría que más aporta a las emisiones de gases invernadero del sector “Residuos antrópicos”.