



Ambiental



DEUMAN®

INVENTARIO NACIONAL DE EMISIONES DE GASES EFECTO INVERNADERO

SANTIAGO, JULIO 2008

ELABORADO POR POCH AMBIENTAL, CON APOYO DE DEUMAN

POCH AMBIENTAL S.A.

Renato Sánchez N° 3838 – Las Condes – Santiago

☎ (56 2) 207 01 54 – Fax: (56 2) 263 47 66

E-mail: ambiental@poch.cl

RESUMEN EJECUTIVO

El presente informe corresponde al inventario de emisiones de gases efecto invernadero para Chile desde el año 1984 a 2006.

El presente inventario ha sido solicitado por la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA) y por el Programa para el Desarrollo de Naciones Unidas (PNUD), para estimar las emisiones de tres sectores: 1- energía, 2- industrial y 3- uso de solventes. El inventario considera determinar las emisiones de dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), monóxido de carbono (CO), óxidos nitrosos (N₂O), otros compuestos del nitrógeno (NO_x), compuestos orgánicos volátiles no metánicos (COVNM), dióxido de azufre (SO₂), halocarburos (HFCs), perfluoruros (PFCs) y hexafluoruro de azufre (SF₆), basándose en revisión y aplicación de metodologías desarrolladas y especificadas por el Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC) en el año 1996 y su actualización del año 2000.

En Chile, de los tres sectores indicados las emisiones totales de CO₂ equivalente son generadas en su gran mayoría por el sector de energía, representando en su conjunto el 92% de las emisiones totales de CO₂ equivalente, siendo el 8% restante debido a emisiones asociadas al sector de procesos industriales. Las emisiones totales de CO₂ equivalente para estos sectores han crecido un 190% entre 1984 y el 2006, alcanzando el año 2006 un valor final de 68.572 Gg de CO₂ equivalente.

En el Sector Energía en general se siguieron las metodologías del IPCC, con excepción de las relativas al SO₂, en la cual se utilizó una metodología nacional basada en datos específicos de Chile; para la estimación de las emisiones de la industria del cobre, también se utilizó una metodología nacional, la cual fue desarrollada por COCHILCO. En el cálculo de las emisiones de CO₂ los métodos de usos finales (bottom-up) y de referencia (top-down) arrojaron una diferencia de menos de un 2% entre sí a lo largo de la serie. Las emisiones de CO₂ equivalente del sector se han incrementado en un 191% entre el año 1984 y el 2006, alcanzando el año 2006 un valor de 63.211 Gg de CO₂ equivalentes sin tomar en cuenta las emisiones de leña y biogás, debido a que estas emisiones son carbono neutral. Los sectores que representaron las mayores emisiones de CO₂ equivalente a lo largo de la serie de tiempo fueron los de generación eléctrica y transporte terrestre.

Los resultados de emisiones de GEI del Sector Procesos Industriales se obtuvieron a partir de la cuantificación de datos de producción / consumo del producto industrial específico y de su factor de emisión unitario, siguiendo lo descrito por el IPCC. Las emisiones de CO₂ equivalente se deben en forma importante a las emisiones de la industria del cemento y del acero; los niveles de las emisiones totales de CO₂ equivalente han crecido un 184% entre 1984 y el 2006, alcanzando el año 2006 un valor de 5.361 Gg CO₂ equivalente.

Inventario Nacional de Emisiones de GEI

El Uso de Solventes es abordado a partir de tres sectores generadores de emisiones volátiles de COVNM, las que corresponden a fabricación y uso de pinturas, uso de adhesivos y uso de solventes domésticos. La metodología utilizada para el cálculo de emisiones es la CENMA 1997. Las emisiones de COVNM han aumentado en un 95% del año 1984 al 2006, llegando a 147,77 Gg COVNM. En general las emisiones provienen en mayor medida de Uso de Adhesivos y Uso Industrial de Pinturas.

EXECUTIVE SUMMARY

The present report represents the green house gases emissions inventory for Chile from 1984 to 2006.

The inventory report was solicited by the National Environmental Commission (CONAMA) and by the United Nations Development Programme (UNDP), to estimate the emissions in three specific sectors: 1-energy, 2-industrial and 3- use of solvents. The inventory considers to determine the emissions of carbon dioxide (CO₂), methane (CH₄), carbon monoxide (CO), nitrous oxide (N₂O), other nitrogenous oxidized compounds (NO_x), non-methane volatile organic compounds (NMVOC), sulphur dioxide (SO₂), halocarbons (HFCs), perfluorides (PFCs) and hexafluoride of sulphur (SF₆), based on the revision and application of the methodologies developed and specified by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).

The total CO₂ equivalent emissions are mostly generated from the Energy Sector, representing 92%, being the other 8% associated to the Industrial Process Sector. The total emissions in Gg of CO₂ equivalent have grown 190% from 1984 to 2006, reaching in 2006 68.572 Gg de CO₂ equivalent.

On the Energy Sector the IPCC methodologies were followed, with exception of the SO₂ emissions estimations, which followed a national methodology based on specific data from Chile. For the estimations of the copper industry, another national methodology was used, one that was developed by COCHILCO. On the CO₂ emissions calculations, the Reference (top down) and the Final Uses (bottom up) showed less than 2% of difference among each other. The CO₂ equivalent emissions for this Sector have increased 191% between 1984 and 2006, resulting in total emissions of 63.211 Gg in 2006, not considering the emissions from biomass and biogas due to its carbon neutral state. The main emission sources in 2006 were the power generation and road transport.

The GHG emissions from the Industrial Process Sector were obtained based on the production/consumption information for each industrial product and its unitary emission factor, as stated on the IPCC. The CO₂ equivalent emissions are mainly due to the cement and the steel industry; the total CO₂ equivalent emissions level has been increased in 184% from 1984 to 2006, reaching 5.361 Gg of equivalent CO₂ in 2006.

The Use of Solvents is undertaken from three non-methane volatile organic compounds (NMVOC) emissions generating sectors, which correspond to the manufacturing and use of paintings, use of adhesives and use of domestic solvents. The methodology carried out was the one from CENMA 1997. The emissions have been increased in 95% from 1984 to 2006, reaching 147,77 Gg NMCOV. In general terms the emissions are due mainly to the use of adhesives and of the use of industrial paintings.

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN EJECUTIVO	1
EXECUTIVE SUMMARY	3
ÍNDICE DE CONTENIDO	4
INDICE DE TABLAS	6
1. INTRODUCCIÓN	9
2. EMISIONES EN EL SECTOR ENERGÍA	11
2.1 QUEMA DE COMBUSTIBLES FÓSILES.....	12
2.1.1 Metodología consumos aparentes o de referencia.....	12
2.1.2 Método de usos finales.....	17
2.1.3 Comparación de resultados: método de referencia y usos finales.....	23
2.1.4 Emisiones de otros GEI con excepción del SO ₂	24
2.1.5 Emisiones de SO ₂	38
2.1.6 Emisiones de nivel 2 de la industria de aviación	44
2.2 EMISIONES FUGITIVAS	44
2.2.1 Producción de carbón mineral	44
2.2.2 Producción de petróleo y gas natural	48
2.2.3 Precursores de ozono y SO ₂ de la refinación	52
2.3 CONCLUSIONES ANÁLISIS DEL SECTOR ENERGÍA	54
3. EMISIONES EN PROCESOS INDUSTRIALES	63
3.1 PRODUCCIÓN DE CEMENTO	63
3.2 PRODUCCIÓN DE CAL.....	67
3.3 UTILIZACIÓN DE CALIZA Y DOLOMITA	71
3.3.1 Caliza.....	71
3.3.2 Dolomita	71
3.4 USO DE CARBONATO SÓDICO.....	71
3.5 PRODUCCIÓN Y UTILIZACIÓN DE PRODUCTOS MINERALES VARIOS.....	73
3.5.1 Producción y pavimentación de Asfalto.....	73
3.5.2 Producción de Vidrio.....	77
3.6 PRODUCCIÓN DE AMONIACO	79
3.7 PRODUCCIÓN DE ÁCIDO NÍTRICO.....	80
3.8 PRODUCCIÓN DE ÁCIDO ADÍPICO.....	83
3.9 PRODUCCIÓN DE CARBURO DE SILICIO Y CARBURO DE CALCIO.....	83
3.10 PRODUCCIÓN DE OTRAS SUSTANCIAS QUÍMICAS.....	83
3.11 PRODUCCIÓN DE METALES	93
3.11.1 Producción de Hierro y Acero.....	94
3.11.2 Producción de Cobre	98
3.11.3 Producción de Oro, plomo, plata, zinc	100
3.11.4 Producción de Molibdeno	101
3.12 PRODUCCIÓN DE PAPEL Y PULPA	101
3.13 PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS Y BEBIDAS	103
3.13.1 Producción de Bebidas.....	103
3.13.2 Producción de Alimentos	108
3.14 CONSUMO DE HALOCARBUROS (HFC), PERFLUORUROS (PFC) Y HEXAFLUORURO DE AZUFRE (SF ₆).....	112
3.15 COMPARACIÓN DE EMISIONES POR SECTOR INDUSTRIAL	112
4. EMISIONES POR USO DE SOLVENTES.....	115
4.1 ANÁLISIS DE EXPERIENCIA INTERNACIONAL EN EL USO DE METODOLOGÍAS	115

Inventario Nacional de Emisiones de GEI

4.2 FABRICACIÓN DE PINTURAS.....	128
4.3 USO DE PINTURAS	132
4.4 USO DE ADHESIVOS.....	134
4.5 USO DE SOLVENTES DOMÉSTICOS.....	136
5. ANÁLISIS DE METODOLOGÍA DE CÁLCULO COCHILCO	147
5.1 DESCRIPCIÓN METODOLOGÍAS DE COCHILCO Y CNE	147
6. HERRAMIENTAS COMPUTACIONALES PARA GENERAR Y ADMINISTRAR EL INVENTARIO DE EMISIONES.	152
6.1 REVISIÓN DEL SIGEI	152
6.2 HERRAMIENTA COMPUTACIONAL PARA REALIZAR LOS CÁLCULOS EN EL PRESENTE INFORME	153
6.2.1 <i>Herramienta computacional para administrar los inventarios de emisiones del Sector Energía</i> ..	154
6.2.2 <i>Herramienta computacional para administrar los inventarios de emisiones del Sector Procesos Industriales</i>	156
6.2.3 <i>Recomendaciones relativas al uso de una herramienta computacional para contabilizar las emisiones de los inventarios de emisiones.</i>	157
7. CAPÍTULO DE CONCLUSIONES DEL ESTUDIO	158
ANEXO A: SERIES DE TIEMPO	160
ANEXO B: GARANTÍA DE CALIDAD Y CONTROL DE CALIDAD (GC/CC)	163
ANEXO C: SALIDA SEGÚN EL IPCC PARA SECTOR ENERGÍA PARA LOS AÑOS 1984 AL 2006	169
ANEXO D: SALIDA SEGÚN EL IPCC PARA SECTOR INDUSTRIAL PARA LOS AÑOS 1984 AL 2006	170
ANEXO E: SALIDA DE FORMATO EXCEL DEL IPCC 1996 PARA EL AÑO 1994	171
ANEXO F: SALIDA DE FORMATO EXCEL DEL IPCC 1996 PARA EL AÑO 2000	172
ANEXO G: SALIDA DE FORMATO EXCEL DEL IPCC 1996 PARA EL AÑO 2006	173

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Metodologías de cálculos	11
Tabla 2: tipos de combustibles y diferentes factores.....	14
Tabla 3: Emisiones de CO ₂ por método de consumos aparentes o de referencia.....	15
Tabla 4: Definición de sectores de consumo para Chile a través del Método de Usos Finales	17
Tabla 5: Consumo energético por tipo de industria, TJ.....	19
Tabla 6: Emisiones en Gg de CO ₂ por método de usos finales de 1984 a 2006	20
Tabla 7: Porcentaje de emisión de Gg equivalentes de CO ₂ , sin biomasa por cada uno de los sectores del IPCC.	22
Tabla 8: comparación método de referencia vs. usos finales	23
Tabla 9: Factores de emisión por combustible y gas para Industrias de la Energía.....	24
Tabla 10: Factores de emisión por combustible y gas para Industrias Manufactureras, de construcción y minas	25
Tabla 11: Factores de emisión por combustible y gas para transporte aéreo.....	26
Tabla 12: Factores de emisión por combustible y gas para transporte terrestre.....	26
Tabla 13: Factores de emisión por combustible y gas para transporte ferroviario	26
Tabla 14: Factores de emisión por combustible y gas para transporte marítimo	26
Tabla 15: Factores de emisión por combustible y gas para sector Comercial y Público	26
Tabla 16: Factores de emisión por combustible y gas para sector residencial.....	27
Tabla 17: Factores de emisión por combustible y gas para sector pesquero	28
Tabla 18: Consumo energético por sector, [TJ].....	29
Tabla 19: Emisiones de CH ₄ en el tiempo por sector [Gg de CH ₄].....	29
Tabla 20: Emisiones de N ₂ O en el tiempo por sector [Gg N ₂ O].....	31
Tabla 21: Emisiones de NO _x en el tiempo por sector [Gg de NO _x]	33
Tabla 22: Emisiones de CO en el tiempo por sector [Gg de CO]	35
Tabla 23: Emisiones de COVNM en el tiempo por sector [Gg de COVNM].....	37
Tabla 24: Contenido de azufre de combustibles de 1985 a 1994 para todo el país	39
Tabla 25: Contenido de azufre (%) de 1995 a 2006	40
Tabla 26: Valores necesarios para cálculo de emisiones de SO ₂	41
Tabla 27: Emisiones de SO ₂ en el tiempo, método de usos finales [Gg de SO ₂].....	42
Tabla 28: Factores de emisión por tipo de extracción	45
Tabla 29: Producción de carbón por región [t]	45
Tabla 30: Emisiones de CH ₄ en el tiempo por extracción de carbón	46
Tabla 31: Tipos de emisiones por categoría de combustible	48
Tabla 32: factor de emisión por categoría de combustible.....	49
Tabla 33: Emisiones de CH ₄ en el tiempo por actividades de petróleo y gas natural.....	50
Tabla 34: Factores de emisión	52
Tabla 35: Emisiones en el tiempo de precursores de ozono y SO ₂ de la refinación de petróleo	52
Tabla 36: Consumo de energía y emisiones asociadas por tipo de combustible. Sector eléctrico. Año 1998.....	56

Tabla 37: Consumo de energía y emisiones asociadas por tipo de combustible. Sector eléctrico. Año 2003.....	57
Tabla 38: Consumo de energía y emisiones asociadas por tipo de combustible. Sector transporte terrestre. Año 2001	60
Tabla 39: Consumo de energía y emisiones asociadas por tipo de combustible. Sector transporte terrestre. Año 2005	60
Tabla 40: Emisiones asociadas a producción de cemento	64
Tabla 41: Producción de cal entregada por empresas	68
Tabla 42: Estimación de producción de cal por empresas	68
Tabla 43: Emisiones asociadas a la industria de cal	69
Tabla 44: Emisiones asociadas a utilización de Carbonato Sódico.....	72
Tabla 45: Factores de emisión asociados a la pavimentación con asfalto.....	73
Tabla 46: Información de distancia pavimentada y cantidad de asfalto por kilómetro	74
Tabla 47: Emisiones asociadas a la producción de asfalto para pavimento	74
Tabla 48: Emisiones GEI asociadas a la producción de vidrio	77
Tabla 49: Emisiones asociadas a la producción de ácido nítrico.....	80
Tabla 50: Factor de emisión por producto, IPCC 1996.....	83
Tabla 51: Emisiones asociadas a la producción de Etileno	84
Tabla 52: Producción nacional de sustancias químicas.....	85
Tabla 53: Emisiones de COVNM por industria química.....	86
Tabla 54: Emisiones asociadas a la industria de Metanol	88
Tabla 55: Emisiones asociadas a la industria de Ácido sulfúrico.....	90
Tabla 56: Factor de emisión del proceso Hierro-Acero.....	94
Tabla 57: Emisiones asociadas a la industria del Acero	95
Tabla 58: Emisiones GEI de anhídrido sulfuroso (SO ₂) de las fundiciones chilenas de acuerdo a información provista por COCHILCO [Gg SO ₂]	99
Tabla 59: Factores de emisión por defecto, IPCC 1996.....	102
Tabla 60: Emisiones asociadas a la industria de pulpa y papel	102
Tabla 61: factores de emisión asociadas a la producción de bebidas.....	104
Tabla 62: Producción nacional de bebidas	105
Tabla 63: Emisiones de COVNM asociadas a la industria de bebidas	106
Tabla 64: factores de emisión asociadas a la producción de alimentos	108
Tabla 65: Producción nacional de alimentos.....	109
Tabla 66: Emisiones de COVNM generadas por la industria de alimentos	110
Tabla 67: Emisiones potenciales de Halocarburos, perfluoruros y SF ₆	112
Tabla 68: Potencial de calentamiento global, IPCC 1996	113
Tabla 69: Factores de emisión para uso de pintura en la industria automotriz	117
Tabla 70: Factores de emisión en edificaciones.....	117
Tabla 71: Factores de emisión en uso de solventes para diferentes categorías.....	118
Tabla 72: Factores de emisión en la industria automotriz	120
Tabla 73: Estadísticas de la participación de emisiones totales de COVNM, en la industria automotriz y otras aplicaciones (promedio de 28 países)	121
Tabla 74: Factores de ponderación de toxicidad humana, para distintos contaminantes	125

Inventario Nacional de Emisiones de GEI

Tabla 75: Factores de emisión para uso de solventes y productos afines por país	127
Tabla 76: Factores de emisión por fabricación de tipo de pintura	129
Tabla 77: Emisiones COVNM por fabricación de pintura base agua	129
Tabla 78: Emisiones COVNM por fabricación de pintura base aceite	130
Tabla 79: Generación de series de tiempo para las emisiones COVNM por fabricación de pintura base agua	131
Tabla 80: Generación de series de tiempo para las emisiones COVNM por fabricación de pintura base aceite	131
Tabla 81: Factores de emisión COVNM para uso de pinturas.....	133
Tabla 82: Cálculos de emisiones COVNM por Uso industrial y residencial	133
Tabla 83: Factor de emisión y datos necesarios para estimar las emisiones COVNM por uso de solventes (pegamentos y adhesivos).....	135
Tabla 84: Emisiones COVNM por uso industrial y residencial.....	135
Tabla 85: Factores de emisión para solventes de uso doméstico.....	138
Tabla 86: Información para calcular el consumo de productos domésticos	139
Tabla 87: Consumo anual de productos domésticos por persona.....	141
Tabla 88: Emisiones totales de COVNM	141
Tabla 89: Emisiones asociadas a uso de solventes domésticos	143
Tabla 90: Emisiones del sector uso de solventes	145
Tabla 91: Comparación consumos por tipo de combustible.....	150
Tabla 92: Índices de producción física industrial por agrupaciones, promedios anuales.	161
Tabla 93: Criterio utilizado para estimar la producción de productos industriales.....	162
Tabla 94: Fuentes de información, Sector Energía.....	163
Tabla 95: Fuentes de información, Sector industrial	165
Tabla 96: factores de emisión por sector industrial, IPCC 1996.....	167

1. INTRODUCCIÓN

El presente informe presenta el inventario nacional de emisiones de gases de efecto invernadero y otros para los años 1984 hasta 2006. El inventario se ha realizado por encargo de la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA) y el Programa para el Desarrollo de Naciones Unidas (PNUD), y se debe hacer siguiendo los lineamientos del IPCC 1996; en particular el consorcio Poch Ambiental - Deuman aborda los sectores de Energía, Procesos Industriales y Uso de solventes y otros químicos. Los gases cubiertos por el estudio son los siguientes:

- dióxido de carbono (CO₂),
- metano (CH₄),
- óxido nitroso (N₂O),
- halocarburos (HFC)
- perfloururos (PFC)
- hexafluoruro de azufre (SF₆)
- monóxido de carbono (CO),
- compuestos orgánicos volátiles no metánicos (COVNM),
- óxidos de nitrógeno (NO_x) y
- dióxido de azufre (SO₂)

En Chile se han realizado inventarios de las características antes expuestas en dos ocasiones, uno en el año 1998 a cargo del PRIEN, y otro en el año 2001 por DICTUC. El primero de ellos estima las emisiones generadas a nivel nacional para el periodo 1986 a 1998, el segundo en cambio estima las emisiones nacionales solo para el año 2001.

Para la realización del inventario se recurrió a la mejor información pública existente, consultándose numerosas instituciones como la Comisión Nacional de Energía (CNE), Comisión Chilena del Cobre (COCHILCO), Instituto Nacional de Estadísticas (INE), Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN), Sociedad Fomento Fabril (SOFOFA), Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA), Asociación de Industriales Químicos (Asiquím); asimismo, varias empresas entregaron información interna de manera excepcional para contribuir a generar el inventario.

El informe ha sido ordenado a través capítulos, dentro de los cuales los tres primeros corresponden al desarrollo del inventario para cada uno de los tres sectores mencionados anteriormente: Energía, Procesos Industriales y Uso de solventes. Cada uno de estos capítulos se ordenará de acuerdo a la siguiente estructura:

- Desarrollo de la metodología de cálculo para cada uno de las secciones del IPCC 1996,

Inventario Nacional de Emisiones de GEI

- Detalle de las fuentes de información utilizadas; Análisis estadístico y de supuestos para generar aquellos datos que no fue posible obtener de manera directa,
- Cálculos y generación de series de tiempo,
- Conclusiones,
- Propuesta para la actualización futura el inventario.

En el capítulo siguiente se presenta en forma extensa la metodología utilizada por COCHILCO para determinar las emisiones de CO₂ en la industria del cobre. El capítulo siguiente presenta el análisis de herramientas computacionales para generar el inventario de emisiones (incluyendo una revisión del software SIGEI y comentarios sobre cómo mostrar las series de tiempo).

2. EMISIONES EN EL SECTOR ENERGÍA

Para determinar las emisiones de GEI del sector energético nacional se siguieron las metodologías señaladas por el IPCC, las cuales se agrupan entre aquellas emisiones producto de la combustión, y aquellas 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, el de consumos aparentes o balance energético, y el de usos finales o consumos finales; asimismo, el IPCC considera un método para cuantificar las emisiones de otros GEI y otros gases, tales como el CH₄, el N₂O, el NO_x, el CO, el COVNM y el SO₂.

En el caso de Chile, las metodologías a seguir son de nivel 1, lo cual significa que se utilizarán los factores de emisión propuestos por el IPCC 1996, a excepción de aquellos casos en que existan valores nacionales específicos, y se justifique realizar análisis de niveles más profundos, lo cual se comentará en cada caso. El IPCC incluye en su protocolo realizar un inventario de emisiones de nivel 2 (con datos específicos del país) para las emisiones de la industria de la aviación.

Las emisiones fugitivas que considera el IPCC 1996 son las asociadas con la explotación de minas de carbón, y con la producción, traslado y operación de refinación de petróleo y del gas natural.

La siguiente tabla resume, de manera detallada, las metodologías que serán desarrolladas para la cuantificación de cada tipo de emisión.

Tabla 1: Metodologías de cálculos

	Nivel	Tipo de emisión	Método de calculo
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)
	SO ₂	Por usos finales (Factor de emisión dependiente del contenido de azufre)	
2	CH ₄ , CO ₂ , N ₂ O, NO _x , CO, COVNM	Emisiones de la industria de	

	Nivel	Tipo de emisión	Método de cálculo
		y SO ₂ .	aviación nivel 2
Emisiones fugitivas de combustibles	1	CH ₄	Producción de carbón mineral
		CH ₄	Producción de petróleo y gas natural
		CO, NO _x , COVNM y SO ₂	Emisiones de precursores de ozono y SO ₂ de la refinación

Fuente: IPCC 1996

2.1 Quema de combustibles fósiles

Esta metodología estima las emisiones de GEI a partir del contenido de carbono de los combustibles suministrados al país tomado en su conjunto o como parte de las principales actividades de combustión.

En esta categoría se analizarán las emisiones nacionales de CO₂ a partir de los métodos de consumos aparentes y usos finales, así como las emisiones de otros gases distintos del CO₂ producto de la combustión.

2.1.1 Metodología consumos aparentes o de referencia

Metodología según IPCC 1996

La metodología IPCC 1996 define el Método de los Consumos Aparentes para estimar las emisiones de CO₂ generadas a partir de la quema de combustibles que, como parte fundamental de su estructura química, contienen carbono; así una vez oxidados el carbón y el hidrógeno presente en ellos reaccionan con el oxígeno, produciendo CO₂ y H₂O. A raíz de lo anterior, los cálculos incluidos en este capítulo se basan en la cantidad de combustible utilizado a nivel nacional y en su contenido específico de carbono.

Es importante diferenciar entre combustibles primarios y secundarios. El primero de ellos se refiere a los combustibles que se encuentran en estado natural, en cambio los secundarios son los que derivan de los primarios a través de procesos de transformación, como por ejemplo la gasolina del petróleo crudo, y el coque de carbón. Ésta diferenciación se realiza debido a que la contabilización total nacional de carbono emitido en el método de referencia se basa en el consumo total de combustibles primarios y de las cantidades netas de combustible secundarios presentes en el país como resultado de un balance energético.

Para obtener de manera específica el suministro nacional de combustibles se debe disponer de un balance energético nacional, el cual el IPCC requiere que se encuentre en terajoules [TJ] y en poder calorífico inferior; los valores requeridos son los de producción,

importación, exportación, combustible almacenado en bunkers internacionales y la variación de stock a nivel nacional de cada uno de los energéticos.

A partir del suministro nacional de combustibles, se puede obtener el **consumo aparente** por combustible utilizando la ecuación 1:

Ecuación 1

$$\text{Consumo aparente} = \text{Producción} + \text{Importación} - \text{Exportación} - \text{Bunkers internacionales} - \text{variación de Stock.}$$

En cuanto a los bunkers internacionales, el IPCC hace referencia a que el combustible presente en ellos debe ser excluido para la contabilización de emisiones a nivel nacional, sin embargo el tipo de combustibles y sus emisiones deben ser notificadas.

Una vez obtenido el consumo aparente por combustible es necesario llevar el consumo a términos de contenido de carbono. Esto se realiza utilizando el factor de Emisión de Carbono (FEC) por defecto obtenido a través del manual de referencia del IPCC. Los diferentes FEC utilizados se pueden apreciar en la tabla 2, columna FEC.

Como parte de la metodología se debe ignorar la producción de combustibles secundarios debido a que el carbono de esos combustibles ya está contabilizado en el suministro de combustibles primarios de los que derivan. Sin embargo, se debe especificar la producción de algunos productos secundarios a fin de descontar el carbono almacenado existente en ellos.

En general, no todo el combustible que se consume en el país es utilizado para fines energéticos, de hecho, una fracción de ellos se utiliza como insumo en la fabricación de productos y por ende el carbono disponible no es oxidado y no genera CO₂. Esta fracción del combustible recibe el nombre de **carbón almacenado** y debe ser descontado del cálculo de emisiones. El IPCC 1996 considera que en promedio un 75% del carbono contenido en el 6% del consumo nacional de coque se convierte en aceites y alquitranes, por lo que se descontó esta fracción del consumo total de combustibles para poder eliminar el carbono almacenado.

El cálculo de **contenido real de carbono** se obtiene a partir de la diferencia entre el consumo de carbono aparente y el carbono almacenado. Sin embargo existe una pequeña fracción de carbono que no será oxidado en el proceso de combustión, y por tanto deberá ser descontada. Dependiendo del tipo de combustible se puede observar, en la tabla 2, las fracciones que se utilizaron para obtener la fracción final a oxidar de los combustibles nacionales.

La **emisión total de dióxido de carbono** producto de la quema de combustible fósiles se obtienen, finalmente, multiplicando las emisiones reales de carbono por 44/12.

Fuente de información para realizar los cálculos

La fuente de información utilizada es el Balance Nacional de Energía, el que elabora anualmente la Comisión Nacional de Energía (BNE de la CNE).

La información relativa a los Bunkers internacionales no fue obtenida completamente durante el periodo del estudio, debido a que no se encuentra disponible a partir de fuentes nacionales.

Cálculos y generación de series de tiempo

La siguiente tabla muestra la categorización de todos los combustibles utilizados según el Balance Nacional de Energía (BNE) de la CNE¹, asimismo, muestra los factores para convertir los datos de Tcal a TJ, como requiere el IPCC 1996. Asimismo, se muestran diferentes factores que deben ser utilizados para realizar los cálculos de emisiones, los cuales serán discutidos posteriormente:

Tabla 2: tipos de combustibles y diferentes factores

Categorías	Tipo de combustible	Combustible	Factor PCI	Tcal a TJ en PCI	FEC (tC/TJ)	Factor de Oxidación
Biomasa	Biomasa	BIOGAS	0,9	3,76812	30,6	0,995
Biomasa	Biomasa	LEÑA	0,95	3,97746	29,9	0,9
Gaseoso	Primario	GAS NATURAL	0,9	3,76812	15,3	0,995
Líquido	Primario	PETROLEO CRUDO	0,95	3,97746	20	0,99
Líquido	Secundario	ALQUITRAN	0,95	3,97746	22	0,99
Líquido	Secundario	DIESEL	0,95	3,97746	20,2	0,99
Líquido	Secundario	GAS 93 C/P	0,95	3,97746	18,9	0,99
Líquido	Secundario	GAS 93 S/P (*)	0,95	3,97746	18,9	0,99
Líquido	Secundario	GAS LICUADO	0,9	3,76812	17,2	0,995
Líquido	Secundario	GAS REFINERIA	0,95	3,97746	18,2	0,995
Líquido	Secundario	GASOLINA AVIACION	0,95	3,97746	18,9	0,99
Líquido	Secundario	KEROSENE	0,95	3,97746	19,6	0,99
Líquido	Secundario	KEROSENE AVIACION	0,95	3,97746	19,5	0,99
Líquido	Secundario	METANOL	0,95	3,97746	20	0,99
Líquido	Secundario	NAFTA	0,95	3,97746	20	0,99
Líquido	Secundario	PETROLEO COMBUSTIBLE	0,95	3,97746	21,1	0,99
Sólido	Primario	CARBON	0,95	3,97746	25,8	0,98
Sólido	Secundario	COKE	0,95	3,97746	25,8	0,98
Sólido	Secundario	GAS ALTO HORNO	0,9	3,76812	66	0,99
Sólido	Secundario	GAS CORRIENTE	0,9	3,76812	26,8	0,995
Derivados industriales del petróleo			0,95	3,97746	20	0,99

Fuente: Elaboración propia en base a información del IPCC 1996.

¹ Comisión Nacional de Energía

Inventario Nacional de Emisiones de GEI

En el BNE de la CNE los combustibles se muestran en poder calorífico superior o bruto, y para poder realizar los diferentes cálculos del inventario estos deben ser llevados a poder calorífico neto o inferior (PCI). En la metodología IPCC 1996 se sugiere utilizar factores de 0,9 para obtener los PCI de los combustibles gaseosos, y 0,95 para los sólidos y líquidos, de esta manera se han asignados los factores correspondientes a los diferentes combustibles de la manera que se muestra en la tabla 2, columna Factor PCI.

A su vez, los consumos de energía en el BNE de la CNE son mostrados en unidades energéticas de teracalorías. Su valor debe ser transformado a terajoule, multiplicando por 4,1868, ya que es la unidad necesaria para aplicar todos los factores que se usan en la metodología IPCC.

El BNE de la CNE muestra los valores de producción, importación, exportación y variación de stock del alquitrán y el coque sumados en una misma categoría para los años entre 1984 y 1989, por lo que para separarlos se utilizó el porcentaje promedio del resto de los años de la serie entre 1991 y 2006, años para los cuales se cuenta con la información desagregada.

Para descontar el carbono almacenado se utilizó el supuesto de la IPCC 1996 que el 75% del carbono contenido en el 6% del consumo nacional de coque no se oxida, así como la producción nacional total de derivados del petróleo con fines no energéticos, cifra que es mostrada en los Balances de Energía de la CNE. Para los años anteriores a 1990 la CNE no consideró mostrar la producción de derivados no energéticos del petróleo, por lo que para estimar su magnitud, en común acuerdo con la CNE se consideró utilizar un 2% del consumo aparente nacional entre los años 1991 y 1995.

A continuación se muestra el resultado obtenido del cálculo del método de consumos aparentes:

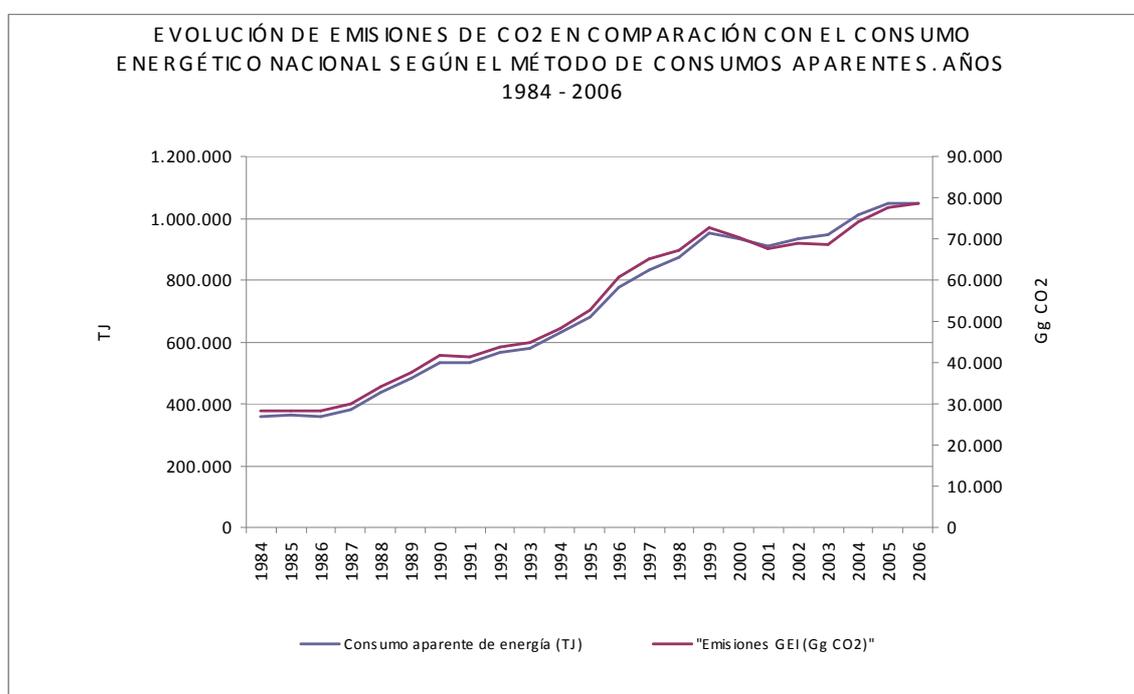
Tabla 3: Emisiones de CO₂ por método de consumos aparentes o de referencia

Año	Gg CO ₂
1984	28.213
1985	28.372
1986	28.299
1987	29.966
1988	34.258
1989	37.540
1990	41.661
1991	41.481
1992	43.945
1993	44.772
1994	48.405
1995	52.847
1996	60.533
1997	65.173
1998	67.300

Año	Gg CO ₂
1999	72.619
2000	70.186
2001	67.566
2002	69.135
2003	68.719
2004	74.109
2005	77.709
2006	78.783

Fuente: Elaboración propia en base a IPCC 1996.

Ilustración 1: Evolución de emisiones de CO₂ en comparación con el consumo energético nacional según el método de consumos aparentes. Años 1984 - 2006



Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones

En general se observa una curva de tendencia creciente en el consumo de fósiles entre los años 1986 y 1990, con un estancamiento en el consumo energético fósil entre los años 2000 y 2003, con una final alza en los consumos a partir del año 2004.

En términos de las emisiones de CO₂ se aprecia que éstas siguen en promedio la misma tendencia que el consumo energético, se aprecia que ambas variables se mantienen relativamente alineadas en el tiempo.

Metodología para obtener la información de los inventarios en el futuro

Cuando se elabore el inventario de emisiones en los años por venir, se recomienda recolectar los valores de los consumos de combustibles a nivel nacional del BNE de la CNE para el año correspondiente.

2.1.2 Método de usos finales

Metodología según IPCC 1996

ij Emisiones de CO₂

Este método estima las emisiones de CO₂ generadas a partir del uso de combustibles especificado por sector de consumo o sector económico.

A continuación la tabla 4 muestra una comparación entre los sectores que define el IPCC 1996 y aquellos considerados por la CNE, de esta manera se podrán apreciar las industrias contenidas en las definiciones IPCC de manera particular para Chile.

Tabla 4: Definición de sectores de consumo para Chile a través del Método de Usos Finales

Sector IPCC	Sector CNE	Industrias
Industrias de energía	Sector Energía y Centros de transformación	Electricidad: Generadoras de servicio público y autogeneradoras. Gas, Coque: Gas corriente, siderurgia. Petróleo, gas natural, carbón y leña, gas natural-metanol
Construcción y Manufactura	Industrial y minero	Cobre, salitre, hierro, papel y celulosa, azúcar, siderurgia, petroquímica, cemento, industrias y minas varias.
Transporte	Transporte	Caminero, ferroviario, marítimo, aéreo
Comercial e Institucional	Comercial, público y residencial	Comercial, público, residencial.
Agroindustria y Pesca	Pesca	Pesca.

Fuente: Elaboración propia en base a IPCC 1996 e informes de inventarios nacionales de emisiones anteriores (PRIEN 1998, DICTUC 2001).

El BNE de la CNE contiene los consumos en Teracalorías por sector de consumo, y estos se deben transformar a Terajoules y se deben seguir los mismos pasos comentados en el Método de Consumo Aparente para obtener las emisiones correspondientes por sector.

El BNE de la CNE ha desagregado la información de los Centros de Transformación desde el año 2004, separándolo en la energía transformada para consumos posteriores (que se

siguió denominando Centros de Transformación), y aquella energía que auto-consumieron (que se pasó a llamar Sector Energía). Para el presente inventario ambos sectores se han sumado desde el año 2004, para de esta manera lograr tener una serie de tiempo comparable con todos los años anteriores.

En el sector industrias de la energía o centros de transformación, específicamente en la sección de Gas y Coque, los consumos que muestra el BNE de la CNE corresponden a aquellos que ocurren en los altos hornos y en las coquerías, por ende no se consideran consumos con fines energéticos, puesto que el carbón se usa fundamentalmente para transformarse en coque, y el coque es un insumo que se utiliza en el proceso de reducción química del hierro; Además el gas natural, gas licuado y el nafta se usan como insumos para enriquecer el gas corriente y el de alto horno, por lo que el potencial energético de ambos gases es el que se ha utilizado para contabilizar el contenido de carbono en esta unidad. Las emisiones provenientes del coque en la reducción del hierro se muestran en el Sector Procesos Industriales, el próximo capítulo.

En la sección Gas natural - Metanol de Centros de Transformación se ha determinado que sólo el 6% del Gas Natural publicado por la CNE es el que finalmente se consumirá para efectos energéticos, pues el resto del combustible es un insumo que se transforma en metanol², y no representa consumo energético; no obstante, las emisiones que se generan específicamente por las reacciones químicas que produce este proceso se contabilizan en el sector Procesos Industriales, el próximo capítulo.

Los BNE de la CNE desde sus inicios hasta el año 1997 mostraban el consumo de los sectores residencial, comercial y público sumados como una sola categoría. Con fines del presente inventario ha sido necesario desagregar dicha información, puesto que para algunos combustibles el sector residencial presenta factores de emisión diferentes a los sectores comercial y público; de esta manera, de común acuerdo con la CNE, se decidió desagregar la información considerando los promedios posteriores a 1997, años en que sí se muestran los datos desagregados. El supuesto consistió en que el sector residencial consumió el total de la leña de ambas agrupaciones, y el sector público y comercial consumió el total del carbón; asimismo, con respecto al total de consumo de los otros combustibles en el sector residencial se consideraron los siguientes porcentajes del total: 81,7% de Gas Natural; 5,9% de petróleo combustible; 31,3% de diesel; 98,4% de kerosene; 87% de gas licuado y 64,3% de gas corriente.

Para el caso específico de la industria del cobre, perteneciente al sector construcción y manufactura, COCHILCO ha desarrollado una metodología propia para determinar las emisiones de CO₂ correspondientes, y publica periódicamente un inventario para dicha industria. La metodología de COCHILCO es meticulosa en su génesis, y el equipo de desarrollo del presente inventario ha considerado seguirla para estimar las emisiones de CO₂ en la industria del cobre; dicha metodología se aborda en detalle en el Capítulo 4. Esta

² Methanex Chile Limited.

metodología abarca las emisiones de CO₂ desde el año 1995, por lo que para los años anteriores se ha determinado utilizar como fuente los consumos energéticos señalados por el BNE de la CNE, y aplicar la metodología IPCC 1996 tal como al resto de las industrias.

Para estimación de las emisiones de CO₂ provenientes de fuentes móviles, se evaluó la alternativa de aplicar una metodología específica, como la propuesta por EMEP/CORINAIR en la Guía de Inventario de Emisiones. Sin embargo, la Guía de EMEP/CORINAIR requiere información detallada de difícil disponibilidad, la que entre otras cosas incluye conocer en forma separada el número de vehículos por cada categoría (autos pasajeros a gasolina, autos a diesel, motocicletas, buses, etc.), kilómetros recorridos por cada tipo de vehículo y de camino (urbano, rural y autopista), velocidad promedio por tipo de vehículo y de camino, además de condiciones climáticas y distancia promedio de viaje. No se consideró realizar esta estimación de esta manera, dado que no existe información pública disponible para realizar el cálculo y se requeriría realizar un gran número de supuestos, de esta manera se decidió utilizar la metodología propuesta por el IPCC 1996.

Fuente de información para realizar los cálculos

La fuente de información para desarrollar el método de usos finales es el BNE de la CNE, entidad que otorga los consumos de energía por tipo de combustibles para cada uno de los sectores definidos en la tabla anterior. Para estimar las emisiones de la industria del cobre en particular se ha seguido la metodología desarrollada por COCHILCO.

Cabe destacar que debido a incoherencias en el consumo de algunos combustibles con respecto a los demás años de la serie, se ha decidido interpolar los datos erróneos para que no afecten los resultados de emisiones del respectivo año, tal es el caso de: Gas natural en el año 1994, sector electricidad. Gas Natural en el año 1994, sector Petróleo y gas. Petróleo combustible en el año 1996, sector Petróleo y gas. Petróleo combustibles en el año 1996, Industria celulosa.

Cálculos y generación de series de tiempo

Para obtener las emisiones de CO₂ generadas por sector industrial desde el año 1984 a 2006 se ha utilizado la metodología anteriormente descrita. Así, el consumo de energía por sector se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 5: Consumo energético por tipo de industria, TJ

Año	Industria de la energía	Industria manufacturera, construcción y minas	Transporte	Público, residencial y comercial	Pesca	TOTAL	Leña y biogás	Total con Leña y biogás
1984	70.864	72.542	95.344	34.128	0	272.878	87.083	359.961
1985	65.928	73.670	94.139	33.988	0	267.725	88.609	356.334

Inventario Nacional de Emisiones de GEI

Año	Industria de la energía	Industria manufacturera, construcción y minas	Transporte	Público, residencial y comercial	Pesca	TOTAL	Leña y biogás	Total con Leña y biogás
1986	60.433	78.628	99.031	36.234	0	274.325	92.125	366.450
1987	60.198	78.878	106.397	36.968	0	282.441	96.260	378.700
1988	80.174	87.849	119.439	40.253	0	327.714	99.836	427.550
1989	113.115	94.835	129.570	43.020	0	380.540	100.511	481.051
1990	126.706	87.927	142.209	44.888	4.932	406.662	106.476	513.137
1991	99.722	91.727	148.137	48.033	7.481	395.100	119.053	514.153
1992	83.986	105.157	159.877	55.412	7.469	411.900	132.062	543.962
1993	85.849	112.886	176.949	57.641	6.988	440.313	122.533	562.846
1994	108.240	109.845	194.666	60.690	7.227	480.669	128.536	609.205
1995	117.619	130.082	213.973	61.708	5.449	528.831	137.689	666.520
1996	155.302	136.052	226.761	58.546	9.792	586.453	147.439	733.892
1997	177.632	177.900	242.863	65.315	11.339	675.050	146.531	821.581
1998	216.451	158.162	261.096	57.263	7.007	699.979	156.604	856.582
1999	252.060	147.844	265.769	62.171	6.327	734.170	162.209	896.380
2000	210.145	156.571	276.996	65.065	7.652	716.429	169.439	885.868
2001	200.533	169.846	266.948	66.475	6.576	710.379	169.093	879.472
2002	211.248	156.986	273.632	63.186	7.959	713.011	171.701	884.713
2003	232.833	164.458	279.068	60.897	6.113	743.369	162.174	905.543
2004	280.715	165.385	291.315	65.802	9.138	812.356	171.258	983.614
2005	283.683	158.576	318.088	63.270	6.599	830.217	182.911	1.013.128
2006	272.163	175.064	323.076	64.635	4.303	839.240	188.134	1.027.374

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de emisiones y su comportamiento en el tiempo por sector pueden ser observados en la tabla y gráfico adjunto:

Tabla 6: Emisiones en Gg de CO₂ por método de usos finales de 1984 a 2006

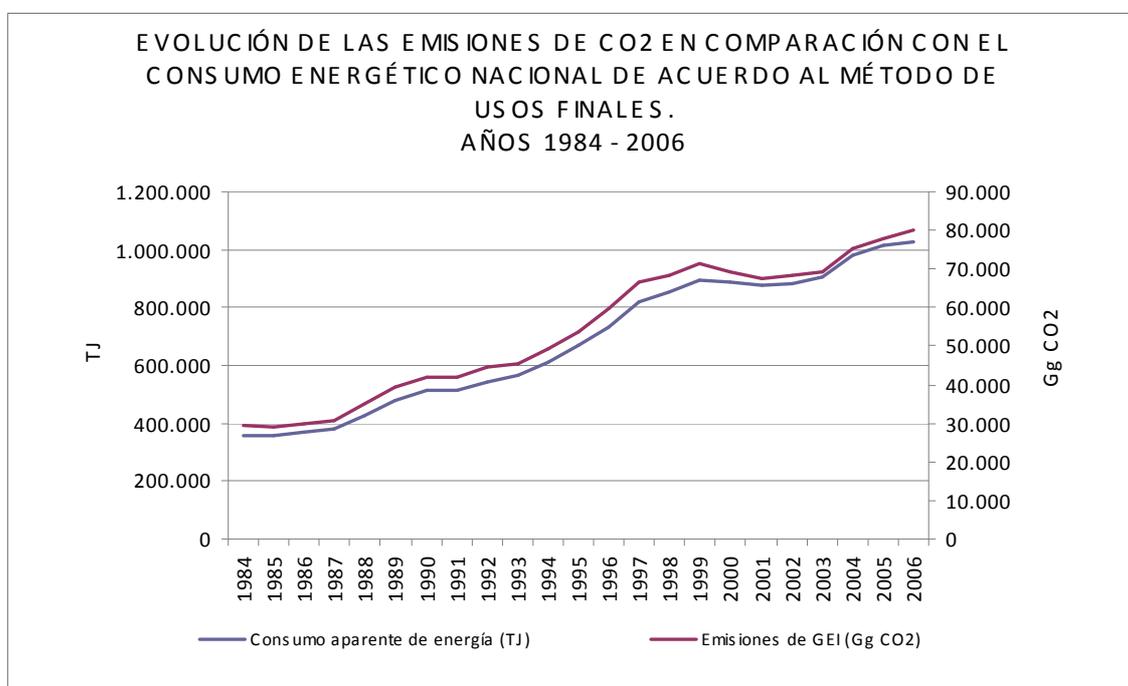
Año	Industria de la energía	Industria manufacturera, construcción y minas	Transporte	Público, residencial y comercial	Pesca	TOTAL	Leña y biogás	Total con Leña y biogás
1984	5.433	6.249	6.753	2.284	0	20.719	8.600	29.318
1985	5.012	6.359	6.679	2.271	0	20.321	8.751	29.072
1986	4.609	6.725	7.027	2.414	0	20.775	9.096	29.871
1987	4.603	6.751	7.553	2.464	0	21.371	9.504	30.875
1988	6.419	7.532	8.484	2.683	0	25.117	9.859	34.976
1989	9.245	7.966	9.210	2.867	0	29.288	9.927	39.215
1990	10.431	7.421	10.127	2.989	403	31.371	10.515	41.885
1991	8.043	7.769	10.552	3.192	626	30.183	11.756	41.939
1992	6.628	8.975	11.384	3.708	619	31.316	13.041	44.357

Inventario Nacional de Emisiones de GEI

Año	Industria de la energía	Industria manufacturera, construcción y minas	Transporte	Público, residencial y comercial	Pesca	TOTAL	Leña y biogás	Total con Leña y biogás
1993	6.863	9.530	12.622	3.836	574	33.425	12.102	45.527
1994	8.822	9.153	13.882	4.050	587	36.493	12.695	49.189
1995	9.601	10.685	15.269	4.098	437	40.090	13.602	53.692
1996	13.042	11.180	16.155	3.839	799	45.016	14.563	59.579
1997	14.981	14.436	17.313	4.327	897	51.954	14.470	66.424
1998	17.485	12.642	18.638	3.731	547	53.044	15.457	68.501
1999	20.011	11.870	18.978	4.002	495	55.356	16.009	71.365
2000	15.843	12.143	19.836	4.147	585	52.553	16.721	69.275
2001	14.009	13.201	19.130	4.195	492	51.026	16.687	67.713
2002	15.079	12.035	19.608	3.995	587	51.303	16.943	68.246
2003	16.303	12.579	20.066	3.806	429	53.183	16.002	69.185
2004	20.247	12.269	20.976	4.135	668	58.294	16.899	75.193
2005	20.524	11.855	22.959	3.951	459	59.747	18.048	77.795
2006	20.682	13.120	23.347	4.034	312	61.494	18.563	80.057

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 2 : Evolución de las emisiones de CO2 en comparación con el consumo energético nacional de acuerdo al método de usos finales. Años 1984 - 2006



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7: Porcentaje de emisión de Gg equivalentes de CO₂, sin biomasa por cada uno de los sectores del IPCC.

Años	Electricidad pública y generación de calor	Transporte terrestre	Transporte marítimo	Otros: Industrias y minas varias	Metales no ferrosos	Residencial	Refinación de petróleo	Transporte aéreo	Hierro y Acero	Manufactura de combustibles sólidos y otros	Comercial /público	Otros: Cemento	Pulpa y papel	Procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco	Pesca	Otros: salitre	Transporte ferroviario	Químicos
1984	16	27	2	9	8	9	9	2	8	1	2	1	1	2	0	1	0	0
1985	14	28	3	11	8	9	9	2	8	1	2	1	1	1	0	1	0	0
1986	13	28	3	11	8	9	8	3	8	1	2	2	1	2	0	1	0	0
1987	13	29	3	11	8	10	8	3	8	1	2	2	1	2	0	1	0	0
1988	17	28	3	10	7	9	7	3	8	1	2	2	1	1	0	1	0	0
1989	24	26	3	10	6	8	6	3	6	1	2	2	1	2	0	1	0	0
1990	26	25	5	8	7	8	6	3	5	1	2	2	1	1	1	1	0	0
1991	19	26	6	9	6	9	7	3	6	1	2	2	1	1	2	1	0	0
1992	13	27	6	10	6	9	7	3	7	2	2	2	2	1	2	1	0	0
1993	13	28	6	11	6	9	6	3	6	2	2	2	1	1	2	1	0	0
1994	17	29	6	10	5	9	5	3	5	2	2	2	1	1	2	1	0	0
1995	18	29	6	11	5	8	5	3	5	1	2	2	1	1	1	1	0	0
1996	23	28	5	11	5	7	4	3	5	1	1	2	1	1	2	1	0	0
1997	24	25	4	15	5	7	3	3	4	1	2	2	1	1	2	0	0	0
1998	28	26	5	11	5	6	4	4	4	1	1	1	1	1	1	1	0	0
1999	31	26	4	9	4	6	4	3	4	1	1	1	1	1	1	1	0	0
2000	26	29	6	10	5	7	3	3	4	1	1	1	1	1	1	1	0	0
2001	22	28	6	12	6	7	4	4	4	1	1	1	1	1	1	1	0	0
2002	23	29	6	10	6	7	5	4	4	1	1	1	1	1	1	1	0	0
2003	25	28	7	10	6	6	5	3	4	1	2	2	1	1	1	0	0	0
2004	27	25	8	9	5	5	5	3	3	2	2	2	1	1	1	1	0	0
2005	27	26	9	8	5	5	5	3	3	2	1	1	1	1	1	0	0	0
2006	27	25	9	9	6	5	5	3	3	2	1	1	1	1	1	0	0	0

Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones

En términos generales las emisiones de CO₂ calculadas a partir del Método de Usos finales siguen paralelamente el trazado del consumo energético nacional. En particular se aprecia que los sectores que representan los mayores niveles de emisiones son los de la industria de la energía y el transporte; específicamente las industrias que representaron el 86% de

las emisiones en Chile en el año 2006 fueron la Electricidad, en segundo lugar el transporte terrestre, el transporte marítimo, Industrias y Minas Varias, metales no ferrosos, el sector residencial y finalmente refinación de petróleo. Los casos más notorios de variación en el tiempo han sido la reducción temporal de la importancia en las emisiones residenciales, y el incremento en importancia de la electricidad y en menor grado del transporte marítimo.

Metodología para obtener la información de los inventarios en el futuro

Para los inventarios de los años futuros se debe recolectar la información de los BNE de la CNE y seguir la metodología descrita anteriormente. Para la industria del cobre se debe considerar la metodología de COCHILCO, la cual se aprecia de manera detallada en el capítulo 5 de este estudio; “Análisis de metodología de cálculo COCHILCO”.

2.1.3 Comparación de resultados: método de referencia y usos finales

La metodología de Consumos Aparentes se obtiene a partir de un balance energético, mientras que la de Usos Finales considera los consumos efectivos que se registraron en el país; de esta manera, se esperaría que el método de consumos aparentes entregara un mayor nivel de consumos y por ende de emisiones, dado que podrían existir mermas o fugas de combustibles que no se expliquen a través de consumos finales, y sí estén incluidas en un balance.

Al comparar las emisiones totales obtenidas utilizando el método de referencia versus el método de usos finales se puede apreciar que éste último presenta valores mayores, y que la diferencia promedio sin incluir biomasa es de aproximadamente un 1,8%, e incluyéndola corresponde a un 1,3%. Los resultados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 8: comparación método de referencia vs. usos finales

Año	Método de referencia	Método de usos finales	Diferencia porcentual
1984	28.213	29.318	3,9
1985	28.372	29.072	2,5
1986	28.299	29.871	5,6
1987	29.966	30.875	3,0
1988	34.258	34.976	2,1
1989	37.540	39.215	4,5
1990	41.661	41.885	0,5
1991	41.481	41.939	1,1
1992	43.945	44.357	0,9
1993	44.772	45.527	1,7

Año	Método de referencia	Método de usos finales	Diferencia porcentual
1994	48.405	49.189	1,6
1995	52.847	53.692	1,6
1996	60.533	59.579	-1,6
1997	65.173	66.424	1,9
1998	67.300	68.501	1,8
1999	72.619	71.365	-1,7
2000	70.186	69.275	-1,3
2001	67.566	67.713	0,2
2002	69.135	68.246	-1,3
2003	68.719	69.185	0,7
2004	74.109	75.193	1,5
2005	77.709	77.795	0,1
2006	78.783	80.057	1,6

Fuente: Elaboración propia.

No se puede explicar la diferencia de ambos métodos, pero claramente tiene que ver con la generación del BNE de la CNE.

2.1.4 Emisiones de otros GEI con excepción del SO₂

Metodología según IPCC 1996

Esta metodología separa los cálculos realizados de las emisiones de dióxido de azufre con respecto a los otros GEI, el CH₄, N₂O, NO_x, CO y COVNM. La fórmula que se utiliza en esta sección en general es la siguiente:

Ecuación 2

$$\text{Emisiones}_{i,k} = \text{FE}_{i,k} \times \text{N}_{j,k}$$

Donde i es uno de los gases considerados (CH₄, N₂O, etc.) y k es cada uno de los sectores de consumo (industrias de la energía, transporte, etc.); FE es el factor de emisión del gas i por el combustible j para la industria k, y N_{j,k} es el nivel de consumo del combustible j en la industria k.

A continuación se muestran los factores de emisión por sector, tipo de combustible y tipo de gas según requerimientos metodológicos:

Tabla 9: Factores de emisión por combustible y gas para Industrias de la Energía

Factores de emisión [Kg/TJ de cada gas]	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO	COVNM
---	-----------------	------------------	-----------------	----	-------

Inventario Nacional de Emisiones de GEI

Factores de emisión [Kg/TJ de cada gas]	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO	COVNM
Petróleo crudo	3	0,6	200	15	5
Gas Natural	1	0,1	150	20	5
Carbón	1	1,4	300	20	5
Leña	30	4	100	1.000	50
Biogás	30	4	100	1.000	50
Petróleo Combustible	3	0,6	200	15	5
Diesel	3	0,6	200	15	5
Gas S/P	3	0,6	200	15	5
Gas C/P	3	0,6	200	15	5
Kerosene	3	0,6	200	15	5
Gas Licuado	3	0,6	200	15	5
Gasolina Aviación	3	0,6	200	15	5
Kerosene Aviación	3	0,6	200	15	5
Nafta	3	0,6	200	15	5
Gas Refinería	3	0,6	200	15	5
Alquitrán	3	0,6	200	15	5
Metanol	3	0,6	200	15	5
Coque	1	1,4	300	20	5
Gas Corriente	1	1,4	300	20	5
Gas Alto Horno	1	1,4	300	20	5

Fuente: IPCC 1996

Tabla 10: Factores de emisión por combustible y gas para Industrias Manufactureras, de construcción y minas

Factores de emisión [Kg/TJ de cada gas]	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO	COVNM
Petróleo crudo	2	0,6	200	10	5
Gas Natural	5	0,1	150	30	5
Carbón	10	1,4	300	150	20
Leña	30	4	100	1.000	50
Biogás	30	4	100	1.000	50
Petróleo Combustible	2	0,6	200	10	5
Diesel	2	0,6	200	10	5
Gas S/P	2	0,6	200	10	5
Gas C/P	2	0,6	200	10	5
Kerosene	2	0,6	200	10	5
Gas Licuado	2	0,6	200	10	5
Gasolina Aviación	2	0,6	200	10	5
Kerosene Aviación	2	0,6	200	10	5
Nafta	2	0,6	200	10	5
Gas Refinería	2	0,6	200	10	5
Alquitrán	2	0,6	200	10	5
Metanol	2	0,6	200	10	5
Coque	10	1,4	300	150	20

Inventario Nacional de Emisiones de GEI

Factores de emisión [Kg/TJ de cada gas]	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO	COVNM
Gas Corriente	10	1,4	300	150	20
Gas Alto Horno	10	1,4	300	150	20

Fuente: IPCC 1996

Tabla 11: Factores de emisión por combustible y gas para transporte aéreo

Factores de emisión [Kg/TJ de cada gas]	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO	COVNM
Gasolina Aviación	0,5	2	300	100	50
Kerosene Aviación	0,5	2	300	100	50

Fuente: IPCC 1996

Tabla 12: Factores de emisión por combustible y gas para transporte terrestre

Factores de emisión (Kg/TJ de cada gas)	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO	COVNM
Gas Natural	50,0	0,1	600,0	400,0	5,0
Diesel	5,0	0,6	800,0	1.000,0	200,0
Gas S/P	20,0	0,6	600,0	8.000,0	1.500,0
Gas C/P	20,0	0,6	600,0	8.000,0	1.500,0

Fuente: IPCC 1996

Tabla 13: Factores de emisión por combustible y gas para transporte ferroviario

Factores de emisión [Kg/TJ de cada gas]	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO	COVNM
Carbón	10	1,4	300	150	20
Diesel	5	0,6	1.200	1.000	200

Fuente: IPCC 1996

Tabla 14: Factores de emisión por combustible y gas para transporte marítimo

Factores de emisión [Kg/TJ de cada gas]	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO	COVNM
Carbón	10	1,4	300	150	20
Petróleo Combustible	5	0,6	1.500	1.000	200
Diesel	5	0,6	1.500	1.000	200

Fuente: IPCC 1996

Tabla 15: Factores de emisión por combustible y gas para sector Comercial y Público

Factores de emisión [Kg/TJ de cada gas]	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO	COVNM
--	-----------------	------------------	-----------------	----	-------

Inventario Nacional de Emisiones de GEI

Factores de emisión [Kg/TJ de cada gas]	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO	COVNM
Petróleo crudo	10	0,6	100	20	5
Gas Natural	5	0,1	50	50	5
Carbón	10	1,4	100	2.000	200
Leña	300	4	100	5.000	600
Biogás	300	4	100	5.000	600
Petróleo Combustible	10	0,6	100	20	5
Diesel	10	0,6	100	20	5
Gas S/P	10	0,6	100	20	5
Gas C/P	10	0,6	100	20	5
Kerosene	10	0,6	100	20	5
Gas Licuado	10	0,6	100	20	5
Gasolina Aviación	10	0,6	100	20	5
Kerosene Aviación	10	0,6	100	20	5
Nafta	10	0,6	100	20	5
Gas Refinería	10	0,6	100	20	5
Alquitrán	10	0,6	100	20	5
Metanol	10	0,6	100	20	5
Coque	10	1,4	100	2.000	200
Gas Corriente	10	1,4	100	2.000	200
Gas Alto Horno	10	1,4	100	2.000	200

Fuente: IPCC 1996

Tabla 16: Factores de emisión por combustible y gas para sector residencial

Factores de emisión [Kg/TJ de cada gas]	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO	COVNM
Petróleo crudo	10	0,6	100	20	5
Gas Natural	5	0,1	50	50	5
Carbón	300	1,4	100	2.000	200
Leña	300	4,0	100	5.000	600
Biogás	300	4,0	100	5.000	600
Petróleo Combustible	10	0,6	100	20	5
Diesel	10	0,6	100	20	5
Gas S/P	10	0,6	100	20	5
Gas C/P	10	0,6	100	20	5
Kerosene	10	0,6	100	20	5
Gas Licuado	10	0,6	100	20	5
Gasolina Aviación	10	0,6	100	20	5
Kerosene Aviación	10	0,6	100	20	5
Nafta	10	0,6	100	20	5
Gas Refinería	10	0,6	100	20	5
Alquitrán	10	0,6	100	20	5
Metanol	10	0,6	100	20	5
Coque	300	1,4	100	2.000	200

Inventario Nacional de Emisiones de GEI

Factores de emisión [Kg/TJ de cada gas]	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO	COVNM
Gas Corriente	300	1,4	100	2.000	200
Gas Alto Horno	300	1,4	100	2.000	200

Fuente: IPCC 1996

Tabla 17: Factores de emisión por combustible y gas para sector pesquero

Factores de emisión [Kg/TJ de cada gas]	CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO	COVNM
Petróleo crudo	10	0,6	100	20	5
Gas Natural	5	0,1	50	50	5
Carbón	300	1,4	100	2.000	200
Leña	300	4	100	5.000	600
Biogás	300	4	100	5.000	600
Petróleo Combustible	10	0,6	100	20	5
Diesel	10	0,6	100	20	5
Gas S/P	10	0,6	100	20	5
Gas C/P	10	0,6	100	20	5
Kerosene	10	0,6	100	20	5
Gas Licuado	10	0,6	100	20	5
Gasolina Aviación	10	0,6	100	20	5
Kerosene Aviación	10	0,6	100	20	5
Nafta	10	0,6	100	20	5
Gas Refinería	10	0,6	100	20	5
Alquitrán	10	0,6	100	20	5
Metanol	10	0,6	100	20	5
Coque	300	1,4	100	2.000	200
Gas Corriente	300	1,4	100	2.000	200
Gas Alto Horno	300	1,4	100	2.000	200

Fuente: IPCC 1996

Para estimación de las emisiones de gases distintos a CO₂ provenientes de fuentes móviles, se evaluó la alternativa de aplicar una metodología específica, como la propuesta por EMEP/CORINAIR en la Guía de Inventario de Emisiones. Sin embargo, la Guía de EMEP/CORINAIR requiere información detallada de difícil disponibilidad, la que entre otras cosas incluye conocer en forma separada el número de vehículos por cada categoría (autos pasajeros a gasolina, autos a diesel, motocicletas, buses, etc.), kilómetros recorridos por cada tipo de vehículo y de camino (urbano, rural y autopista), velocidad promedio por tipo de vehículo y de camino, además de condiciones climáticas y distancia promedio de viaje. No se consideró realizar esta estimación de esta manera, dado que no existe información pública disponible para realizar el cálculo y se requeriría realizar un gran número de supuestos, de esta manera se decidió utilizar la metodología propuesta por el IPCC 1996.

Inventario Nacional de Emisiones de GEI

Fuente de información para realizar los cálculos

El consumo anual de combustible fue obtenido a través de la CNE para el periodo 1984 a 2006, y los factores de emisión se encuentran en el manual de referencia IPCC, 1996.

Cálculos y generación de series de tiempo de CH₄

Las siguientes tablas detallan el consumo energético por sector, así como las emisiones generadas en el tiempo por tipo de gas, además se muestra en un gráfico su evolución:

Tabla 18: Consumo energético por sector, [TJ]

Año	Industria de la energía [TJ]	Industria manufacturera, construcción y minas [TJ]	Transporte [TJ]	Público, residencial y comercial [TJ]	Pesca [TJ]	TOTAL [TJ]	Leña y biogás [TJ]	Total con leña y biogás [TJ]
1984	70.864	72.542	95.344	34.128	0	272.878	87.083	359.961
1985	65.928	73.670	94.139	33.988	0	267.725	88.609	356.334
1986	60.433	78.628	99.031	36.234	0	274.325	92.125	366.450
1987	60.198	78.878	106.397	36.968	0	282.441	96.260	378.700
1988	80.174	87.849	119.439	40.253	0	327.714	99.836	427.550
1989	113.115	94.835	129.570	43.020	0	380.540	100.511	481.051
1990	126.706	87.927	142.209	44.888	4.932	406.662	106.476	513.137
1991	99.722	91.727	148.137	48.033	7.481	395.100	119.053	514.153
1992	83.986	105.157	159.877	55.412	7.469	411.900	132.062	543.962
1993	85.849	112.886	176.949	57.641	6.988	440.313	122.533	562.846
1994	108.240	109.845	194.666	60.690	7.227	480.669	128.536	609.205
1995	117.619	130.082	213.973	61.708	5.449	528.831	137.689	666.520
1996	155.302	136.052	226.761	58.546	9.792	586.453	147.439	733.892
1997	177.632	177.900	242.863	65.315	11.339	675.050	146.531	821.581
1998	216.451	158.162	261.096	57.263	7.007	699.979	156.604	856.582
1999	252.060	147.844	265.769	62.171	6.327	734.170	162.209	896.380
2000	210.145	156.571	276.996	65.065	7.652	716.429	169.439	885.868
2001	200.533	169.846	266.948	66.475	6.576	710.379	169.093	879.472
2002	211.248	156.986	273.632	63.186	7.959	713.011	171.701	884.713
2003	232.833	164.458	279.068	60.897	6.113	743.369	162.174	905.543
2004	280.715	165.385	291.315	65.802	9.138	812.356	171.258	983.614
2005	283.683	158.576	318.088	63.270	6.599	830.217	182.911	1.013.128
2006	272.163	175.064	323.076	64.635	4.303	839.240	188.134	1.027.374

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 19: Emisiones de CH₄ en el tiempo por sector [Gg de CH₄]

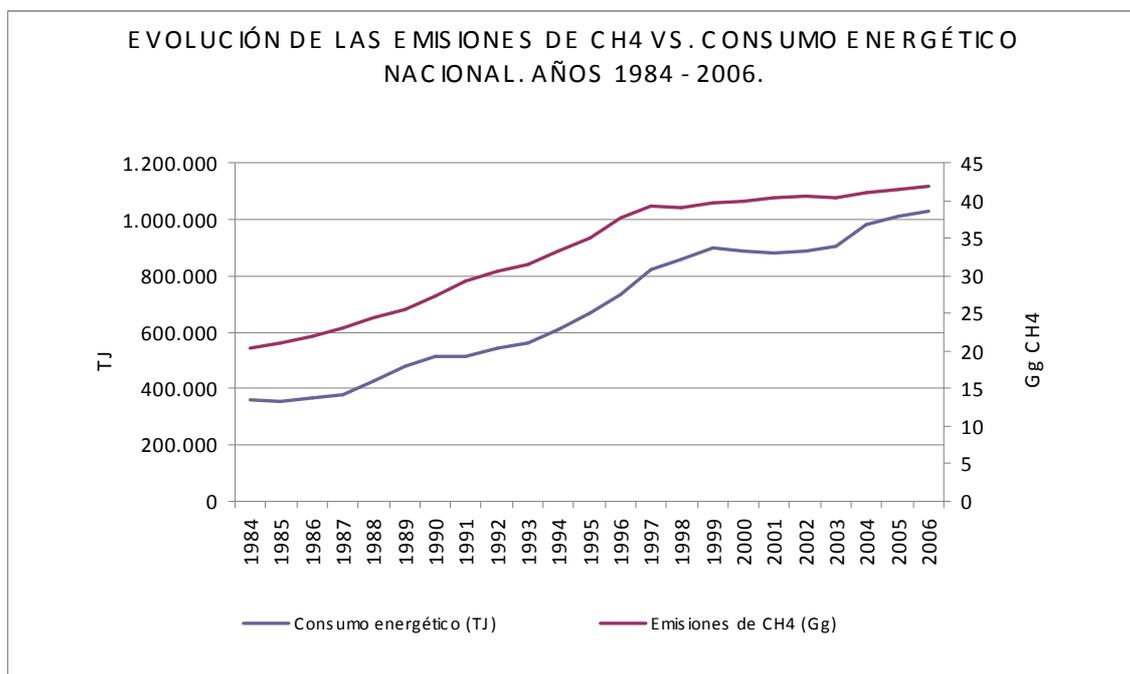
Año	Industria de la energía [Gg de CH ₄]	Industria manufacturera, construcción y minas [Gg de CH ₄]	Transporte [Gg de CH ₄]	Público, residencial y comercial [Gg de CH ₄]	Pesca [Gg de CH ₄]	TOTAL [Gg de CH ₄]	Leña y biogás [Gg de CH ₄]	Total con leña y biogás [Gg de CH ₄]
1984	0,12	0,35	1,15	0,94	0,00	2,55	17,75	20,30

Inventario Nacional de Emisiones de GEI

Año	Industria de la energía [Gg de CH4]	Industria manufacturera, construcción y minas [Gg de CH4]	Transporte [Gg de CH4]	Público, residencial y comercial [Gg de CH4]	Pesca [Gg de CH4]	TOTAL [Gg de CH4]	Leña y biogás [Gg de CH4]	Total con leña y biogás [Gg de CH4]
1985	0,11	0,37	1,11	0,89	0,00	2,48	18,55	21,04
1986	0,10	0,39	1,15	0,90	0,00	2,54	19,45	21,99
1987	0,10	0,39	1,22	0,91	0,00	2,63	20,41	23,04
1988	0,12	0,43	1,37	0,96	0,00	2,88	21,39	24,28
1989	0,17	0,45	1,49	0,97	0,00	3,08	22,34	25,42
1990	0,19	0,41	1,58	0,98	0,53	3,69	23,54	27,24
1991	0,16	0,42	1,65	1,02	1,06	4,31	24,93	29,24
1992	0,14	0,50	1,79	1,15	0,94	4,52	26,15	30,67
1993	0,14	0,51	1,93	1,19	0,79	4,56	26,97	31,53
1994	0,17	0,47	2,16	1,25	0,71	4,76	28,55	33,31
1995	0,19	0,53	2,34	1,27	0,43	4,77	30,30	35,07
1996	0,24	0,55	2,49	1,27	1,03	5,59	32,16	37,75
1997	0,26	0,83	2,61	1,17	0,78	5,65	33,52	39,17
1998	0,31	0,68	2,74	1,14	0,40	5,27	33,82	39,08
1999	0,36	0,67	2,81	0,93	0,29	5,06	34,57	39,63
2000	0,26	0,68	2,88	0,88	0,19	4,90	35,08	39,98
2001	0,25	0,77	2,69	0,86	0,18	4,74	35,67	40,40
2002	0,26	0,70	2,73	0,77	0,20	4,67	35,90	40,56
2003	0,28	0,72	2,74	0,74	0,14	4,61	35,76	40,37
2004	0,34	0,70	2,80	0,70	0,38	4,92	36,20	41,11
2005	0,36	0,67	2,92	0,67	0,21	4,82	36,70	41,52
2006	0,34	0,69	2,93	0,70	0,16	4,82	37,02	41,83

Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 3: Evolución de las emisiones de CH₄ vs. Consumo energético nacional. Años 1984 - 2006



Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones CH₄

Se aprecia que las emisiones de CH₄ siguen en promedio la tendencia de los consumos energéticos del país, pero no ha mostrado gran sensibilidad en aquellos puntos de mayor variabilidad dentro de la tendencia, como son los años de 1987 a 1991, y entre 1997 y 1999; asimismo, la tendencia al alza posterior al año 1998 muestra una pendiente menor que el resto del consumo, lo cual también sigue el consumo energético, pero de una manera también más suave, sin seguir los vaivenes. El metano muestra sus mayores magnitudes en el consumo de leña y en el transporte terrestre, de esta manera, su tendencia lineal ha de estar en línea con los consumos energéticos en ambos sectores.

Cálculos y generación de series de tiempo de N₂O

Tabla 20: Emisiones de N₂O en el tiempo por sector [Gg N₂O]

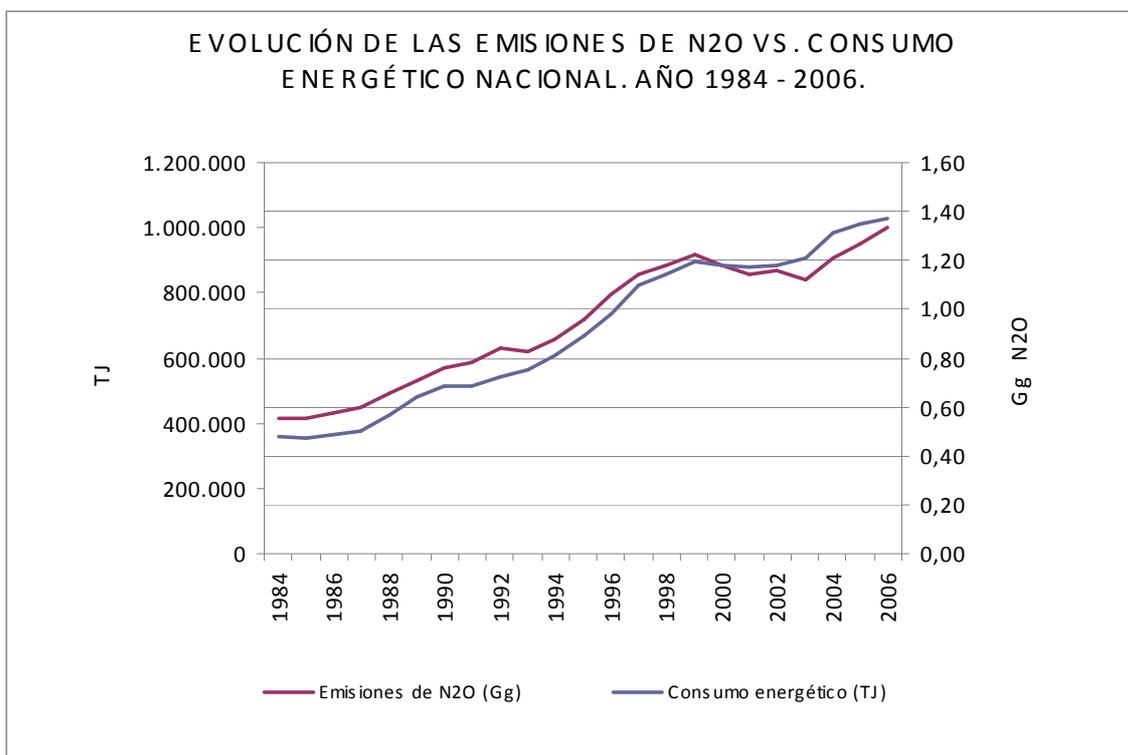
Año	Industria de la energía [Gg N ₂ O]	Industria manufacturera, construcción y minas [Gg N ₂ O]	Transporte [Gg N ₂ O]	Público, residencial y comercial [Gg N ₂ O]	Pesca [Gg N ₂ O]	TOTAL [Gg N ₂ O]	Leña y biogás [Gg N ₂ O]	Total con leña y biogás [Gg N ₂ O]
1984	0,05	0,06	0,07	0,02	0,00	0,20	0,35	0,55
1985	0,05	0,07	0,07	0,02	0,00	0,20	0,35	0,55
1986	0,04	0,07	0,07	0,02	0,00	0,20	0,37	0,57
1987	0,04	0,07	0,08	0,02	0,00	0,21	0,39	0,60

Inventario Nacional de Emisiones de GEI

Año	Industria de la energía [Gg N2O]	Industria manufacturera, construcción y minas [Gg N2O]	Transporte [Gg N2O]	Público, residencial y comercial [Gg N2O]	Pesca [Gg N2O]	TOTAL [Gg N2O]	Leña y biogás [Gg N2O]	Total con leña y biogás [Gg N2O]
1988	0,07	0,08	0,09	0,02	0,00	0,25	0,40	0,65
1989	0,10	0,08	0,09	0,03	0,00	0,30	0,40	0,71
1990	0,12	0,08	0,10	0,03	0,00	0,33	0,43	0,76
1991	0,09	0,08	0,11	0,03	0,01	0,31	0,48	0,78
1992	0,07	0,09	0,12	0,03	0,01	0,31	0,53	0,84
1993	0,07	0,10	0,13	0,03	0,01	0,33	0,49	0,82
1994	0,10	0,09	0,14	0,04	0,01	0,37	0,51	0,88
1995	0,11	0,10	0,15	0,04	0,00	0,41	0,55	0,96
1996	0,16	0,11	0,16	0,03	0,01	0,47	0,59	1,06
1997	0,18	0,15	0,18	0,04	0,01	0,56	0,59	1,14
1998	0,20	0,12	0,20	0,03	0,01	0,56	0,63	1,18
1999	0,22	0,12	0,20	0,03	0,00	0,57	0,65	1,22
2000	0,16	0,11	0,20	0,03	0,00	0,50	0,68	1,18
2001	0,11	0,12	0,20	0,03	0,00	0,47	0,68	1,14
2002	0,13	0,11	0,20	0,03	0,00	0,47	0,69	1,16
2003	0,13	0,11	0,20	0,03	0,00	0,47	0,65	1,12
2004	0,17	0,11	0,21	0,03	0,01	0,52	0,69	1,21
2005	0,17	0,10	0,23	0,03	0,00	0,54	0,73	1,27
2006	0,20	0,12	0,23	0,03	0,00	0,59	0,75	1,34

Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 4: Evolución de las emisiones de N2O vs. Consumo energético nacional. Año 1984 - 2006



Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones N₂O

Las emisiones de N₂O siguen un patrón equivalente al del consumo energético hasta el año 1999, en donde se aprecia un claro quiebre, dado que el consumo se mantiene estable por tres años y las emisiones de N₂O se reducen. Esto obedece fundamentalmente a que las emisiones de N₂O tienen factores de emisión muy altos para el carbón y sus hidrocarburos derivados, y a partir del año 1999 el carbón tuvo un decrecimiento en su consumo, lo cual explicaría la reducción de emisiones de N₂O, o sea, éstas han sido sensibles al cambio en la matriz que experimentó Chile durante esos años.

Cálculos y generación de series de tiempo de NO_x

Tabla 21: Emisiones de NO_x en el tiempo por sector [Gg de NO_x]

Año	Industria de la energía [Gg de NO _x]	Industria manufacturera, construcción y minas [Gg de NO _x]	Transporte [Gg de NO _x]	Público, residencial y comercial [Gg de NO _x]	Pesca [Gg de NO _x]	TOTAL [Gg de NO _x]	Leña y biogás [Gg de NO _x]	Total con leña y biogás [Gg de NO _x]
1984	15,41	17,02	68,45	3,15	0,00	104,04	8,71	112,74
1985	14,16	17,52	68,33	3,14	0,00	103,15	8,86	112,01
1986	13,02	18,55	71,47	3,34	0,00	106,37	9,21	115,58
1987	13,04	18,68	76,52	3,43	0,00	111,66	9,63	121,29
1988	18,78	20,75	86,87	3,74	0,00	130,13	9,98	140,12

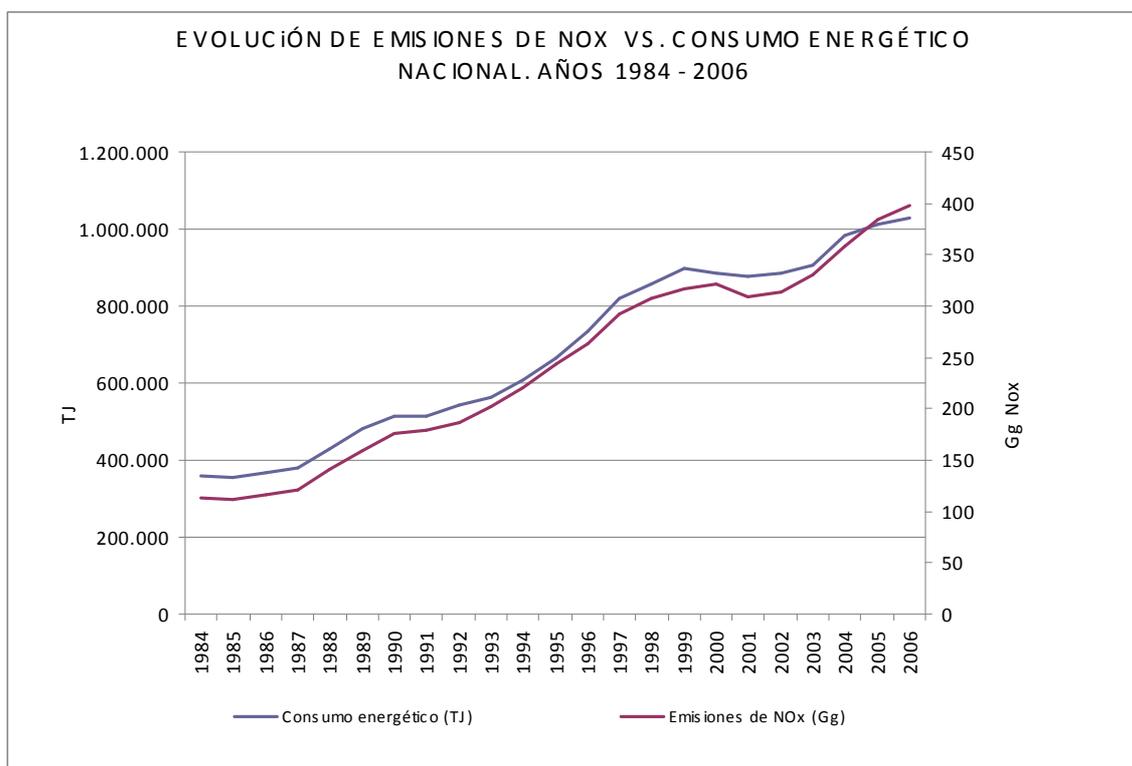
Inventario Nacional de Emisiones de GEI

Año	Industria de la energía [Gg de NOx]	Industria manufacturera, construcción y minas [Gg de NOx]	Transporte [Gg de NOx]	Público, residencial y comercial [Gg de NOx]	Pesca [Gg de NOx]	TOTAL [Gg de NOx]	Leña y biogás [Gg de NOx]	Total con leña y biogás [Gg de NOx]
1989	27,50	22,16	95,02	4,00	0,00	148,68	10,05	158,73
1990	31,20	20,55	109,07	4,17	0,49	165,48	10,65	176,13
1991	23,54	21,34	116,65	4,47	0,75	166,75	11,91	178,66
1992	18,93	24,62	123,72	5,20	0,75	173,22	13,21	186,43
1993	19,59	26,11	137,32	5,41	0,70	189,14	12,25	201,39
1994	25,81	25,10	150,93	5,71	0,72	208,27	12,85	221,12
1995	28,42	29,36	165,75	5,80	0,54	229,87	13,77	243,64
1996	39,27	30,65	172,67	5,48	0,98	249,05	14,74	263,79
1997	45,55	40,54	184,10	6,12	1,13	277,44	14,65	292,09
1998	52,65	35,15	198,92	5,33	0,70	292,75	15,66	308,41
1999	60,00	33,06	201,45	5,74	0,63	300,89	16,22	317,11
2000	46,98	33,50	216,99	5,88	0,77	304,11	16,94	321,06
2001	40,28	36,72	209,06	5,86	0,63	292,55	16,91	309,46
2002	43,87	33,30	213,49	5,58	0,74	296,98	17,17	314,15
2003	47,23	34,73	227,19	5,31	0,51	314,98	16,22	331,19
2004	58,17	34,31	242,37	5,76	0,82	341,43	17,13	358,56
2005	59,05	33,31	267,41	5,44	0,56	365,77	18,29	384,06
2006	60,79	36,83	276,19	5,51	0,38	379,70	18,81	398,52

Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 5: Emisiones de NOx vs. Consumo energético nacional. Años 1984 - 2006

Inventario Nacional de Emisiones de GEI



Fuente: Elaboración propia.

Cálculos y generación de series de tiempo de CO

Tabla 22: Emisiones de CO en el tiempo por sector [Gg de CO]

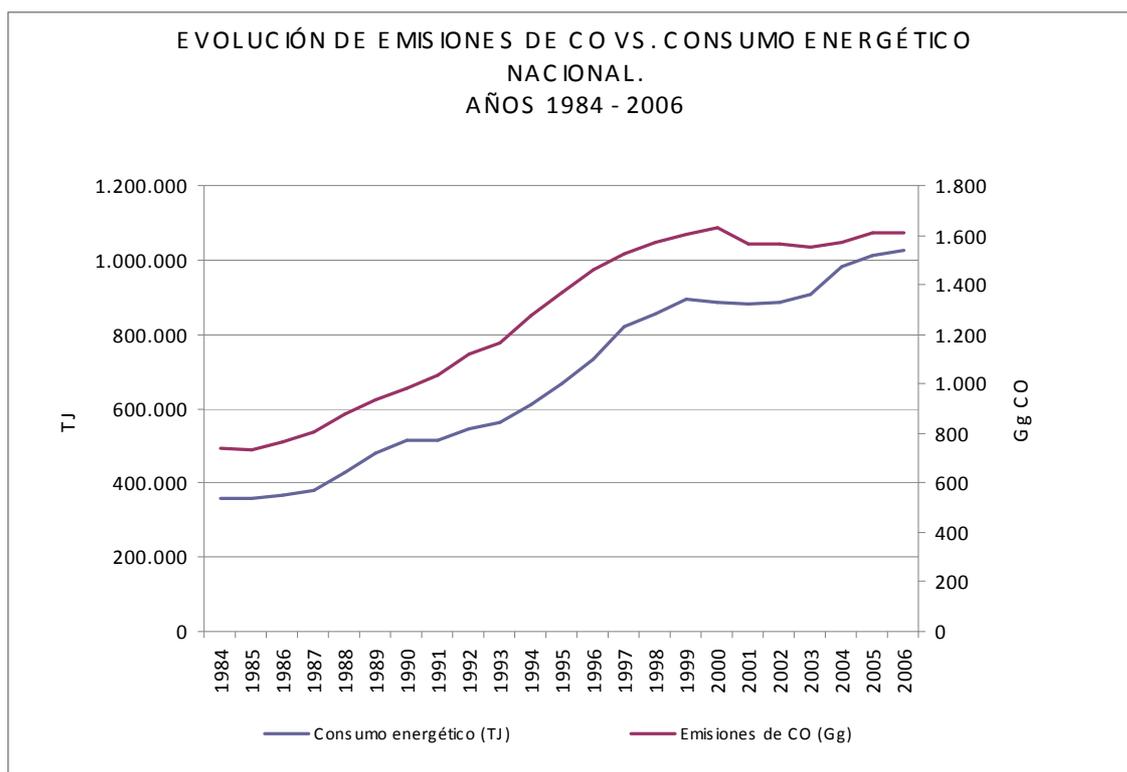
Año	Industria de la energía [Gg de CO]	Industria manufacturera, construcción y minas [Gg de CO]	Transporte [Gg de CO]	Público, residencial y comercial [Gg de CO]	Pesca [Gg de CO]	TOTAL [Gg de CO]	Leña y biogás [Gg de CO]	Total con leña y biogás [Gg de CO]
1984	1,30	4,27	418,77	6,57	0,00	430,91	311,33	742,24
1985	1,21	4,66	399,16	6,09	0,00	411,13	324,11	735,24
1986	1,10	4,76	415,13	5,65	0,00	426,64	339,36	766,00
1987	1,10	4,88	438,73	6,37	0,00	451,08	355,86	806,94
1988	1,49	5,36	491,25	6,93	0,00	505,04	372,42	877,46
1989	2,11	5,45	534,92	6,93	0,00	549,40	386,81	936,21
1990	2,37	5,04	559,28	6,66	3,37	576,71	407,97	984,68
1991	1,85	5,13	580,26	6,79	6,86	600,90	435,50	1.036,40
1992	1,55	6,10	635,64	8,07	6,08	657,44	460,78	1.118,21
1993	1,58	6,10	677,83	6,67	5,07	697,25	467,65	1.164,90
1994	2,01	5,51	759,60	7,15	4,48	778,75	494,40	1.273,15
1995	2,17	6,01	823,92	7,13	2,68	841,92	525,38	1.367,30
1996	2,90	6,22	879,81	7,37	6,59	902,88	558,33	1.461,21

Inventario Nacional de Emisiones de GEI

Año	Industria de la energía [Gg de CO]	Industria manufacturera, construcción y minas [Gg de CO]	Transporte [Gg de CO]	Público, residencial y comercial [Gg de CO]	Pesca [Gg de CO]	TOTAL [Gg de CO]	Leña y biogás [Gg de CO]	Total con leña y biogás [Gg de CO]
1997	3,36	9,70	918,12	7,89	4,80	943,87	577,96	1.521,83
1998	4,11	7,55	960,92	7,45	2,36	982,39	587,98	1.570,37
1999	4,77	7,61	982,00	5,59	1,65	1.001,63	602,24	1.603,87
2000	4,08	7,08	997,33	5,14	0,94	1.014,57	613,86	1.628,43
2001	3,90	8,20	921,10	4,98	0,93	939,10	622,32	1.561,42
2002	4,09	7,21	923,30	4,70	1,05	940,36	627,20	1.567,56
2003	4,55	7,31	912,97	4,20	0,77	929,79	619,95	1.549,74
2004	5,47	6,89	923,84	3,43	2,29	941,92	631,40	1.573,32
2005	5,49	6,69	945,94	3,71	1,21	963,04	645,36	1.608,41
2006	5,28	6,83	942,32	4,27	0,92	959,62	652,89	1.612,51

Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 6: Evolución de emisiones de CO vs. Consumo energético nacional. Años 1984 - 2006



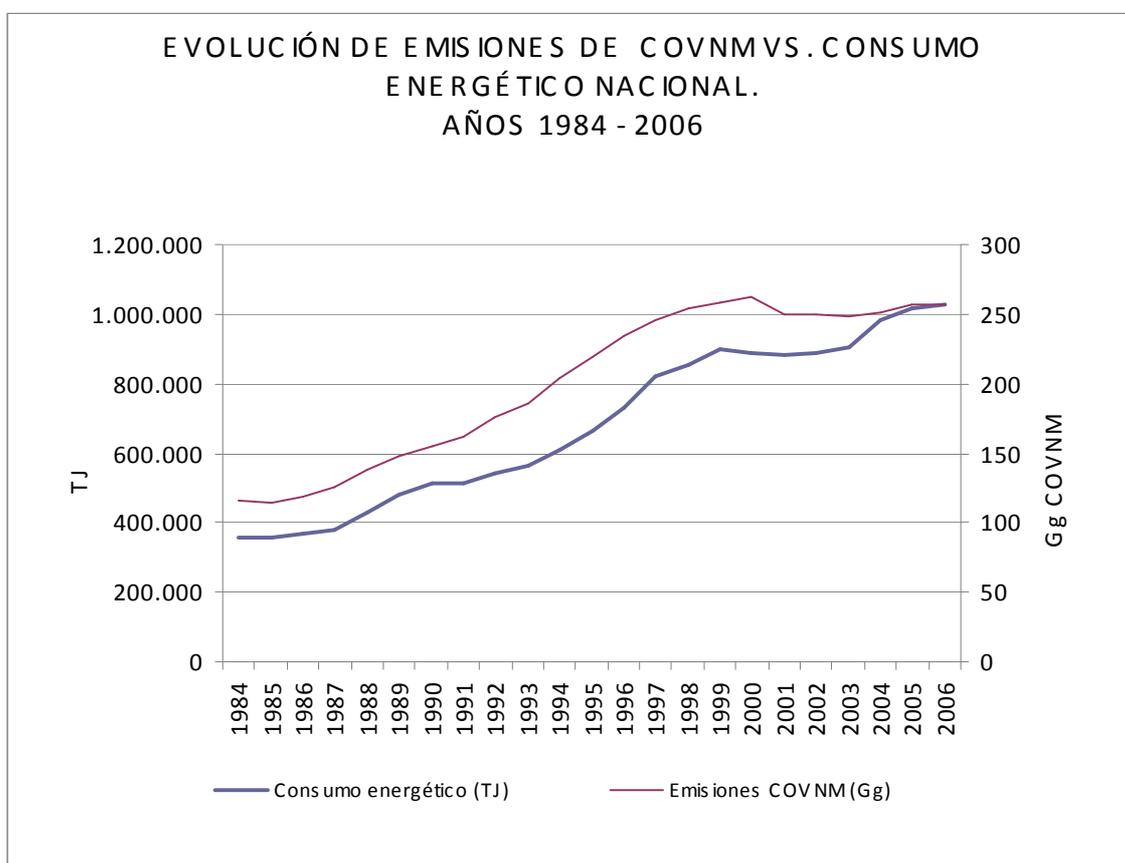
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 23: Emisiones de COVNM en el tiempo por sector [Gg de COVNM]

Año	Industria de la energía [Gg COVNM]	Industria manufacturera, construcción y minas [Gg COVNM]	Transporte [Gg COVNM]	Público, residencial y comercial [Gg COVNM]	Pesca [Gg COVNM]	TOTAL [Gg COVNM]	Leña y biogás [Gg COVNM]	Total con leña y biogás [Gg COVNM]
1984	0,35	0,74	79,26	0,74	0,00	81,09	35,19	116,28
1985	0,33	0,79	75,59	0,69	0,00	77,40	36,81	114,21
1986	0,30	0,82	78,66	0,65	0,00	80,43	38,60	119,03
1987	0,30	0,83	83,16	0,72	0,00	85,02	40,51	125,53
1988	0,40	0,92	93,10	0,79	0,00	95,21	42,47	137,68
1989	0,57	0,96	101,37	0,79	0,00	103,69	44,39	148,08
1990	0,63	0,88	106,09	0,77	0,35	108,73	46,78	155,51
1991	0,50	0,91	110,07	0,79	0,70	112,97	49,46	162,43
1992	0,42	1,07	120,56	0,94	0,62	123,61	51,80	175,42
1993	0,43	1,10	128,67	0,81	0,52	131,53	53,58	185,11
1994	0,54	1,02	144,10	0,87	0,46	146,99	56,73	203,72
1995	0,59	1,15	156,36	0,87	0,28	159,25	60,19	219,44
1996	0,78	1,20	166,94	0,88	0,68	170,48	63,87	234,35
1997	0,89	1,72	174,38	0,95	0,51	178,44	66,65	245,09
1998	1,08	1,41	182,66	0,88	0,25	186,28	67,14	253,43
1999	1,26	1,37	186,61	0,71	0,18	190,13	68,62	258,74
2000	1,05	1,32	189,56	0,67	0,12	192,71	69,58	262,29
2001	1,00	1,48	175,31	0,65	0,11	178,55	70,77	249,32
2002	1,06	1,32	175,77	0,61	0,12	178,88	71,22	250,09
2003	1,16	1,36	173,86	0,55	0,09	177,02	71,05	248,07
2004	1,40	1,30	176,07	0,49	0,25	179,51	71,83	251,35
2005	1,42	1,27	180,55	0,50	0,13	183,88	72,73	256,61
2006	1,36	1,36	180,00	0,56	0,10	183,38	73,31	256,69

Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 7: Emisiones de COVNM vs. Consumo energético nacional. Años 1984 - 2006



Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones NOx, CO y COVNM

Las emisiones de NOx, CO y COVNM son muy sensibles a la industria del transporte, y en este sentido se aprecia que su evolución ha seguido más el comportamiento de dicha industria que la del consumo energético nacional como un todo.

Metodología para obtener la información de los inventarios en el futuro

La actualización del inventario en el futuro debe considerar los consumos energéticos del BNE de la CNE para el año correspondiente; además, para la industria del cobre, COCHILCO es el encargado de entregar los datos correspondientes a consumo de energía, de los cuales se podrán obtener los consumos por gases distintos a CO₂, como se detalla mas adelante en la presente sección.

2.1.5 Emisiones de SO₂

Metodología según IPCC 1996

Inventario Nacional de Emisiones de GEI

Con respecto a la generación de SO₂ sus emisiones dependen absolutamente de la composición de los combustibles y no de la tecnología de combustión, en particular del contenido de azufre de estos.

La cuantificación de emisiones depende del consumo de cada tipo de combustible por sector, así como del factor de emisión asociado. Éste último se debe calcular en función del contenido de azufre del combustible, de la retención de azufre en la ceniza, del valor calorífico neto del combustible y de la eficiencia de las medidas de reducción de las emisiones.

La ecuación utilizada para estimar las emisiones de cada año es la siguiente (donde i es cada combustible):

Ecuación 3

$$\text{Emisión de SO}_2 = \sum \text{Factor Emisión } i \times \text{Consumo aparente de combustible } i$$

El factor de emisión se obtiene de la siguiente manera:

Ecuación 4

$$\text{Factor de emisión } i \text{ (kg/TJ)} = 2 \times (\text{Contenido de azufre } i / \text{valor calorífico neto } i) \times (1 - \text{Retención de azufre en ceniza } i) \times (1 - \text{Eficiencia de abatimiento } i)$$

En cuanto al contenido de azufre de los combustibles, éste varía en el tiempo y varía dependiendo del lugar geográfico en donde los combustibles serán utilizados, sus valores se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 24: Contenido de azufre de combustibles de 1985 a 1994 para todo el país

Combustible	Contenido de azufre 1984 a 1994 (%)
Petróleo crudo*	1,270
Carbón*	1,360
Leña*	0,2
Petróleo Combustible	5
Diesel	0,3
Gas S/P	0,1
Gas C/P	0,15
Kerosene	0,3
Gasolina Aviación*	0,004
Kerosene Aviación*	0,050

Inventario Nacional de Emisiones de GEI

Fuente: * PRIEN, en base a estudios propios previos. El resto de la información se consideró equivalente a los contenidos de azufre de la normativa nacional para regiones en el año 1995.

Para el caso de carbón, petróleo crudo, leña, gasolina aviación y kerosene aviación se consideraron los mismos contenidos de azufre durante toda la serie de tiempo; estos valores fueron obtenidos por el PRIEN en diversos estudios, los cuales se citan en el documento elaborado por dicha institución: Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero 1998. Para el resto de los combustibles de la serie, y para aquellos años posteriores a 1995 se consideró como contenido de azufre aquellos que impone la ley y que se encarga de regular la SEC; a continuación se muestran los valores:

Tabla 25: Contenido de azufre (%) de 1995 a 2006

Combustible	Petróleo combustible	Diesel	Gas S/P	Gas C/P	Kerosene
Región Metropolitana					
1995	5	0,2	0,15	0,15	0,3
1996	5	0,2	0,15	0,15	0,3
1997	1,5	0,2	0,15	0,15	0,3
1998	1,5	0,15	0,1	0,1	0,15
1999	1,5	0,15	0,05	0,05	0,15
2000	1	0,15	0,05	0,05	0,15
2001	1	0,15	0,04	0,04	0,05
2002	1	0,005	0,04	0,04	0,05
2003	1	0,005	0,04	0,04	0,05
2004	1	0,005	0,03	0,03	0,05
2005	1	0,005	0,03	0,03	0,05
2006	1	0,005	0,03	0,03	0,05
Resto del país					
1995	5	0,3	0,1	0,05	0,3
1996	5	0,3	0,1	0,05	0,3
1997	5	0,3	0,1	0,04	0,3
1998	5	0,3	0,1	0,04	0,3
1999	5	0,3	0,1	0,04	0,3
2000	5	0,3	0,1	0,03	0,3
2001	5	0,3	0,1	0,03	0,3
2002	5	0,3	0,1	0,03	0,3
2003	5	0,3	0,1	0,05	0,3
2004	5	0,3	0,1	0,05	0,3
2005	5	0,3	0,01	0,04	0,05
2006	5	0,3	0,01	0,04	0,05

Fuente: Normativa nacional

En cuanto a la retención de azufre en ceniza y al valor calorífico neto dependen del tipo de combustible consumido, ver tabla adjunta, sin embargo se determina que la eficiencia de abatimiento de todos los combustibles corresponde a cero por ciento.

Tabla 26: Valores necesarios para cálculo de emisiones de SO₂

Combustible	Retención de azufre en ceniza (%)	Valor calorífico neto [TJ/k.o.]	Emisiones de SO ₂ [Gg SO ₂]
Leña	0	13,92	Todas las fuentes nacionales
GLP	0	45,59	Todas las fuentes nacionales
Kerosene	0	44,15	Todas las fuentes nacionales
Petróleo combustible	0	41,76	Todas las fuentes nacionales
Carbón	5	27,84	Todas las fuentes nacionales
Diesel transporte a.m.	0	43,35	Transporte R.M.
Gasolina transporte R.M.	0	44,55	Transporte R.M.
Diesel transporte resto del país	0	43,35	Transporte resto del país y otros sectores
Gasolina transporte resto del país	0	44,55	Transporte resto del país

Fuente: IPCC, 1996

Fuente de información para realizar los cálculos

El consumo anual de combustible fue obtenido a través de la CNE para el periodo 1984 a 2006.

Con respecto al contenido de azufre de los combustibles, para los años anteriores a 1995 se utilizaron los valores entregados por el PRIEN en su informe de inventarios entre los años 1986 a 1998, con excepción de aquellos combustibles en los cuales el factor de emisión fuese inferior a los Decretos Supremos correspondientes, caso en el cual se consideró el del Decreto Supremo. Para el resto de los años los contenidos de azufre de los combustibles fueron obtenidos a partir de diferentes decretos supremos los cuales norman los contenidos de azufre a nivel nacional y cuya implementación y cumplimiento está supervisadas por el SEC.

Para estimar los consumos de los diversos combustibles por Región Metropolitana y el resto del país se consultó el “Informe estadístico de combustibles 1984-2007” de la

Superintendencia de Electricidad y Combustibles. En el caso del Diesel se consideró que en la Región Metropolitana sólo se consume petróleo Diesel A1 y A2, el primero para efectos de transporte y el segundo para aplicaciones industriales; en este proyecto se ha considerado como contenido de azufre del petróleo diesel utilizado en la Región metropolitana el correspondiente a Diesel A1 dado que el diesel A2 corresponde a un porcentaje minoritario.

Cálculos y generación de series de tiempo

A partir de los datos mostrados para la obtención de los factores de emisión, y tomando como base de referencia el consumo de combustibles obtenidos a través del BNE de la CNE para los años en estudio, se obtuvieron los siguientes resultados:

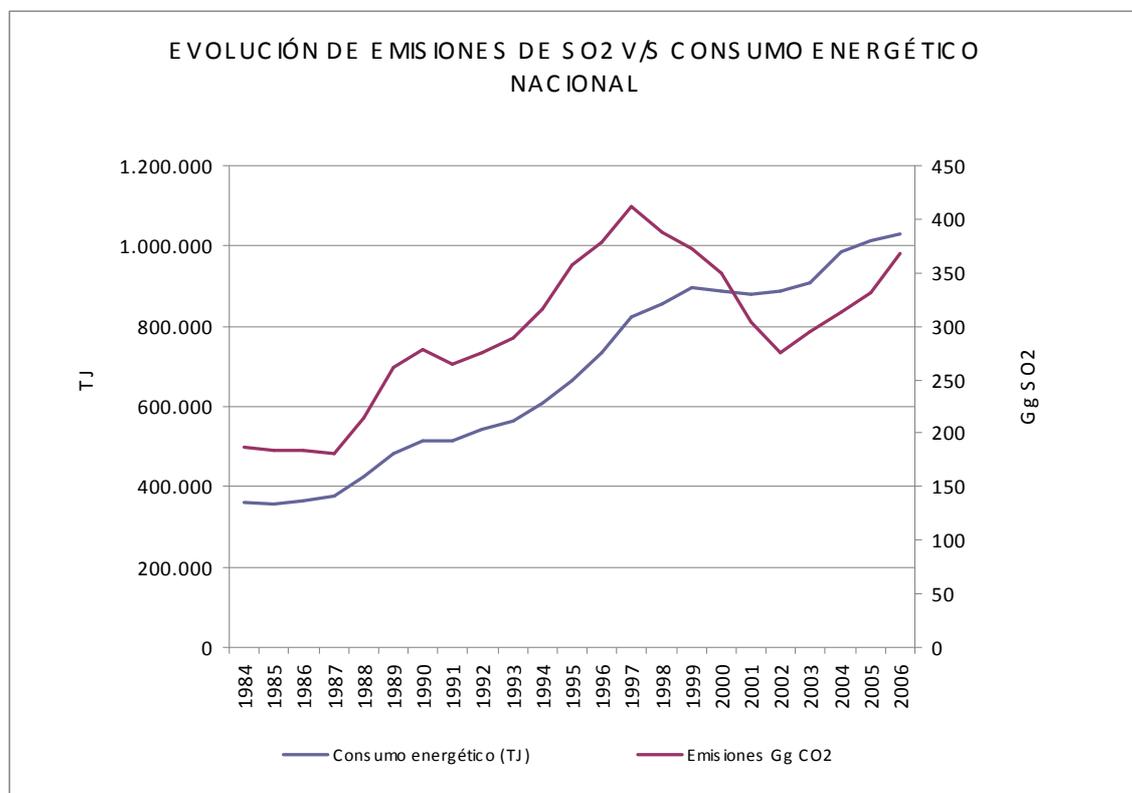
Tabla 27: Emisiones de SO₂ en el tiempo, método de usos finales [Gg de SO₂]

Año	total	Leña y Biogás	Total con leña y biogás
1984	162,22	24,86	187,08
1985	158,05	25,29	183,34
1986	157,52	26,35	183,86
1987	153,06	27,52	180,58
1988	185,92	28,51	214,44
1989	232,36	28,68	261,04
1990	247,54	30,41	277,95
1991	229,78	34,00	263,78
1992	237,48	37,72	275,19
1993	253,38	34,96	288,34
1994	278,85	36,65	315,50
1995	317,63	39,20	356,83
1996	337,24	42,03	379,27
1997	369,78	41,84	411,62
1998	342,36	44,89	387,25
1999	326,09	46,54	372,62
2000	301,70	48,63	350,34
2001	255,20	48,56	303,76
2002	225,39	49,34	274,73
2003	248,61	46,60	295,21
2004	264,37	49,21	313,58
2005	278,27	52,56	330,83
2006	314,56	54,06	368,62

Fuente: Elaboración propia.

El comportamiento de las emisiones de SO₂ generadas a nivel nacional por tipo de combustible se pueden observar mejor en el siguiente gráfico:

Ilustración 8: Evolución de emisiones de SO₂ vs. Consumo energético nacional. Años 1984 - 2006



Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones

Las emisiones de SO₂ son sensibles a múltiples factores, siéndolo especialmente al carbón y a los petróleos combustibles, los cuales alcanzan niveles peak en su consumo en el año 1997, reduciéndose paulatinamente hasta el año 2001, e incrementándose nuevamente a partir del año 2002, cuando comenzó la crisis en el abastecimiento del gas natural argentino; de esta manera, las emisiones de SO₂ han seguido los consumos de ambos combustibles, fundamentalmente en las industrias de la energía, transporte y las industrias de manufactura, construcción y minas.

Metodología para obtener la información de los inventarios en el futuro

Para la elaboración de los futuros inventario se deberá recopilar la información de consumos de combustibles del BNE de la CNE. Los contenidos de azufre en los combustibles se deberán extraer de los decretos supremos del Ministerio de Economía que correspondan, esta información se consulta en la SEC. Al año 2008 los vigentes

correspondían al DS146 del año 2002 y DS319 del año 2006. Finalmente, para estimar los consumos de cada combustible en la RM vs. el resto del país se debe consultar el informe de combustibles de la SEC para el año correspondiente. Es importante recordar que los consumos de energía de la industria del cobre provienen de los datos de COCHILCO.

2.1.6 Emisiones de nivel 2 de la industria de aviación

Las emisiones generadas por el sector aéreo provienen de la utilización de gasolina y kerosene para aviones de reacción. Las emisiones de gases diferentes al CO₂ varían dependiendo del modo de operación y del diseño de los motores.

Para estimar las emisiones asociadas a esta industria se debe diferenciar entre vuelos nacionales, internacionales y entre las operaciones de la aeronave, siendo éstas últimas actividades de aterrizaje y despegue (LTO) y actividades crucero.

Para obtener resultados es necesario contar con la siguiente información:

- Consumo total de combustible por aviación nacional e internacional
- Consumo total de combustible para los ciclo LTO por tipo de avión
- Consumo de combustible para las actividades de crucero por tipo de avión

En el presente inventario se ha utilizado la metodología de Nivel 1 dado que no existe información suficiente para estimarlo utilizando el nivel 2.

2.2 Emisiones fugitivas

Las emisiones fugitivas dan cuenta de las emisiones generadas de metano debido a actividades de producción, procesamiento, manipulación y transporte de combustibles específicos. En particular, la liberación indirecta o fugitiva de metano ocurre principalmente debido a producción de carbón mineral y por la producción de petróleo y gas natural. Por otra parte, existen emisiones fugitivas de precursores y SO₂ debido a procesos de refinación. Cada uno de los análisis se desarrolla a continuación.

2.2.1 Producción de carbón mineral

Metodología según IPCC 1996

El proceso de formación de carbón, o carbonificación, genera de forma inherente metano y otros productos. El grado de carbonificación determina la cantidad de metano que se produce, y una vez generado, la cantidad que se almacena depende de la presión y temperatura de la veta carbonífera, así como de otras características menos conocidas del carbón. El metano permanece almacenado en el carbón hasta que se reduce la presión a la cual está sometido, ya sea por erosión o por trabajos de extracción. Una vez liberado, el metano fluye a través del carbón hacia zonas de menor presión y escapa a la atmósfera. Por lo genera la mayor cantidad de metano que se va a la atmósfera por consecuencia de trabajos de extracción debido a la actividad del hombre, proviene de las minas

subterráneas, dado que en ese estado está más acumulado por la mayor presión a la cual está sujeto.

También existen emisiones por actividades posteriores a la extracción, como son el procesamiento, el transporte y la utilización de éste.

El cálculo de las emisiones se obtiene de la producción de carbón en dependencia de su origen, subterráneo o superficial, multiplicado por sus factores correspondientes, así como en dependencia de los factores de minería y post-minería.

A continuación se muestran los factores utilizados:

Tabla 28: Factores de emisión por tipo de extracción

Tipo de extracción	Factor de emisión [m3 CH4 / t]	
	Minas Subterráneas	Minería
Post-minería		2,45
Minas a Tajo Abierto	Minería	1,15
	Post-minería	0,10

Fuente: IPCC 1996

Para el cálculo de las emisiones se consideró la producción nacional diferenciada por tipo de extracción, y se le aplicaron los factores correspondientes. Además se ha utilizado un factor de conversión para obtener finalmente las emisiones en Gg, su valor corresponde a 0,67 Gg CH4/millones m3.

Fuente de información para realizar los cálculos

La producción del carbón en minas subterráneas y a tajo abierto para Chile ha sido extraída del Anuario de SERNAGEOMIN para el periodo 1984 a 2006.

Por otro lado, los factores de emisión y de conversión fueron obtenidos por defecto del IPCC 1996.

Cálculos y generación de series de tiempo

La producción nacional de carbón dada por SERNAGEOMIN, se muestra por regiones, y se determina que el carbón producido en la Duodécima Región de Magallanes es la única a tajo abierto en Chile, el resto de la producción nacional es subterránea. La siguiente tabla muestra la producción nacional separada por región:

Tabla 29: Producción de carbón por región [t]

Año	VIII	X	XII
1984	1.177.220	129.570	0
1985	1.236.590	133.170	0
1986	1.323.020	118.000	0
1987	1.305.250	137.910	292.990
1988	1.436.150	136.070	898.200

Inventario Nacional de Emisiones de GEI

Año	VIII	X	XII
1989	1.267.470	143.630	992.450
1990	1.467.890	129.540	1.131.870
1991	1.341.530	136.190	1.262.850
1992	977.780	155.420	974.890
1993	792.680	179.120	821.270
1994	480.820	148.720	1.033.420
1995	361.550	141.830	981.490
1996	233.600	143.430	1.067.050
1997	134.440	116.430	1.162.300
1998	121.048	104.832	1.046.515
1999	82.240	84.820	340.290
2000	110.040	130.560	262.750
2001	123.320	21.950	422.820
2002	129.940	0	321.690
2003	136.500	0	210.780
2004	140.190	0	98.120
2005	138.056	0	594.309
2006	98.673	0	575.071

Fuente: SERNAGEOMIN

A partir de la producción mostrada y de los factores de emisión asociados se determinan las emisiones generadas a nivel nacional para cada uno de los años que comprenden este inventario, las cuales se indican en la siguiente tabla:

Tabla 30: Emisiones de CH₄ en el tiempo por extracción de carbón

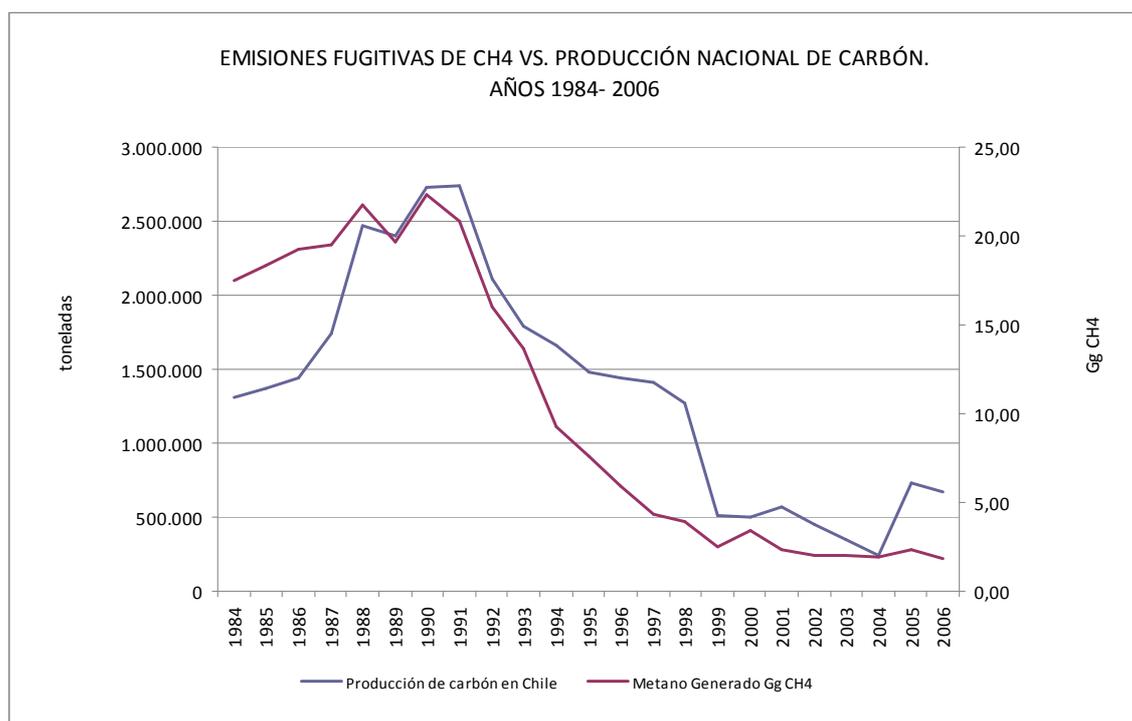
Año	Producción total de carbón [t]	Emisiones de CH ₄ [Gg de CH ₄]
1984	1.306.790,00	17,47
1985	1.369.760,00	18,31
1986	1.441.020,00	19,26
1987	1.736.150,00	19,54
1988	2.470.420,00	21,77
1989	2.403.550,00	19,69
1990	2.729.300,00	22,30
1991	2.740.570,00	20,81
1992	2.108.090,00	15,96
1993	1.793.070,00	13,68
1994	1.662.960,00	9,28
1995	1.484.870,00	7,55
1996	1.444.080,00	5,93
1997	1.413.170,00	4,33
1998	1.272.395,00	3,90

Año	Producción total de carbón [t]	Emisiones de CH ₄ [Gg de CH ₄]
1999	507.350,00	2,52
2000	503.350,00	3,44
2001	568.090,00	2,30
2002	451.630,00	2,01
2003	347.280,00	2,00
2004	238.310,00	1,96
2005	732.365,00	2,34
2006	673.744,00	1,80

Fuente: SERNAGEOMIN y Elaboración propia.

Adjunto se muestra el gráfico que da cuenta de la evolución de las emisiones de CH₄ debido a la extracción de carbón:

Ilustración 9: Emisiones fugitivas de CH₄ vs. Producción nacional de carbón. Años 1984 - 2006



Fuente: Elaboración propia.

Las emisiones fugitivas de CH₄ debido a la extracción minera de carbón no siguen una tendencia común en el tiempo. Desde 1984 a 1991 presenta una tendencia general creciente de producción y de generación de emisiones, por el contrario a lo ocurrido de 1992 a 2006.

Ahora bien, las emisiones de CH₄ no sólo dependen de la producción total de carbón a nivel nacional, sino mas bien dependen del método por el cual éste haya sido extraído, siendo superior el nivel de emisión de las minas subterráneas que de aquellas a tajo abierto.

Conclusiones

Las emisiones fugitivas de CH₄ en la producción del carbón son muy sensibles a la extracción de minas subterráneas, es por eso que las emisiones aumentan en promedio de 1984 a 1991, y caen continuamente desde 1992, puesto que de la misma manera decae la producción; en 2004 se aprecia un incremento de la producción de carbón que no modifica el nivel de emisiones de CH₄, lo cual es debido a que dicha producción ha sido generada desde minas a tajo abierto, que emiten una pequeña fracción de metano en comparación con las subterráneas.

Metodología para obtener la información de los inventarios en el futuro

La producción del carbón en minas subterráneas y a tajo abierto para Chile debe ser extraída del Anuario del SERNAGEOMIN para el año correspondiente.

2.2.2 Producción de petróleo y gas natural

Metodología según IPCC 1996

Esta categoría incluye todas las emisiones procedentes de la producción, procesamiento, transporte y uso de petróleo y gas natural, y de la combustión no productiva. Excluye el uso del petróleo y gas o de los productos derivados de ellos para proporcionar energía para uso interno, en el procesamiento y transporte de la producción de energía. Las emisiones fugitivas incluyen las emisiones resultantes de la combustión del gas natural durante las operaciones de quema en mechurrios.

Las fuentes de emisiones en los sistemas de petróleo y gas natural están determinados siguiendo las indicaciones del IPCC, las cuales incluyen:

Tabla 31: Tipos de emisiones por categoría de combustible

Categoría	Tipo de emisiones
Petróleo	Emisiones fugitivas y otras de mantenimiento en producción de petróleo Transporte (cargado en tankers) Refinación Almacenamiento
Gas Natural	Emisiones fugitivas y otras de mantenimiento en producción de gas Emisiones de proceso, transporte, distribución y transmisión de gas producido Emisiones de proceso, transporte, distribución y transmisión de gas consumido Fugas en plantas industriales y generadoras (consumo no residencial)

Categoría	Tipo de emisiones
	Fugas en sector comercial, público y residencial (consumo residencial)
Veteo y quema en mechurrios	Producción de Petróleo Producción de Gas Natural

Fuente: IPCC 1996

La metodología para obtener las emisiones fugitivas para este sector se basa en la obtención de la producción y consumo a nivel nacional de Petróleo y gas natural, obtenido anteriormente a partir del método de referencia. Sus valores deben ser asociados a cada uno de las divisiones detalladas en la tabla anterior.

Las emisiones generadas por cada sector se obtienen a partir de la multiplicación del consumo de combustible y del factor de emisión asociado a cada sector, siendo éstos los siguientes:

Tabla 32: factor de emisión por categoría de combustible

Categoría	Factor de emisión [kg CH ₄ / PJ]	
Petróleo	Emisiones fugitivas y otras de mantenimiento en producción de petróleo	2.650
	Transporte (cargado en tankers)	745
	Refinación	745
	Almacenamiento	135
Gas Natural	Emisiones fugitivas y otras de mantenimiento en producción de gas	71.000
	Emisiones de proceso, transporte, distribución y transmisión de gas producido	0
	Emisiones de proceso, transporte, distribución y transmisión de gas consumido	118.000
	Fugas en plantas industriales y generadoras (consumo no residencial)	87.500
	Fugas en sector comercial, público y residencial (consumo residencial)	43.500
Veteo y quema en mechurrios	Producción de Petróleo	2.000
	Producción de Gas Natural	192.000

Fuente: Elaboración propia en base a IPCC 1996.

Fuente de información para realizar los cálculos

Los factores de emisión considerados fueron equivalentes al promedio de los rangos indicados por el IPCC 1996 para cada tipo de actividad, de la misma manera supuesta por inventarios nacionales realizados anteriormente.

Cálculos y generación de series de tiempo

Para determinar la cantidad de combustible consumido por sector, a partir del cual se generan emisiones fugitivas se ha supuesto que:

- la producción del petróleo es equivalente a la cantidad de éste que es transportada
- La cantidad de petróleo considerada en la refinación y almacenamiento se ha considerado la misma, y corresponde a su consumo aparente.

Inventario Nacional de Emisiones de GEI

- Para la transmisión y distribución de gas natural se ha considerado el consumo bruto de éste.
- Las fugas en plantas industriales y generadoras (consumo no residencial) están dadas por el consumo aparente de las plantas industriales y generadoras;
- Las fugas en el sector comercial, público y residencial (consumo residencial) provienen del consumo de gas natural en el sector comercial, público y residencial.
- Para el venteo y quema en producción se han considerado las producciones correspondientes de petróleo y gas natural.

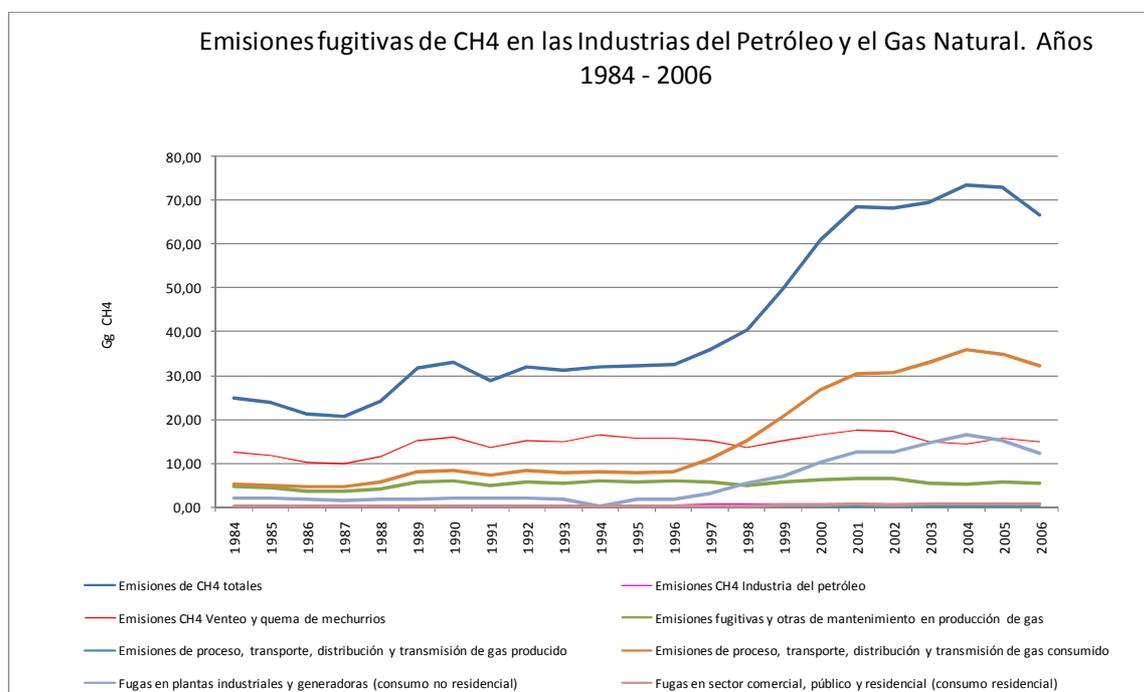
A continuación se muestran las emisiones fugitivas totales generadas debido a actividades de petróleo y gas natural para los años 1984 a 2006:

Tabla 33: Emisiones de CH₄ en el tiempo por actividades de petróleo y gas natural

Año	Emisiones de CH₄ (Gg de CH₄)
1984	24,92
1985	23,81
1986	21,14
1987	20,61
1988	24,01
1989	31,60
1990	33,12
1991	28,87
1992	31,85
1993	31,08
1994	33,64
1995	32,13
1996	32,46
1997	35,83
1998	40,27
1999	49,75
2000	60,85
2001	68,36
2002	68,06
2003	69,38
2004	73,45
2005	72,90
2006	66,53

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 10: Emisiones fugitivas de CH₄ en las industrias del Petróleo y el Gas natural. Años 1984 - 2006.



Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones

Se muestra que a partir de 1996 se incrementan las emisiones fugitivas totales de CH₄ en la industria petrolera y de gas natural, y fundamentalmente se deben a las emisiones de gas natural debido al consumo explosivo que tuvo a partir de dicho año este combustible, en especial en las fugas debido a transporte, distribución y transmisión del gas consumido.

Las magnitudes de emisiones en la industria del petróleo se mantienen constantes, al igual que las emisiones fugitivas de venteo y quema de mechurrios, dado que el primero tiene bajos factores de emisión, y el segundo depende de las producciones de petróleo y gas natural en Chile, valores relativamente bajos y estables durante la serie de tiempo en estudio.

Metodología para obtener la información de los inventarios en el futuro

La Producción nacional y el consumo aparente de Petróleo y Gas Natural deben ser entregados en el BNE de la CNE.

2.2.3 Precursores de ozono y SO₂ de la refinación

Metodología según IPCC 1996

En una refinería básica el petróleo crudo se convierte en gran número de subproductos; los principales de una refinería pueden incluir combustibles líquidos, coque, materias primas y productos petroquímicos primarios (como el etileno). En esta sección se contemplan las refinерías básicas, no las síntesis de productos petroquímicos.

Como metodología general, para estimar las emisiones del sector se debe obtener la producción nacional de petróleo refinado en toneladas, a partir de la producción nacional de petróleo en m³ y de su densidad en [ton/m³], además su valor debe ser multiplicado por el factor de emisión asociado a cada tipo de gas.

Los factores de emisión utilizados son los siguientes:

Tabla 34: Factores de emisión

Factor de emisión [Kg/ton]	
CO	0,09
NOx	0,06
COVNM	0,62
SO ₂	0,93

Fuente: IPCC 1996

Fuente de información para realizar los cálculos

La producción nacional de petróleo y la densidad de éste son obtenidas a través del BNE de la CNE. Los factores de emisión considerados han sido los entregados por defecto por el IPCC 1996.

Cálculos y generación de series de tiempo

Las emisiones obtenidas para el periodo 1984 a 2006 utilizando la metodología descrita, se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 35: Emisiones en el tiempo de precursores de ozono y SO₂ de la refinación de petróleo

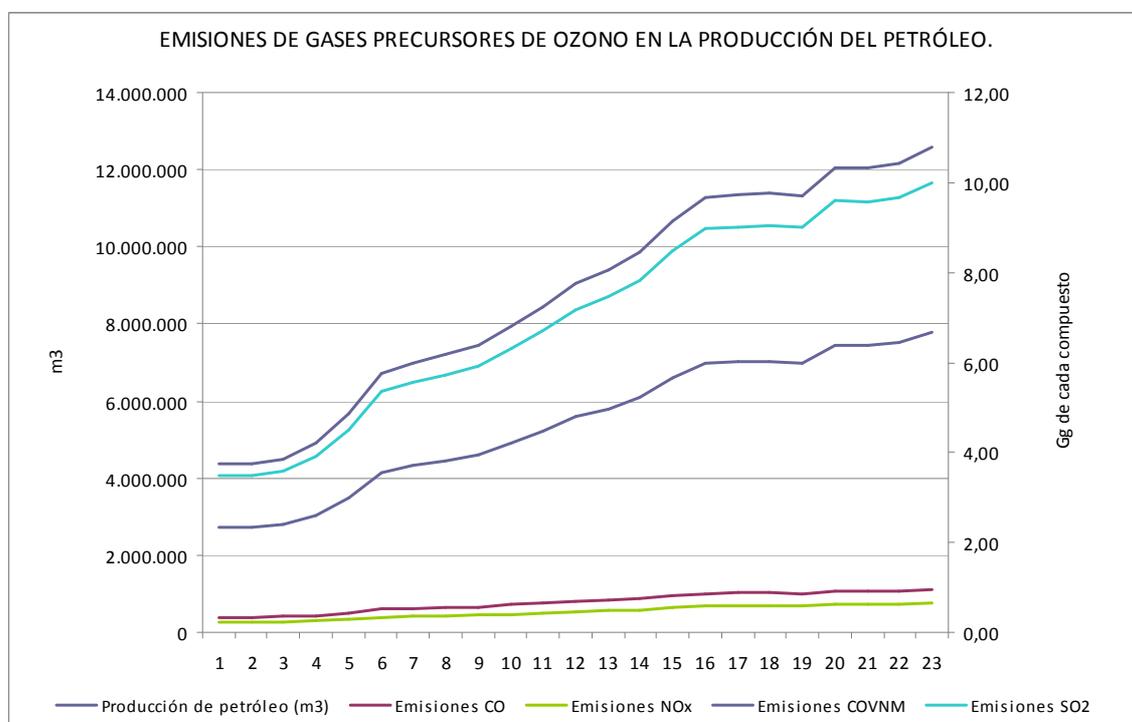
Año	Petróleo refinado [m ³]	Gg CO	Gg NOx	Gg COVNM	Gg SO ₂
1984	4.386.000	0,34	0,23	2,33	3,49
1985	4.385.000	0,34	0,22	2,32	3,49
1986	4.504.000	0,35	0,23	2,39	3,58
1987	4.911.000	0,38	0,25	2,60	3,90
1988	5.658.000	0,44	0,29	3,00	4,50
1989	6.720.000	0,52	0,34	3,56	5,34
1990	6.992.000	0,54	0,36	3,71	5,56

Inventario Nacional de Emisiones de GEI

Año	Petróleo refinado [m ³]	Gg CO	Gg NOx	Gg COVNM	Gg SO ₂
1991	7.214.000	0,56	0,37	3,82	5,74
1992	7.423.000	0,57	0,38	3,93	5,90
1993	7.927.000	0,61	0,41	4,20	6,30
1994	8.451.000	0,65	0,43	4,48	6,72
1995	9.033.000	0,70	0,46	4,79	7,18
1996	9.394.000	0,72	0,48	4,98	7,47
1997	9.852.340	0,76	0,51	5,22	7,83
1998	10.680.000	0,82	0,55	5,66	8,49
1999	11.291.000	0,87	0,58	5,99	8,98
2000	11.345.000	0,87	0,58	6,01	9,02
2001	11.375.000	0,88	0,58	6,03	9,04
2002	11.311.000	0,87	0,58	6,00	8,99
2003	12.053.000	0,93	0,62	6,39	9,58
2004	12.034.820	0,93	0,62	6,38	9,57
2005	12.173.394	0,94	0,62	6,45	9,68
2006	12.585.390	0,97	0,65	6,67	10,01

Fuente: BNE de la CNE y Elaboración propia.

Ilustración 11: Emisiones de gases precursores de ozono en la producción del petróleo



Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones

Las emisiones generadas dependen en su cálculo de dos variables, la producción de petróleo y el factor de emisión por tipo de gas generado. Así, las emisiones varían de la misma manera que lo hace la producción de los combustibles.

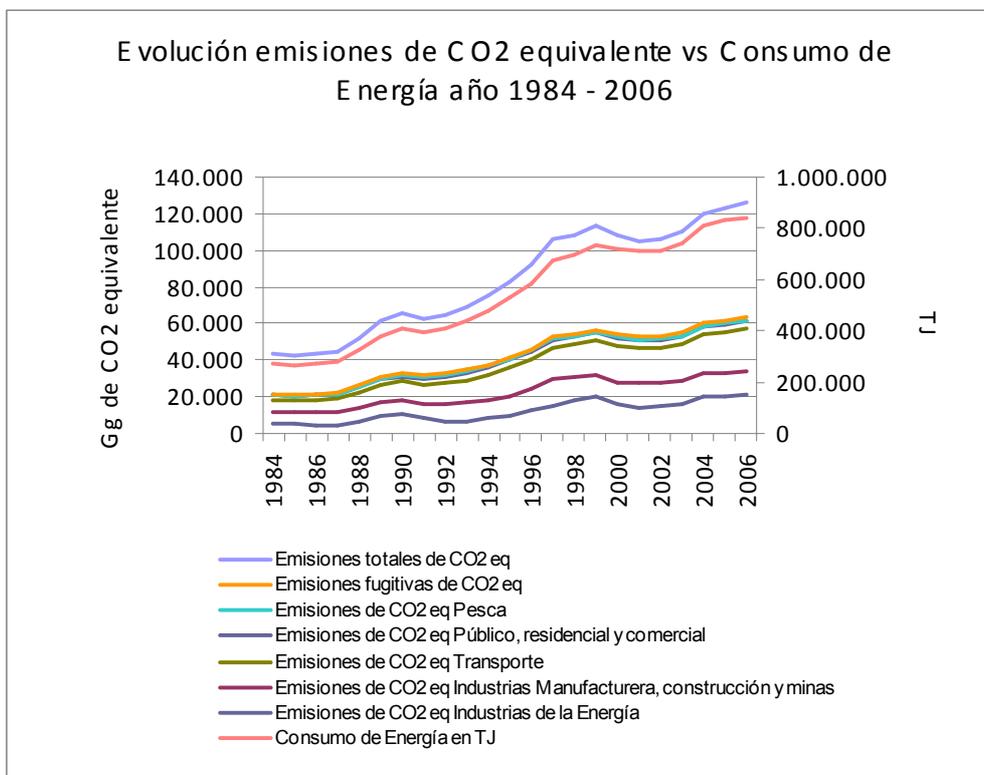
Como el valor de las emisiones depende del factor de emisión, el mayor peso de ellos corresponde al asociado a las emisiones fugitivas de SO₂, y como consecuencia es el que porcentualmente se libera en mayor cantidad.

Metodología para obtener la información de los inventarios en el futuro

La Producción nacional de Petróleo debe ser entregada en el BNE de la CNE.

2.3 Conclusiones análisis del Sector Energía

Ilustración 12: Evolución emisiones de CO₂ equivalente vs. Consumo de Energía años 1984 - 2006



Fuente: Elaboración propia.

A primera vista, se puede apreciar que la tendencia de las emisiones totales de CO₂ equivalentes es de crecimiento sostenido, cuyo incremento es prácticamente paralelo a la tendencia del consumo energético de las industrias mencionadas.

Por otra parte, en el año 1984 el nivel de emisiones totales de CO₂ equivalentes dejando fuera la biomasa y el biogás corresponde a un valor de 21.725 [Gg CO₂ equivalente], mientras que en el año 2006 el nivel de emisiones alcanza los 63.211 [Gg CO₂ equivalente], experimentándose un aumento del 191% entre estos años. En el año 1990 en particular las emisiones totales de CO₂ equivalentes corresponden a 32.714 [Gg CO₂ equivalente], lo que se traduce en un aumento del 93% entre los años 1990 y 2006.

Se debe mencionar que las emisiones totales de CO₂ equivalentes se deben principalmente a las emisiones de CO₂ como tal, ya que estas emisiones representan en promedio 97% durante la serie de tiempo, en contraste a las emisiones de CH₄ y N₂O, cuya suma representa aproximadamente un 3%.

Asimismo, se puede constatar que las contribuciones más considerables a las emisiones totales de CO₂ equivalentes provienen de la Industria del transporte, con un aporte del 35% en promedio, de la energía con un aporte del 27% en promedio, y a las Industrias Manufacturera, Construcción y Minas, con un aporte de 25% en promedio, durante los años 1984 y 2006.

Si se realiza un análisis más profundo, y se desglosan los tipos de industria involucrados en cada sector, se observa que las más influyentes en la emisión de gases son las de Electricidad pública y generación de calor y Transporte terrestre, participando en conjunto un 48%.

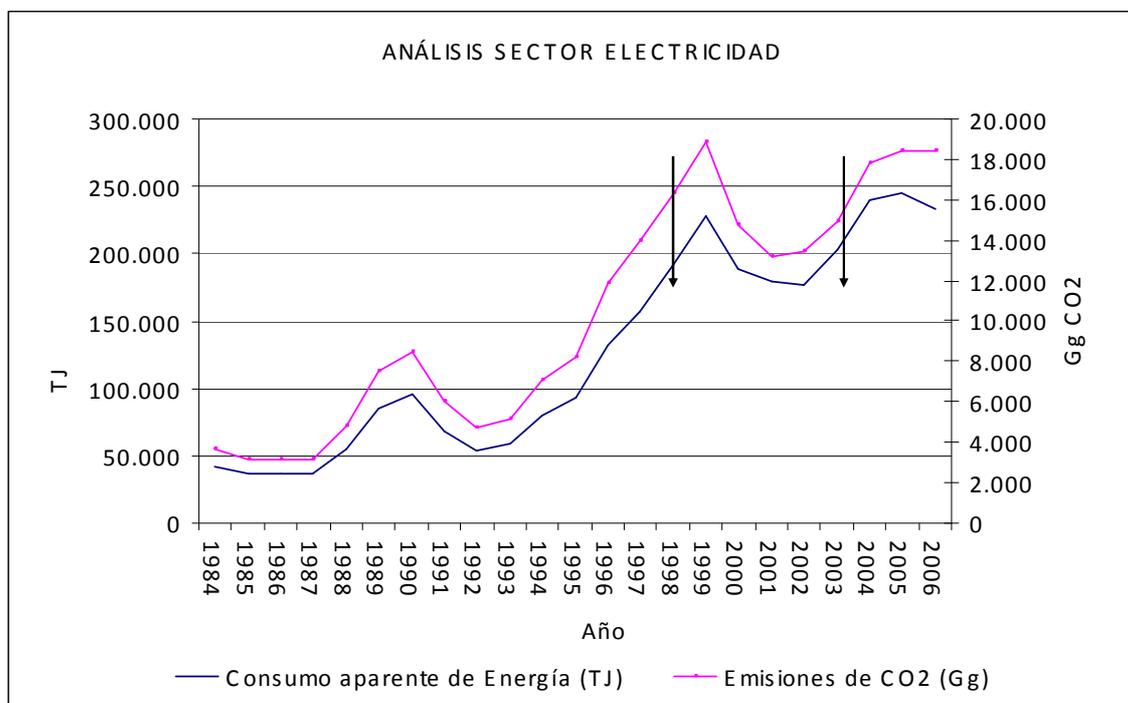
A continuación se realiza un análisis de ambas industrias con mayor profundidad.

- **Análisis sector Electricidad pública y generación de calor**

Las emisiones generadas en el sector eléctrico nacional han presentado variaciones a lo largo del tiempo. Dichas variaciones dependen directamente de la matriz de combustibles consumida en cada año para generar la electricidad demandada por el país. De esta manera, se ha decidido comparar dos años que representaron un consumo equivalente energético, para así poder evaluar directamente los cambios producidos en la matriz utilizada y determinar así su incidencia en la producción de emisiones.

El siguiente gráfico muestra el consumo energético nacional y las emisiones del sector, incluidas las emisiones debido al consumo de leña y biomasa, en Gg de CO₂ equivalente para los años 1984 a 2006:

Ilustración 13: análisis sector electricidad



Como se aprecia en el gráfico, se ha definido comparar los años 1998 y 2003, representados por las flechas dibujadas. En el primer año se observa que las emisiones de CO₂ equivalente tienen una tasa de crecimiento mayor a la tendencia en el crecimiento del consumo; en el segundo año se aprecia que las emisiones tienden a crecer a una tasa equivalente al consumo energético. Se infiere que la única explicación atribuible a que la generación de emisiones de CO₂ sea mayor en 1998 que en 2003, se debe a la manera de diversificar la matriz de combustible que se utilizó en el país.

Al respecto, los consumos específicos de energía por combustible y las emisiones generadas por ellos se detallan en las siguientes tablas:

Tabla 36: Consumo de energía y emisiones asociadas por tipo de combustible. Sector eléctrico. Año 1998

1998		
Combustible	Consumo energía (TJ)	Emisiones (GgCO2 eq)

1998		
Combustible	Consumo energía (TJ)	Emisiones (GgCO2 eq)
CARBON	115.887	10.797
GAS NATURAL	33.838	1.891
LEÑA	17.035	1.713
PETRÓLEO COMBUSTIBLE	16.331	1.255
DIESEL	7.780	572
COKE	1.842	172
OTROS	31	2
TOTAL	192.744	16.401

Otros: Gas Corriente

Tabla 37: Consumo de energía y emisiones asociadas por tipo de combustible. Sector eléctrico. Año 2003

2003		
Combustible	Consumo energía (TJ)	Emisiones (GgCO2 eq)
CARBON	58.310	5.432
GAS NATURAL	107.207	5.990
LEÑA	17.115	1.721
PETROLEO COMBUSTIBLE	3.186	245
DIESEL	1.965	145
COKE	14.661	1.366
OTROS	608	40
TOTAL	203.051	14.939

Otros: Gas licuado, Gas refinería

Las tablas anteriores muestran que en el año 1999 el 60% de la energía producida se obtiene a partir del consumo de carbón y un 18% del consumo de Gas natural, sin embargo para el año 2003 se invierte la matriz de consumo de combustibles; así, un 29% de la energía se produce a partir del carbón y un 53% del Gas Natural, entre otros.

Producto de lo anterior se produce un cambio de la fuente predominante en la generación de emisiones pasando del carbón en 1999 a gas Natural en el 2003, sin embargo los porcentajes de emisiones de gases asociados a las fuentes no muestran tan pronunciado cambio, así en 1999 el carbón genera un 66% de las emisiones y el Gas natural un 12%, mientras que en 2003 el gas natural genera un 40% de la emisiones y el carbón un 36%.

Los siguientes gráficos dan cuenta de lo anteriormente señalado y muestran, de manera mas clara, el cambio de la matriz de combustibles para la obtención de energía y la influencia de cada combustible en la generación de emisiones.

Ilustración 14: Comparación consumo aparente de energía. Sector electricidad

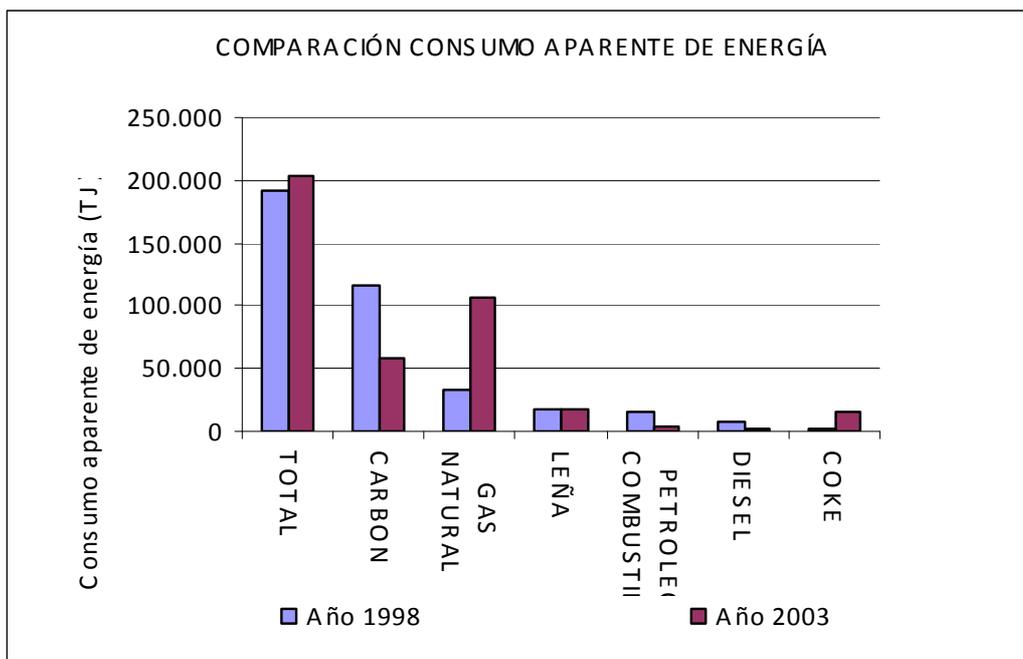
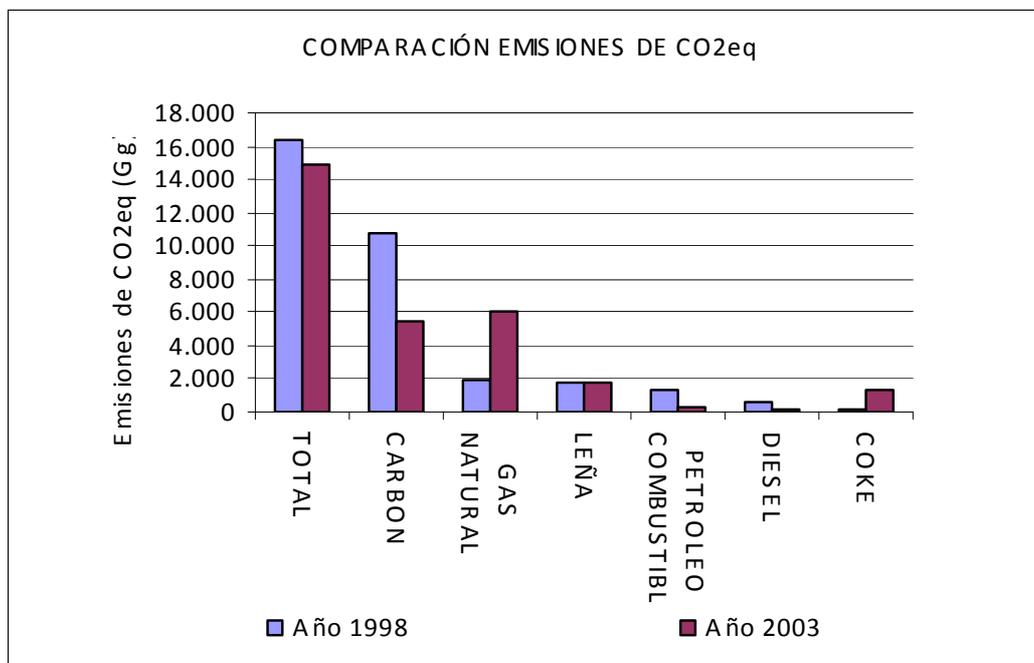


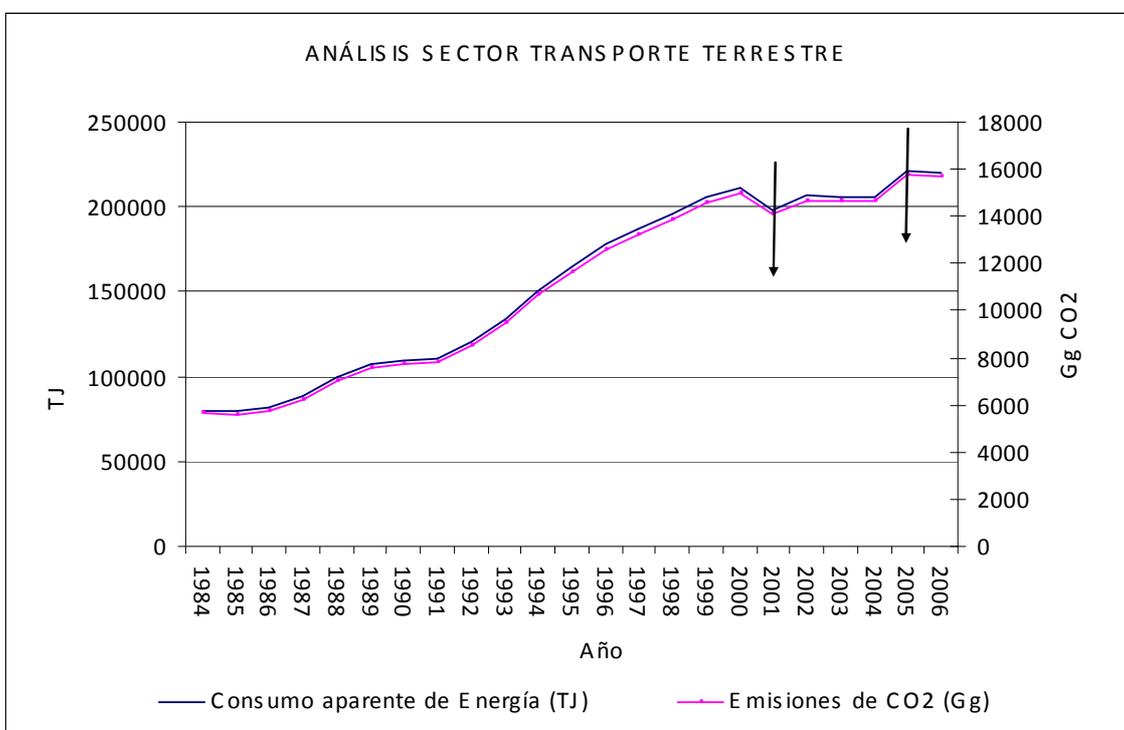
Ilustración 15: Comparación emisiones de CO2eq. Sector electricidad



• **Análisis sector Transporte terrestre**

Para este sector el análisis sufre una gran diferencia con respecto al sector eléctrico, debido a que las emisiones de GEI siguen absolutamente la tendencia de la curva de consumo aparente de energía, no mostrando una variación importante entre un año y otro. La tendencia de ambas curvas y sus valores absolutos se presentan en el siguiente gráfico:

Ilustración 16: Análisis sector transporte terrestre



En este sentido, se ha determinado comparar dos años en los cuales el consumo de combustibles y la generación de gases presentan la mayor diferencia, siempre enfocándose a lo sucedido en los últimos años. Por este motivo se comparan los años 2001 y 2006, tal como muestran las flechas del gráfico anterior.

Tabla 38: Consumo de energía y emisiones asociadas por tipo de combustible. Sector transporte terrestre. Año 2001

2001		
Combustible	Consumo energía (TJ)	Emisiones (GgCO ₂)
DIESEL	101.147	7.446
GASOLINA	96.986	6.713
OTROS	418	23
TOTAL	198.551	14.183

Otros: Gas natural

Tabla 39: Consumo de energía y emisiones asociadas por tipo de combustible. Sector transporte terrestre. Año 2005

2005		
Combustible	Consumo energía (TJ)	Emisiones (GgCO ₂)
DIESEL	125.871	9.267
GASOLINA	93.621	6.480
OTROS	1.921	117
TOTAL	221.413	15.864

Otros: Gas natural, kerosene, gas licuado, nafta y petróleo combustible

Las tablas anteriores muestran que en el año 2001 el 51% de la energía producida se obtiene a partir del consumo de diesel y un 49% del consumo de gasolina, sin embargo para el año 2005 aumenta el consumo de diesel llegando a un 57% mientras que el consumo de gasolina disminuye a un 42% del total.

Aún cuando varía la fuente de combustibles a utilizar, se logra determinar que las emisiones asociadas a cada combustible y en cada uno de los años estudiados varían proporcionalmente al cambio en su consumo, tal como se observa en las siguientes figuras:

Ilustración 17: Comparación consumo aparente de energía. Sector transporte terrestre

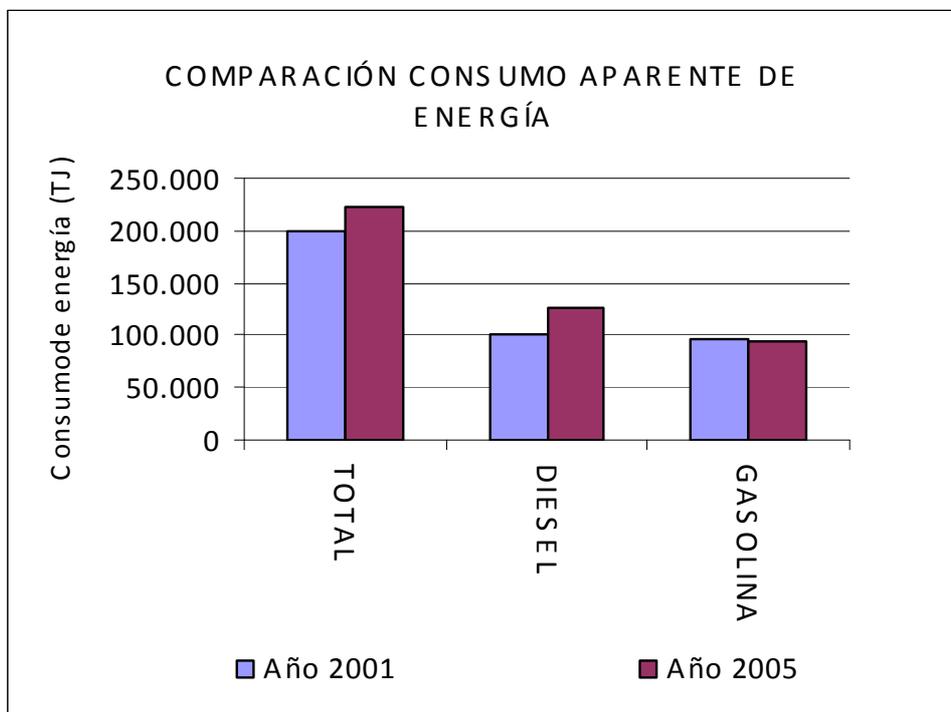
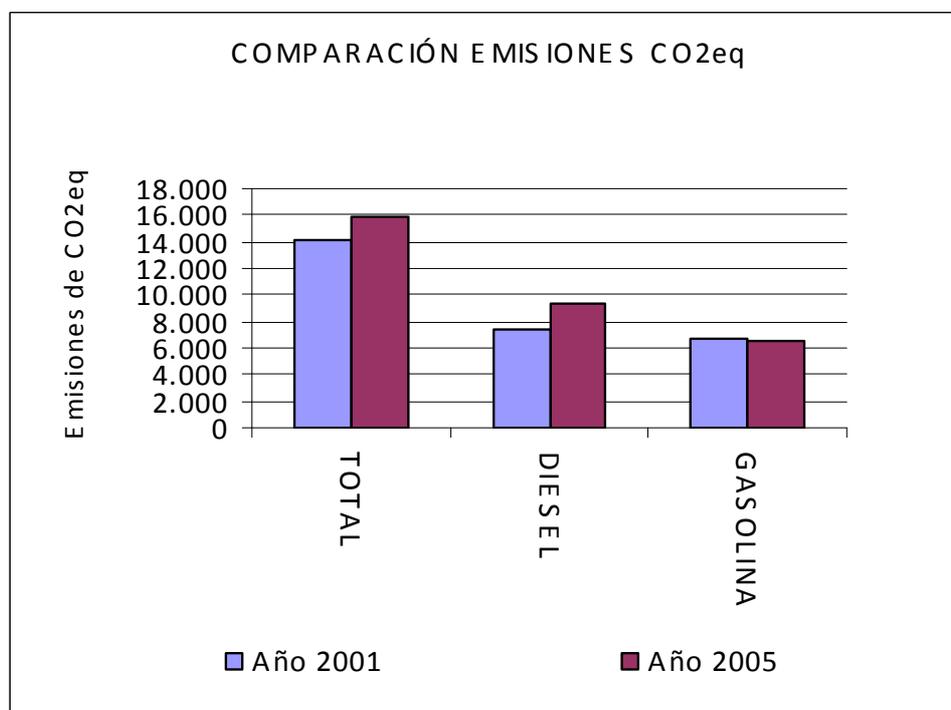


Ilustración 18: Comparación emisiones CO₂eq. Sector transporte terrestre



Así, en 2001 el diesel genera un 53% de las emisiones y la gasolina un 47%, mientras que en el 2005 la gasolina genera un 41% de las emisiones y el diesel un 58%, es decir una producción de gases acorde al aumento o disminución de su consumo.

Se puede concluir que en el sector transporte los pequeños cambios en la matriz de combustibles entre gasolina y diesel no han generado una modificación significativa en los porcentajes de la matriz de emisiones.

3. EMISIONES EN PROCESOS INDUSTRIALES

Las emisiones generadas por industrias manufactureras a nivel mundial se deben a la utilización de energía en sus procesos productivos y a la transformación física y/o química de materias primas. Durante los procesos se pueden generar emisiones de CO₂, COVNM, SO₂, N₂O, PFC entre otros.

Las emisiones asociadas al uso energético a nivel país fueron estimadas en el capítulo anterior, por consiguiente esta sección está enfocada a estimar las emisiones debido al proceso productivo de transformación tanto física como química de diferentes insumos.

La metodología general utilizada para estimar las emisiones de GEI se basa en la multiplicación de los datos de producción / consumo del producto industrial por el correspondiente factor de emisión por unidad de producción / consumo. Los cálculos realizados se basan en las directrices señaladas por el IPCC descritas en su libro de trabajo: "Directrices del IPCC para los inventarios de gases efecto invernadero 1996".

Las emisiones son mostradas en el horizonte de tiempo comprendido entre el año 1984 a 2006. Si bien existen variadas fuentes de información, tanto gubernamentales como asociaciones privadas capaces de entregar de manera segura y confiable datos estadísticos de producción anual, requisito indispensable para cuantificar emisiones, no siempre se dispone de los valores para el horizonte de tiempo en el cual se está trabajando. No obstante aquello, en los casos y años en que sea necesario, se trabajará con datos estimativos; para lograr así cuantificar las emisiones de GEI para cada uno de los productos industriales analizados en el horizonte de tiempo establecido.

3.1 Producción de cemento

Metodología según IPCC 1996

El proceso de producción de cemento genera emisiones de CO₂, asociadas a la producción de clinker, y emisiones de SO₂, provenientes del azufre presente en el combustible y en la arcilla utilizada como materia prima.

El IPCC especifica distintos factores de emisión de CO₂, dependiendo de si se conoce la producción de clinker o la producción de cemento.

Fuente de información para realizar los cálculos

Para la estimación de emisiones se considera la producción anual de cemento entregada por Instituto del Cemento y del Hormigón de Chile (ICH).

Cálculos y generación de series de tiempo

Se ha considerado usar el factor correspondiente a la producción anual de cemento, siendo éste 0,4985 [t CO₂/t cemento producido].

El factor de emisión indicado por el IPCC para las emisiones de SO₂ es de 0,3 [Kg SO₂/t cemento producido].

La siguiente tabla muestra la producción anual y las emisiones asociadas a la industria del cemento:

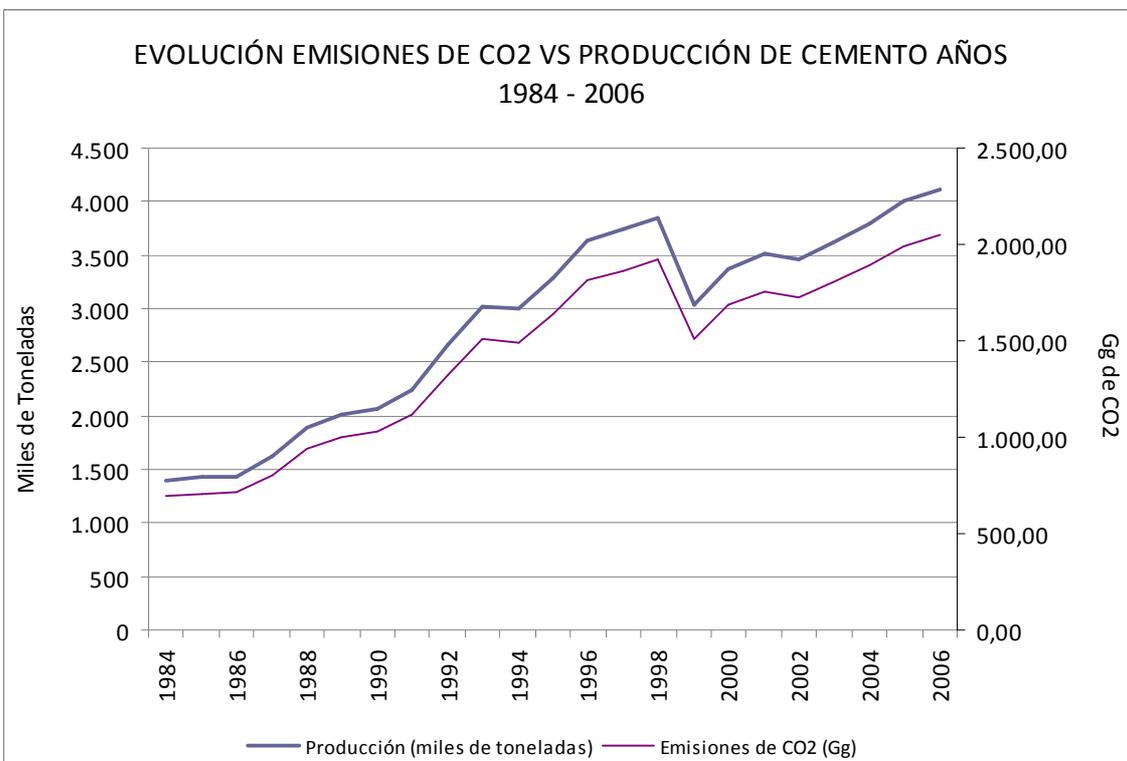
Tabla 40: Emisiones asociadas a producción de cemento

Año	Producción [miles de t anuales]	Emisiones de CO₂ [Gg CO₂]	Emisiones de SO₂ [Gg SO₂]
1984	1.400	697,90	0,42
1985	1.425	710,36	0,43
1986	1.437	716,34	0,43
1987	1.618	806,57	0,49
1988	1.883	938,68	0,56
1989	2.007	1.000,49	0,60
1990	2.069	1.031,40	0,62
1991	2.235	1.114,15	0,67
1992	2.659	1.325,51	0,80
1993	3.022	1.506,47	0,91
1994	2.995	1.493,01	0,90
1995	3.275	1.632,59	0,98
1996	3.634	1.811,55	1,09
1997	3.735	1.861,90	1,12
1998	3.848	1.918,23	1,15
1999	3.036	1.513,45	0,91
2000	3.377	1.683,43	1,01
2001	3.513	1.751,23	1,05
2002	3.462	1.725,81	1,04
2003	3.622	1.805,57	1,09
2004	3.798	1.893,30	1,14
2005	3.999	1.993,50	1,20
2006	4.112	2.049,83	1,23

Fuente: Instituto Chileno del Cemento y Elaboración propia.

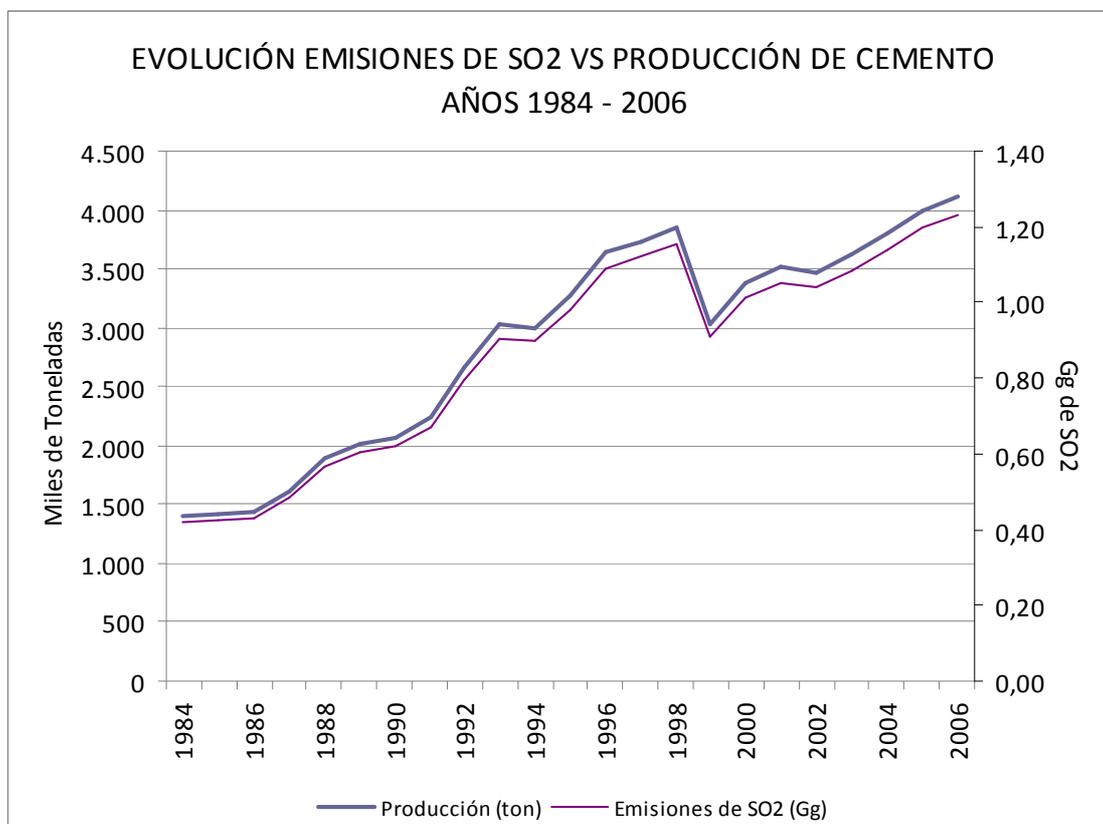
Los siguientes gráficos muestran la evolución de las emisiones de CO₂ y SO₂ en el tiempo:

Ilustración 19: Evolución emisiones de CO2 vs. producción de cemento años 1984 - 2006



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 20: Evolución emisiones de SO₂ vs. producción de cemento años 1984 - 2006



Fuente: Elaboración propia

Conclusiones

La variación de las emisiones generadas por la industria del cemento es absolutamente proporcional al crecimiento de la producción anual del producto; más aún, el aumento de la industria en términos de producción y de emisiones, tanto de CO₂ como de SO₂, desde el año 1984 a 2006 corresponde a un 194%.

Se observa que en el periodo estudiado, la industria cementera ha tenido sólo por un periodo anual producción menor al año precedente, siendo esto en 1999, el resto del periodo su curva de emisiones es ascendente en el tiempo.

Metodología de obtención de datos de los inventarios a futuro

Se debe solicitar al Instituto del Cemento y del Hormigón de Chile (ICH) la producción anual de cemento.

3.2 Producción de cal

Metodología según IPCC 1996

La producción de cal comprende una serie de operaciones, entre los que se encuentran: extracción, trituración y clasificación volumétrica de la materia prima, calcinación (procesamiento a temperaturas elevadas, aproximadamente 1100°C), hidratación y finalmente operaciones de transferencia, almacenamiento y manipulación.

Las emisiones generadas por esta industria son exclusivamente de dióxido de carbono (CO₂), y se producen durante el proceso de calcinación, según la siguiente reacción:



La estimación de las emisiones generadas por esta industria se basa en información entregada por el IPCC 1996, en donde relaciona un factor de emisión, en toneladas de CO₂ por toneladas de cal producida, con la producción anual de cal.

Fuente de información para realizar los cálculos

Respecto a información de producción nacional de cal en sí sólo se obtuvo de la empresa INACESA para toda la serie de tiempo, y para SOPROCAL (años 2000 al 2006).

La producción de cal de la industria de la celulosa se estimó a partir de la información de producción de Arauco y CMPC para el año 2001 y 2002, y se sustituyeron el resto de los años a partir de la tendencia en la producción de celulosa, entregada por el Instituto Forestal (INFOR).

La producción de cal de CODELCO no se consideró, debido a que fue imposible conseguir la información.

Cálculos y generación de series de tiempo

Los factores mostrados por el IPCC 1996 diferencian la cal producida a partir de dolomita con la generada a partir de calcita. En Chile, según datos señalados por Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN), la producción de dolomita sólo es consumida en actividades agrícolas, en las cuales no requiere ser procesada a grandes temperaturas y en consecuencia ser transformada a cal. Por esta razón, se define que en toda la producción de cal nacional se usa como materia prima, calcita. Las emisiones de CO₂ generadas multiplicando la producción de cal por el factor 0,79 [t CO₂/t cal producida].

Dado que sólo se obtuvo información de producción nacional de cal para INACESA y SOPROCAL (años 2000 a 2006), para estimar estadísticas nacionales de producción de cal para los años en estudio se ha decidido utilizar los datos publicados en el inventario nacional de GEI 2001 realizado por DICTUC, en donde se especifica la producción de cal de todas las empresas nacionales pertenecientes a este rubro. Los datos utilizados son los siguientes:

Tabla 41: Producción de cal entregada por empresas

Empresa	Producción [t/año]	Año
Arauco (Lincacel, Constitución)	109.121	2002
Arauco (I y II)	162.548	2001
CMPC	233.944	2002

Fuente: Inventario Nacional de Emisiones DICTUC, 2001.

Las empresas mencionadas producen cal para abastecerse de este insumo en sus propios procesos productivos; al respecto, Arauco y CMPC producen celulosa, y debido a esto con los datos precedentes se ha determinado la producción de cal de las industrias mencionadas para los años 1984 a 2006 en forma proporcional a las tendencias de crecimiento anual de producción de sus productos principales. Los resultados estimados se muestran a continuación:

Tabla 42: Estimación de producción de cal por empresas

Año	Inacesa [t]	SOPROCAL [t]	Arauco (I y II) [t]	Arauco (Lincacel, Constitución) + CMPC [t]	TOTAL [t]
1984	2.946		46.633	98.589	148.167
1985	7.956		48.584	102.715	159.255
1986	5.398		49.574	104.808	159.780
1987	29.463		50.771	107.338	187.572
1988	44.905		51.854	109.627	206.385
1989	80.590		48.420	102.368	231.379
1990	65.490		45.892	97.023	208.404
1991	94.257		66.526	140.647	301.431
1992	96.720		106.791	225.774	429.285
1993	128.170		119.413	252.457	500.040
1994	154.707		125.609	265.558	545.875
1995	183.379		137.369	290.420	611.168
1996	153.775		137.633	290.977	582.385
1997	159.191		133.081	281.355	573.627
1998	246.880		141.009	298.115	686.004
1999	236.254		147.020	310.825	694.099
2000	244.714	89.844	158.118	334.286	826.961
2001	212.202	94.692	162.548	343.652	813.094
2002	273.939	93.581	162.270	343.065	872.855
2003	360.751	66.662	164.842	348.501	940.756
2004	408.617	59.729	201.695	426.414	1.096.455
2005	453.196	98.582	196.459	415.346	1.163.584
2006	498.845	54.351	211.567	447.286	1.212.048

Fuente: Elaboración propia y entrega de información de empresas.

Los siguientes son los resultados obtenidos:

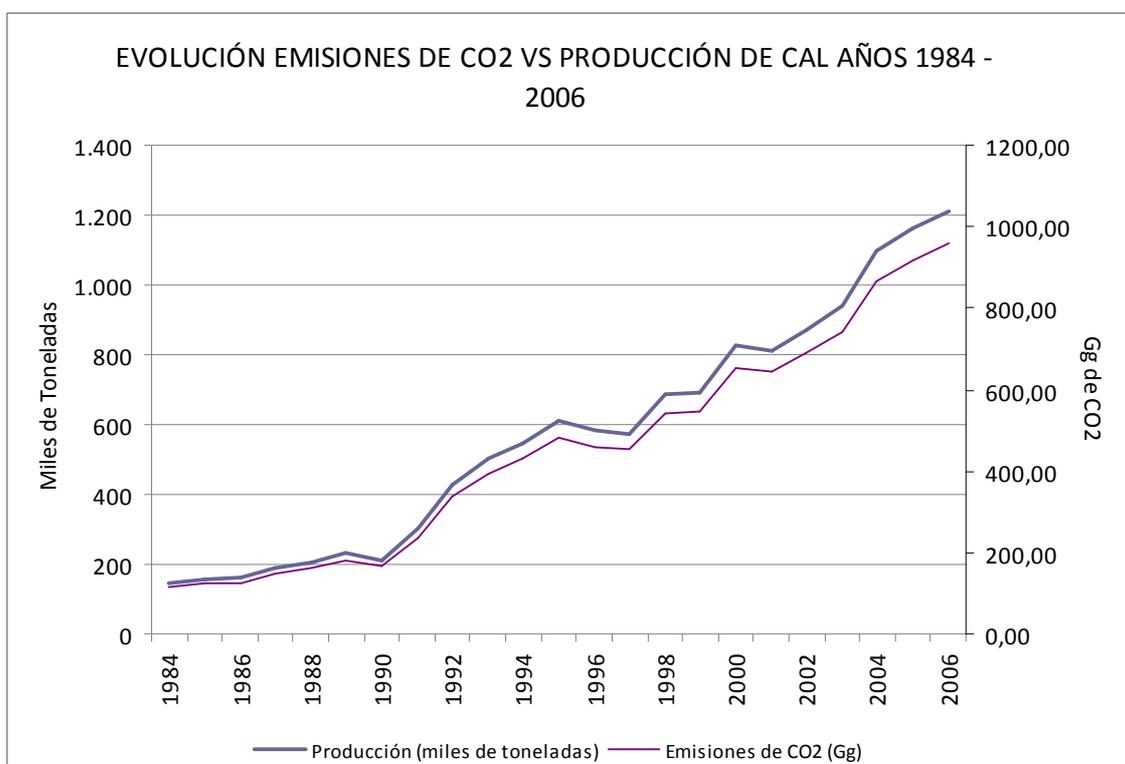
Tabla 43: Emisiones asociadas a la industria de cal

Año	Emisiones de CO₂ [Gg CO₂]
1984	117,05
1985	125,81
1986	126,23
1987	148,18
1988	163,04
1989	182,79
1990	164,64
1991	238,13
1992	339,13
1993	395,03
1994	431,24
1995	482,82
1996	460,08
1997	453,17
1998	541,94
1999	548,34
2000	653,30
2001	642,34
2002	689,56
2003	743,20
2004	866,20
2005	919,23
2006	957,52

Fuente: Elaboración propia.

El siguiente gráfico muestra la evolución de las emisiones de CO₂ en el tiempo.

Ilustración 21: Evolución emisiones de CO₂ vs. producción de Cal años 1984 - 2006



Fuente: Elaboración propia

Conclusiones

Se infiere que la industria ha incrementado sus emisiones proporcionalmente al aumento de producción de cal; las emisiones de CO₂ a la atmósfera han crecido en un 780% a partir de lo generado en el año 1984.

Metodología de obtención de datos de los inventarios a futuro

Se debe solicitar la producción anual de cal a INACESA, SOPROCAL, Arauco y CMPC. En caso de no obtener la información de INACESA, se debe obtener el índice de producción de cemento del Instituto de Cemento y Hormigón de Chile (ICH) para utilizar el método de sustitución del IPCC, en el cual se correlaciona la producción con datos indicativos confiables; en caso de no obtener información de cal de SOPROCAL, se debe considerar producción igual a cero y en caso de no tener información de cal de Arauco y/o CMPC, se debe considerar el índice de producción de celulosa del Instituto Forestal (INFOR) para utilizar el método de sustitución.

3.3 Utilización de caliza y dolomita

3.3.1 Caliza

Existen diferentes aplicaciones industriales en las cuales la piedra caliza es sometida a elevadas temperaturas, y como consecuencia genera y emite dióxido de carbono.

Para calcular dichas emisiones se contabiliza la caliza producida a nivel nacional, exceptuando la utilizada en la producción de cemento, cal y la disponible para actividades y procesos agrícolas; la estimación de GEI de las dos primeras se considera en los puntos 2.1 y 2.2, y la tercera actividad no genera emisiones de CO₂.

La producción nacional de caliza fue entregada por el Instituto Nacional de Estadísticas (INE) y se supuso que existe un mínimo porcentaje del total nacional que es utilizada como insumo en aplicaciones industriales diferentes a la producción de cemento, cal y actividades agrícolas (COCHILCO). Por lo tanto, se ha considerado que dichas emisiones asociadas a la caliza son despreciables.

Dado que la cantidad caliza que es utilizada como insumo en aplicaciones industriales diferentes a la producción de cemento, cal y actividades agrícolas es mínima, no se estiman emisiones asociadas a la utilización de caliza.

3.3.2 Dolomita

Según información entregada por SERNAGEOMIN, la producción nacional de Dolomita es utilizada para actividades agrícolas que no emiten dióxido de carbono al medioambiente, por lo que no se generan emisiones debido a su producción y consumo en Chile.

3.4 Uso de Carbonato sódico

Metodología según IPCC 1996

Las emisiones de CO₂ asociadas al carbonato sódico pueden generarse tanto en su proceso de producción como en su utilización.

El IPCC 1996 entrega factores de emisión específicos para estimar las emisiones asociadas a la producción y al consumo.

Fuente de información para realizar los cálculos

El valor de las importaciones y exportaciones de Carbonato Sódico fue obtenido a través del Servicio Nacional de Aduanas.

Cálculos y generación de series de tiempo

A nivel nacional no existen antecedentes de producción de Carbonato Sódico (según Anuarios de COCHILCO y SERNAGEOMIN), por lo que las emisiones asociadas a este producto industrial sólo se generan a partir de su consumo.

Para calcular las emisiones de dióxido de carbono es necesario determinar la cantidad de carbonato sódico consumida en Chile. Actualmente no existe producción, pero si reportes de exportación e importación, y se ha definido que el consumo nacional es equivalente a la diferencia entre importación y exportación del producto (consumo neto en ese año). Para estimar la generación total de emisiones se utiliza el factor de emisión otorgado por el IPCC, 415 [kg CO₂/t carbonato sódico utilizado].

La siguiente tabla muestra los resultados obtenidos:

Tabla 44: Emisiones asociadas a utilización de Carbonato Sódico

Título	Consumo neto [t]	Emisiones de CO ₂ [Gg CO ₂]
1984	0	0
1985	0	0
1986	0	0
1987	0	0
1988	0	0
1989	0	0
1990	27,26	0,01
1991	0,48	0,00
1992	9,94	0,00
1993	208,51	0,09
1994	0,10	0,00
1995	3,26	0,00
1996	2,6	0,00
1997	100,21	0,04
1998	42,74	0,02
1999	13,97	0,01
2000	1,71	0,00
2001	9,91	0,00
2002	81,64	0,03
2003	5.989,91	2,49
2004	15,98	0,01
2005	146,41	0,06
2006	208,02	0,09

Fuente: Servicio Nacional de Aduana y Elaboración propia.

Conclusiones

Se puede apreciar que el consumo neto de carbonato sódico no sigue una tendencia definida en el tiempo, ni a largo ni a corto plazo. Además las emisiones generadas siguen

una tendencia proporcional al consumo neto y se observa que para el año 2003 éstas alcanzaron su máximo nivel.

Metodología de obtención de datos de los inventarios a futuro

Se debe obtener las importaciones y exportaciones de Carbonato Sódico del Servicio Nacional de Aduanas.

3.5 Producción y utilización de productos minerales varios

3.5.1 Producción y pavimentación de Asfalto

Metodología según IPCC 1996

Las emisiones de gases de efecto invernadero por producción y utilización de asfalto provienen de la pavimentación asfáltica y de la producción de materiales asfálticos para techos. La materia prima utilizada en las actividades mencionadas es el cemento asfáltico y principalmente se utiliza en la pavimentación.

Las emisiones asociadas a la pavimentación con asfalto se generan en el proceso de fabricación del asfalto y en las actividades de pavimentación propiamente tal. El proceso de fabricación de asfalto consiste en calentar el cemento asfáltico y posteriormente mezclarlo con material inerte, como gravilla u otro material. Este proceso genera emisiones de SO₂, NO_x, CO y COVNM. La pavimentación misma genera emisiones de COVNM atribuibles al uso de parafina o compuestos similares para imprimir el suelo.

El IPCC entrega factores de emisión asociados al proceso de producción del asfalto y para la pavimentación, los cuales se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 45: Factores de emisión asociados a la pavimentación con asfalto

GEI	Factor de emisión [kg/t asfalto]
Planta de asfalto	
SO ₂	0,12
NO _x	0,084
CO	0,035
COVNM	0,023
Pavimentación	
COVNM	320

Fuente: IPCC 1996.

La estimación de emisiones se realiza multiplicando los factores de emisión por las toneladas anuales de asfalto pavimentado.

Fuente de información para realizar los cálculos

Se tomó información proporcionada por el Ministerio de Obras Públicas (MOP) respecto a kilogramos de asfalto utilizados por kilómetro pavimentado y el total de kilómetros pavimentados al año desde el año 1998 al 2006.

Cálculos y generación de series de tiempo

Considerando la baja disponibilidad de información respecto de la totalidad de cemento asfáltico nacional producido, sólo se contabilizarán emisiones asociadas a la pavimentación.

Respecto a la pavimentación con asfalto, a nivel nacional, se está reemplazando el uso de compuestos que generan emisiones de COVNM por emulsiones en base acuosa, las cuales no generarían emisiones de COVNM. Sin embargo, considerando un enfoque conservador, se cuantifican emisiones de COVNM producto de la pavimentación.

Se determina el total de asfalto pavimentado tomando información proporcionada por el Ministerio de Obras Públicas (MOP) respecto a los kilogramos de asfalto utilizados por kilómetro pavimentado y el total de kilómetros pavimentados al año. Los valores fueron obtenidos para los años 1998 en adelante, por lo que la estimación se realizará sólo para ese periodo. La siguiente tabla muestra la información entregada por el MOP.

Tabla 46: Información de distancia pavimentada y cantidad de asfalto por kilómetro

Año	Distancia pavimentada [Km ²]	Asfalto por kilómetro pavimentado [kg/km ²]
1998	11,2	100
1999	5,4	
2000	5,4	
2001	3,7	
2002	4,8	
2003	2,4	
2004	3,4	
2005	2,9	
2006	4,2	

Fuente: MOP

Para los años en que no se cuenta con información se considera que las emisiones son igual a cero.

La siguiente tabla muestra la cuantificación de emisiones asociadas a la producción de asfalto para pavimentar y a concepto de pavimentación propiamente tal:

Tabla 47: Emisiones asociadas a la producción de asfalto para pavimento

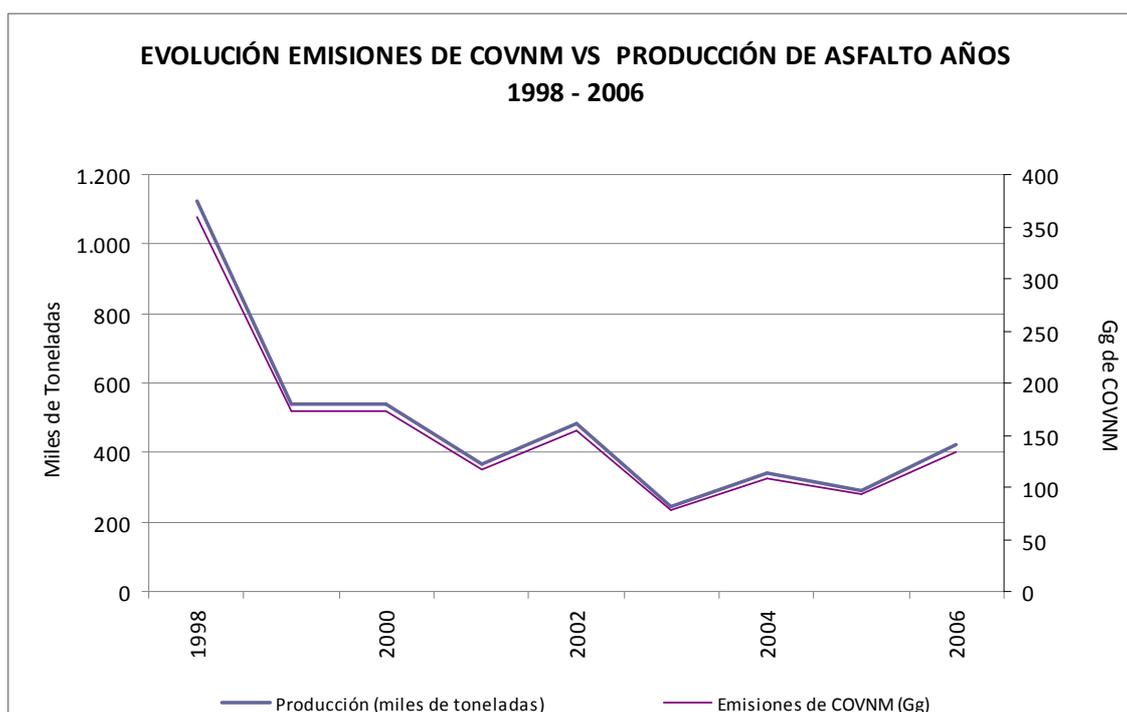
Año	Asfalto total pavimentado [t]	Emisiones SO ₂ [Gg SO ₂]	Emisiones NO _x [Gg NO _x]	Emisiones CO [Gg CO]	Emisiones [Gg COVNM]
1998	1.121.428	0,13	0,09	0,04	358,88
1999	540.953	0,06	0,05	0,02	173,12
2000	539.854	0,06	0,05	0,02	172,77

Año	Asfalto total pavimentado [t]	Emisiones SO ₂ [Gg SO ₂]	Emisiones NO _x [Gg NO _x]	Emisiones CO [Gg CO]	Emisiones [Gg COVNM]
2001	365.827	0,04	0,03	0,01	117,07
2002	480.788	0,06	0,04	0,02	153,86
2003	243.222	0,03	0,02	0,01	77,84
2004	339.605	0,04	0,03	0,01	108,68
2005	291.711	0,04	0,02	0,01	93,35
2006	420.707	0,05	0,04	0,01	134,64

Fuente: MOP y Elaboración propia.

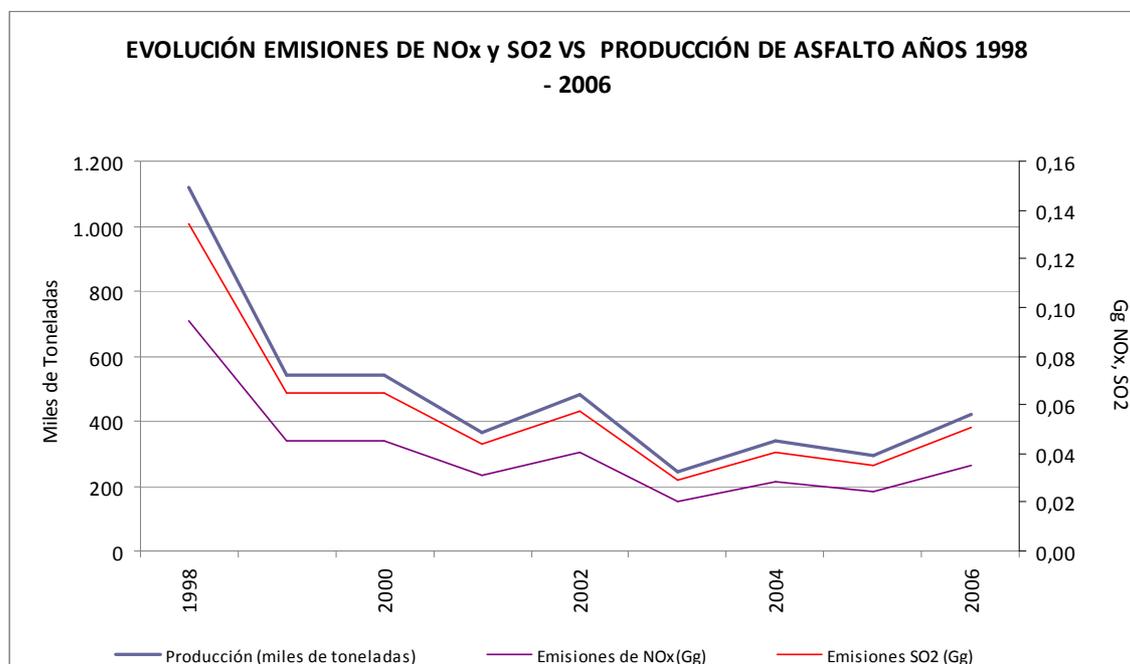
Los siguientes gráficos muestran la evolución de las emisiones asociadas a la pavimentación con asfalto.

Ilustración 22: Evolución emisiones de COVNM vs. producción de Asfalto años 1984 - 2006



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 23: Evolución emisiones de NOx y SO2 vs. producción de Asfalto años 1984 - 2006



Fuente: Elaboración propia

Conclusiones

Los gráficos anteriores muestran que desde el año 1998 en adelante la cantidad de asfalto producido y utilizado para efectos de pavimentación ha disminuido en el tiempo, mostrando quiebres bruscos año a año. Se observa además la gran diferencia para el año 1998 con respecto a los demás años, mostrando por ejemplo una disminución de producción y por ende de emisiones de todos los gases generados de un 62,5% con respecto al 2006.

Es de notar la variabilidad entre las emisiones y la producción en esta industria, y la razón de esto proviene básicamente de los datos de pavimentación del asfalto, y esta información es entregada de esta manera por el MOP.

Se aprecia la magnitud de las emisiones de COVNM generadas comparadas al resto de los gases liberados, es notoriamente mayor. Si bien, se producen emisiones en el proceso de producción, se determina la gran cantidad de COVNM liberados por efectos propios de pavimentación, dejando casi despreciables las emisiones en la producción.

Metodología de obtención de datos de los inventarios a futuro

Obtener del Ministerio de Obras Públicas (MOP) los kilogramos de asfalto utilizados por kilómetro pavimentado y el total de kilómetros pavimentados al año.

3.5.2 Producción de Vidrio

Metodología según IPCC 1996

La producción nacional de vidrio genera específicamente emisiones de COVNM, así, la cuantificación de emisiones generadas por este rubro industrial implica el conocimiento de producción del material a nivel nacional y del valor del factor de emisión por defecto entregado por el IPCC.

El factor de emisión utilizado es de 4,5 [Kg COVNM/t producto], valor por defecto del IPCC.

Fuente de información para realizar los cálculos

Se obtuvo el índice de producción física industrial del sector económico “fabricación de vidrio y productos de vidrio” de la SOFOFA.

Cálculos y generación de series de tiempo

Para el caso de la obtención de cifras de producción, no se tuvo acceso a información detallada por empresas productoras para los años requeridos. Sin embargo y de acuerdo a estadísticas recopiladas en el Inventario Nacional 2001 desarrollado por DICTUC, se poseen datos de producción de vidrio para el año 2001; datos que fueron entregadas por diversas empresas del rubro a tal entidad.

A partir de lo anterior y basándose en el método de sustitución, señalado por el IPCC, en el cual se correlaciona la producción con datos indicativos confiables, en este caso índices de producción física industrial del sector económico “fabricación de vidrio y productos de vidrio” entregados por la SOFOFA, se obtuvo la estimación de producción requerida (ver detalle en Anexo 1)

La siguiente tabla muestra la producción estimada y la cuantificación de emisiones de COVNM generadas por este sector industrial:

Tabla 48: Emisiones GEI asociadas a la producción de vidrio

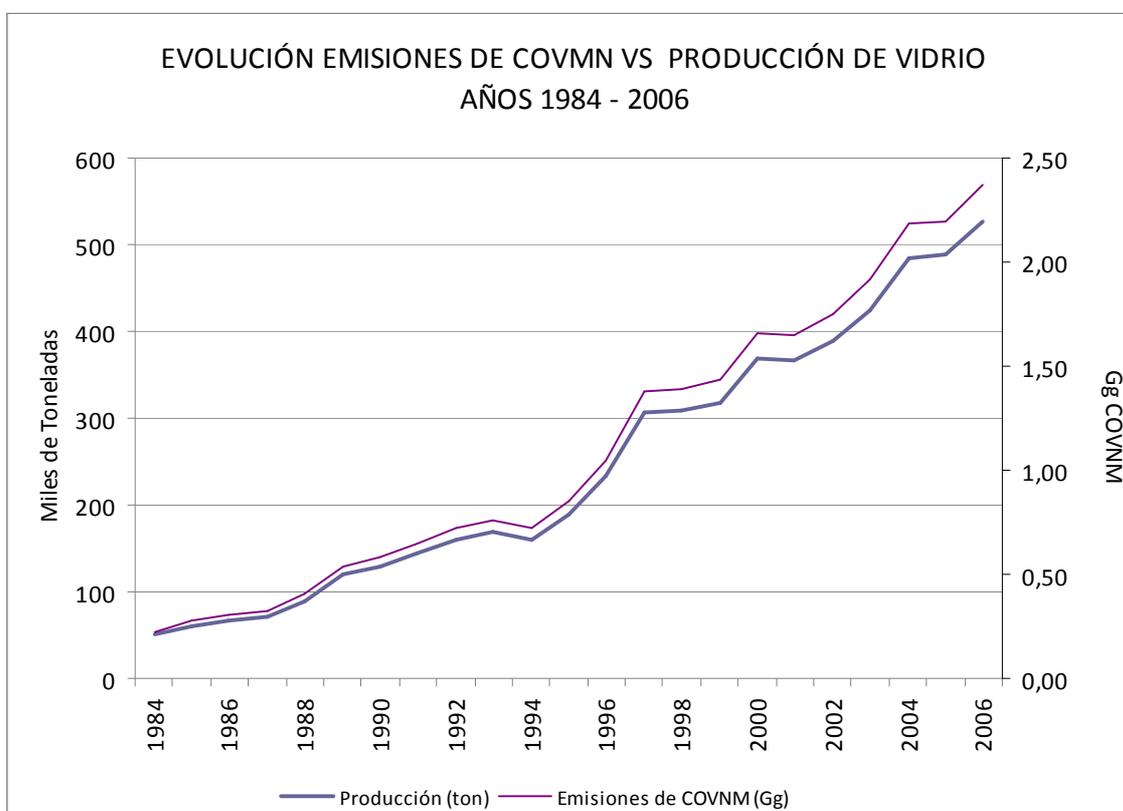
Año	Producción [t]	Emisiones COVNM [Gg COVNM]
1984	50.280	0,23
1985	60.715	0,27
1986	67.735	0,30
1987	71.024	0,32
1988	89.745	0,40
1989	119.723	0,54
1990	129.779	0,58
1991	143.952	0,65
1992	159.813	0,72
1993	168.067	0,76

Año	Producción [t]	Emisiones COVNM [Gg COVNM]
1994	159.864	0,72
1995	189.262	0,85
1996	232.418	1,05
1997	306.828	1,38
1998	308.995	1,39
1999	318.669	1,43
2000	368.720	1,66
2001	366.693	1,65
2002	388.026	1,75
2003	425.016	1,91
2004	484.794	2,18
2005	487.898	2,20
2006	525.971	2,37

Fuente: Elaboración propia.

La evolución paulatinamente creciente de las emisiones generadas por esta industria se observan detalladamente en el siguiente gráfico:

Ilustración 24: Evolución emisiones de COVNM vs. producción de Vidrio años 1984 - 2006



Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones

Se puede observar el aumento de las emisiones de la industria debido a la mayor producción de vidrio en el tiempo. La variación porcentual de aumento de la producción y por ende aumento de las emisiones de COVNM corresponden a un 1.046 % mayor para el año 2006 con respecto a 1984.

Metodología de obtención de datos de los inventarios a futuro

Se debe obtener el índice de producción física industrial para el sector económico “fabricación de vidrio y productos de vidrio” de la Sociedad de Fomento Fabril (SOFOFA).

3.6 Producción de Amoniaco

En el proceso de producción de amoniaco, el hidrógeno presente en diversos combustibles es separado químicamente para unirse a nitrógeno y formar NH_3 , donde el carbono resultante es emitido finalmente como CO_2 . Además, durante la producción pueden ocurrir emisiones de NO_x , COVNM, CO y SO_2 .

En este inventario no se poseen antecedentes respecto a la existencia de fábricas productoras de amoniaco en Chile, razón por la cual las emisiones asociadas a este tipo de industria no serán estimadas.

3.7 Producción de Ácido Nítrico

Metodología según IPCC 1996

En la producción de ácido nítrico (HNO_3) se genera óxido nitroso (N_2O) como subproducto de la oxidación catalítica del amoniaco a elevadas temperaturas. Además podría haber emisiones no combustivas de NO_x .

Se utilizaron los factores de emisión específicos para N_2O y NO_x , entregadas por el IPCC, siendo éstos: 2 y 12 [Kg/t] respectivamente.

Fuente de información para realizar los cálculos

La producción de ácido nítrico se obtuvo de la Asociación de Industriales Químicos (ASIQUM) para los años 1985 a 2006. Para el año 1984 se consideró el índice de producción física industrial del sector “fabricación de sustancias químicas industriales” entregado por la SOFOFA para estimar la producción anual.

Cálculos y generación de series de tiempo

La Asociación de Industriales Químicos (ASIQUM) es el organismo que compila toda la información de producción de la industria química nacional; sin embargo, sólo se tiene acceso a información correspondiente a los años 1985 a 2006 de ácido nítrico. No obstante, el año 1984 será estimado correlacionando la producción anual con el índice de producción física industrial del sector “fabricación de sustancias químicas industriales” entregado por la SOFOFA.

Es importante mencionar que se desconoce el detalle del proceso de producción de ácido y el tipo de tecnología utilizada, razón por la cual se utilizó el factor de emisión por defecto indicado por el IPCC 1996 para el caso de las emisiones de NO_x .

La siguiente tabla muestra los resultados obtenidos para los años 1984 a 2006:

Tabla 49: Emisiones asociadas a la producción de ácido nítrico

Año	Producción [t]	Emisiones N_2O [Gg N_2O]	Emisiones NO_x [Gg NO_x]
1984	19.604	0,04	0,24
1985	34.600	0,07	0,42
1986	40.000	0,08	0,48
1987	41.000	0,08	0,49
1988	46.020	0,09	0,55
1989	50.000	0,10	0,60
1990	50.600	0,10	0,61

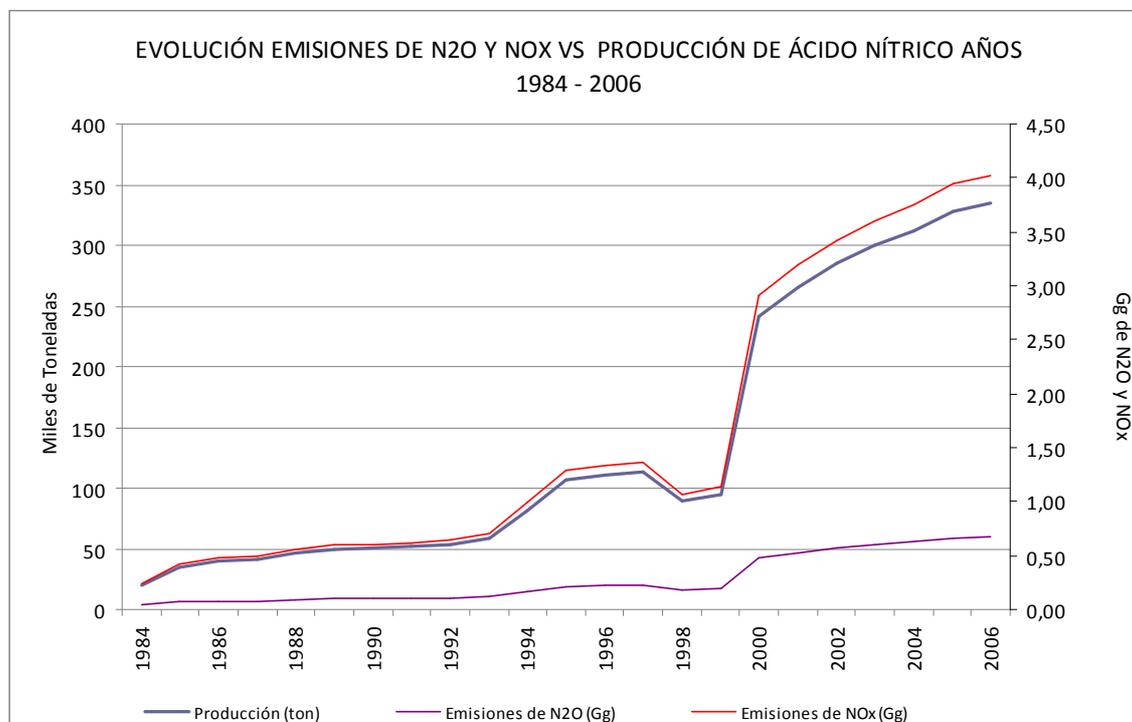
Inventario Nacional de Emisiones de GEI

Año	Producción [t]	Emisiones N₂O [Gg N₂O]	Emisiones NO_x [Gg NO_x]
1991	51.400	0,10	0,62
1992	54.000	0,11	0,65
1993	58.500	0,12	0,70
1994	82.000	0,16	0,98
1995	107.000	0,21	1,28
1996	111.000	0,22	1,33
1997	114.000	0,23	1,37
1998	89.000	0,18	1,07
1999	95.000	0,19	1,14
2000	242.000	0,48	2,90
2001	266.000	0,53	3,19
2002	285.000	0,57	3,42
2003	300.000	0,60	3,60
2004	312.000	0,62	3,74
2005	328.300	0,66	3,94
2006	335.068	0,67	4,02

Fuente: ASQUIM y Elaboración propia.

En el siguiente gráfico se presenta la evolución de las emisiones asociadas a la producción de ácido nítrico:

Ilustración 25: Evolución emisiones de NO₂ y NO_x vs. producción de Ácido Nítrico años 1984 - 2006



Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones

En términos generales la evolución de las emisiones son crecientes en el tiempo y absolutamente proporcionales a la producción nacional de ácido nítrico, sin embargo se observa el gran salto productivo en el año 2000, razón que explica el aumento de 154% de emisiones de N₂O y NO_x del año 2000 con respecto a 1999.

Además, de la tabla se infiere que la producción y emisión de N₂O y NO_x del año 2006 son aproximadamente 1.600% mayores que las correspondientes al año 1984.

Metodología de obtención de datos de los inventarios a futuro

Se debe obtener la producción de ácido nítrico de ASQUIM y en caso de no obtener información se debe utilizar el método de sustitución utilizando el índice de producción física industrial del sector “fabricación de sustancias químicas industriales” entregado por la Sociedad de Fomento Fabril (SOFOFA).

3.8 Producción de Ácido Adípico

La producción de ácido adípico da origen a emisiones de N₂O, NO_x, COVNM y CO (IPCC, 1996). No obstante aquello, en este estudio no se estiman las emisiones de GEI generadas debido a que no existe producción de ácido adípico en Chile (ASIQUM, 2008).

3.9 Producción de Carburo de silicio y Carburo de calcio

La producción general de carburos genera emisiones de CO₂, CH₄, CO y SO₂, sin embargo no existen antecedentes de producción a nivel nacional, lo que implica que esta actividad no será abordada en este inventario.

3.10 Producción de otras sustancias químicas

Metodología según IPCC 1996

La producción de sustancias químicas puede dar origen a CH₄, N₂O, NO_x, COVNM, CO y SO₂. Dependiendo del producto químico, de su proceso productivo y específicamente de las reacciones químicas involucradas será el tipo de emisiones que se generarán.

Las emisiones se obtienen multiplicando directamente el factor de emisión específico para cada producto y tipo de gas por la producción anual nacional.

Los factores de emisión utilizados son los valores por defecto por el IPCC 1996 y son los siguientes:

Tabla 50: Factor de emisión por producto, IPCC 1996

Producto	Factor de emisión
Metanol	2 [Kg CH ₄ /t]
Etileno	1 [Kg CH ₄ /t]
	1,4 [Kg/COVNM/t]
Formaldehído	5 [Kg COVNM/t]
Anhídrido ftálico	6 [Kg COVNM/t]
Poliestireno expandible	5,4 [Kg COVNM/t]
Polieteno baja densidad	3 [Kg COVNM/t]
polipropileno	12 [Kg COVNM/t]
Ácido sulfúrico	17,5 [Kg SO ₂ /t]

Fuente: IPCC 2006

Fuente de información para realizar los cálculos

Los antecedentes de producción de los diversos productos químicos son otorgados por la Asociación de Industriales Químicos (ASIQUM). Tal como se mencionó anteriormente, ASIQUM no posee publicado la serie completa de tiempo (1984-2006) de producción anual para todos los productos químicos requeridos. Para el etileno, la información está disponible desde 1985 a 2006 a excepción del año 2004; para el formaldehído, se tiene

información entre 1985 y 2006 excepto los años 2003 y 2004; para el anhídrido ftálico, polipropileno, poliestireno y polieteno se tienen datos entre 1985 y 2006. Para los años sin información se consideró el índice de producción física industrial del sector “fabricación de sustancias químicas industriales” entregado por la Sociedad de Fomento Fabril (SOFOFA) para estimar la producción anual. Para el ácido sulfúrico, se tiene información de ASQUIM entre 1985 y 2004 exceptuando el año 1990. Para los años sin información de ácido sulfúrico, se considera la producción de cobre para correlacionarla con la de ácido sulfúrico. Para el metanol se consideró la producción anual entregada por la CNE entre 1984 y 2006.

Cálculos y generación de series de tiempo

Para estimar las emisiones se consideró la información proporcionada por ASQUIM y se han estimados los años faltantes a partir de la correlación de la producción con el índice de productividad física para el sector “fabricación de sustancias químicas industriales” entregado por la SOFOFA para los años en que sea necesario (ver detalle en Anexo 1).

De este modo, la producción anual y las emisiones finales para el etileno se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 51: Emisiones asociadas a la producción de Etileno

Año	Producción [t]	Emisiones COVNM [Gg COVNM]	Emisiones CH ₄ [Gg CH ₄]
1984	14.683*	0,02	0,01
1985	31.100	0,04	0,03
1986	25.400	0,04	0,03
1987	32.800	0,05	0,03
1988	36.260	0,05	0,04
1989	34.100	0,05	0,03
1990	37.900	0,05	0,04
1991	41.000	0,06	0,04
1992	39.000	0,05	0,04
1993	37.600	0,05	0,04
1994	42.500	0,06	0,04
1995	43.000	0,06	0,04
1996	45.000	0,06	0,05
1997	41.000	0,06	0,04
1998	45.000	0,06	0,05
1999	44.000	0,06	0,04
2000	45.000	0,06	0,05
2001	55.000	0,08	0,06
2002	56.000	0,08	0,06
2003	132.000	0,18	0,13
2004	128.757*	0,13	0,18

Inventario Nacional de Emisiones de GEI

Año	Producción [t]	Emisiones COVNM [Gg COVNM]	Emisiones CH ₄ [Gg CH ₄]
2005	125.514	0,18	0,13
2006	47.716	0,07	0,05

* Valores estimados basándose en método de sustitución

Fuente: Elaboración propia y ASQUIM.

La producción anual y las emisiones de COVNM para formaldehído, anhídrido ftálico, polipropileno, poliestireno y polieteno se muestran en las siguientes tablas:

Tabla 52: Producción nacional de sustancias químicas

Año	Formaldehído [t]	Anhídrido ftálico [t]	Polipropileno [t]	Poliestireno [t]	Polieteno [t]
1984	23.266*	0	0	1.240*	13.889*
1985	30.000	0	0	800	28.300
1986	45.000	0	0	1.100	24.200
1987	55.000	0	0	1.200	31.300
1988	44.500	0	0	1.900	36.700
1989	51.800	0	0	2.500	34.300
1990	60.052	1.600	0	3.200	35.850
1991	59.753	3.000	0	4.100	40.700
1992	60.300	3.200	0	3.700	39.000
1993	63.000	4.500	0	5.000	37.000
1994	65.000	6.000	0	5.000	42.000
1995	110.000	6.000	0	5.000	42.000
1996	129.000	8.000	0	5.000	44.000
1997	131.000	10.000	0	8.000	41.000
1998	137.000	7.000	0	8.000	45.000
1999	142.000	7.000	0	10.000	44.000
2000	135.000	8.000	84.000	12.000	44.000
2001	130.000	9.000	94.000	12.000	44.000
2002	150.000	9.000	102.000	13.000	44.000
2003	136.425*	8.000	111.000	13.000	41.000
2004	138.714*	8.000	120.000	13.000	48.000
2005	121.825	9.000	105.162	13.000	45.774
2006	145.634	10.050	108.000	3.700	47.300

* valores estimado basándose en método de sustitución.

Fuente: ASQUIM.

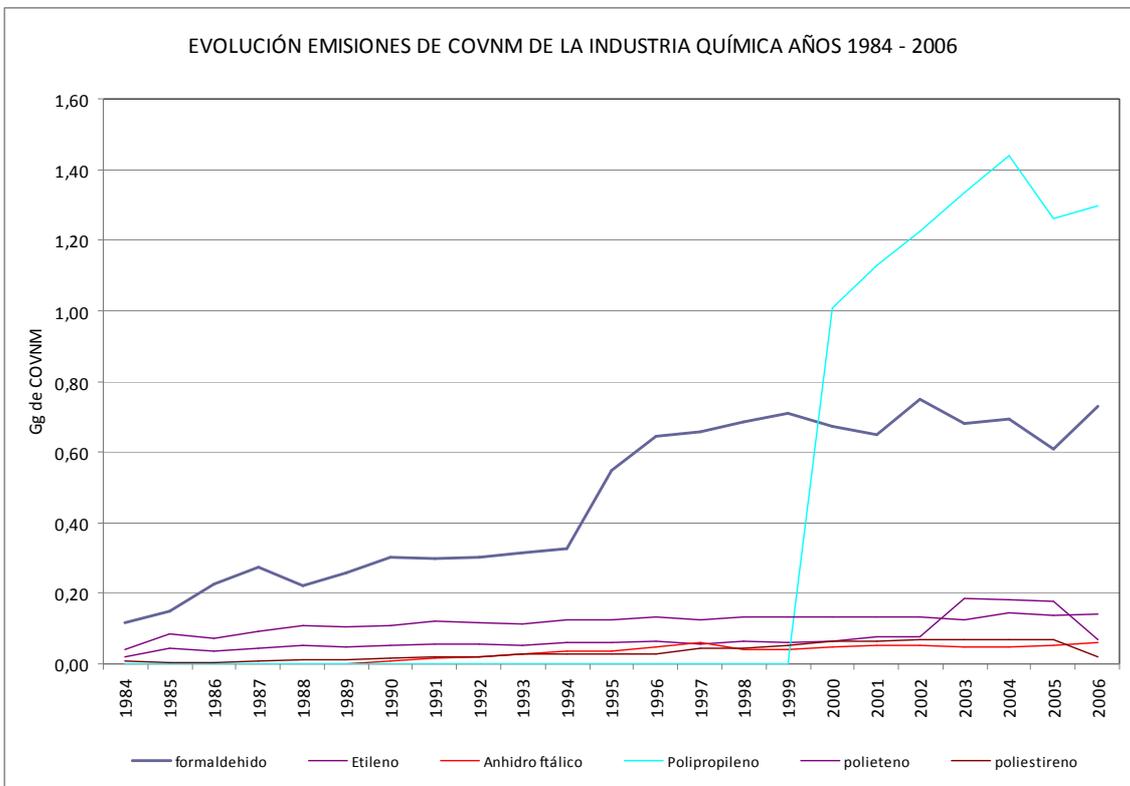
Tabla 53: Emisiones de COVNM por industria química

Año	Formaldehído [Gg COVNM]	Anhídrido ftálico [Gg COVNM]	Polipropileno [Gg COVNM]	Poliestireno [Gg COVNM]	Polieteno [Gg COVNM]
1984	0,12	0	0	0,01	0,04
1985	0,15	0	0	0,00	0,08
1986	0,23	0	0	0,01	0,07
1987	0,28	0	0	0,01	0,09
1988	0,22	0	0	0,01	0,11
1989	0,26	0	0	0,01	0,10
1990	0,30	0,01	0	0,02	0,11
1991	0,30	0,02	0	0,02	0,12
1992	0,30	0,02	0	0,02	0,12
1993	0,32	0,03	0	0,03	0,11
1994	0,33	0,04	0	0,03	0,13
1995	0,55	0,04	0	0,03	0,13
1996	0,65	0,05	0	0,03	0,13
1997	0,66	0,06	0	0,04	0,12
1998	0,69	0,04	0	0,04	0,14
1999	0,71	0,04	0	0,05	0,13
2000	0,68	0,05	1,01	0,06	0,13
2001	0,65	0,05	1,13	0,06	0,13
2002	0,75	0,05	1,22	0,07	0,13
2003	0,68	0,05	1,33	0,07	0,12
2004	0,69	0,05	1,44	0,07	0,14
2005	0,61	0,05	1,26	0,07	0,14
2006	0,73	0,06	1,30	0,02	0,14

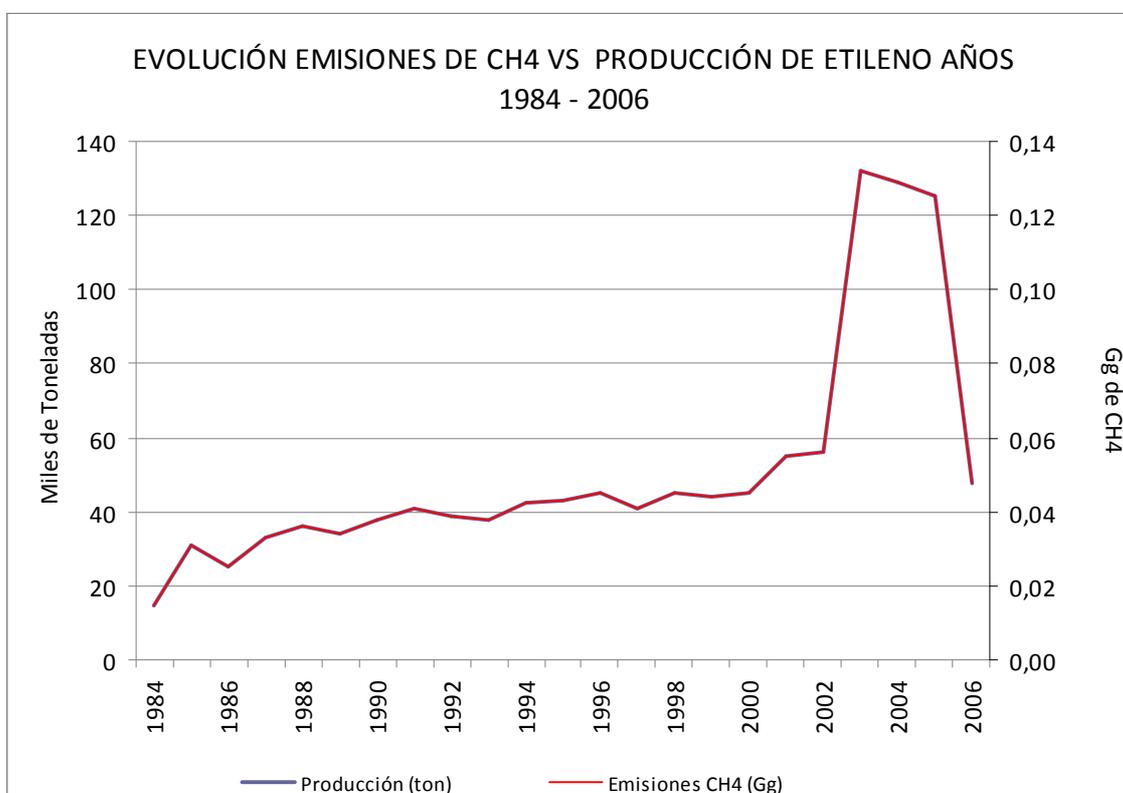
Fuente: Elaboración propia.

La evolución de las emisiones de COVNM para cada uno de los productos nombrados y de CH₄ para la industria del etileno se pueden observar en los siguientes gráficos:

Ilustración 26: Evolución emisiones de COVNM de la Industria Química años 1984 - 2006



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 27: Evolución emisiones de CH₄ vs. producción de Etileno años 1984 - 2006


Fuente: Elaboración propia.

La producción de metanol, utilizado principalmente como combustible para ser unido a la gasolina, es registrada por la Comisión Nacional de Energía (CNE), organismo que proporciona la producción nivel nacional para los años 1984 a 2006. Para términos de cálculos, estos valores multiplicados por el factor de emisión correspondiente, dan cuenta de las emisiones de CH₄ generadas por la producción nacional de este producto químico. Los valores obtenidos se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 54: Emisiones asociadas a la industria de Metanol

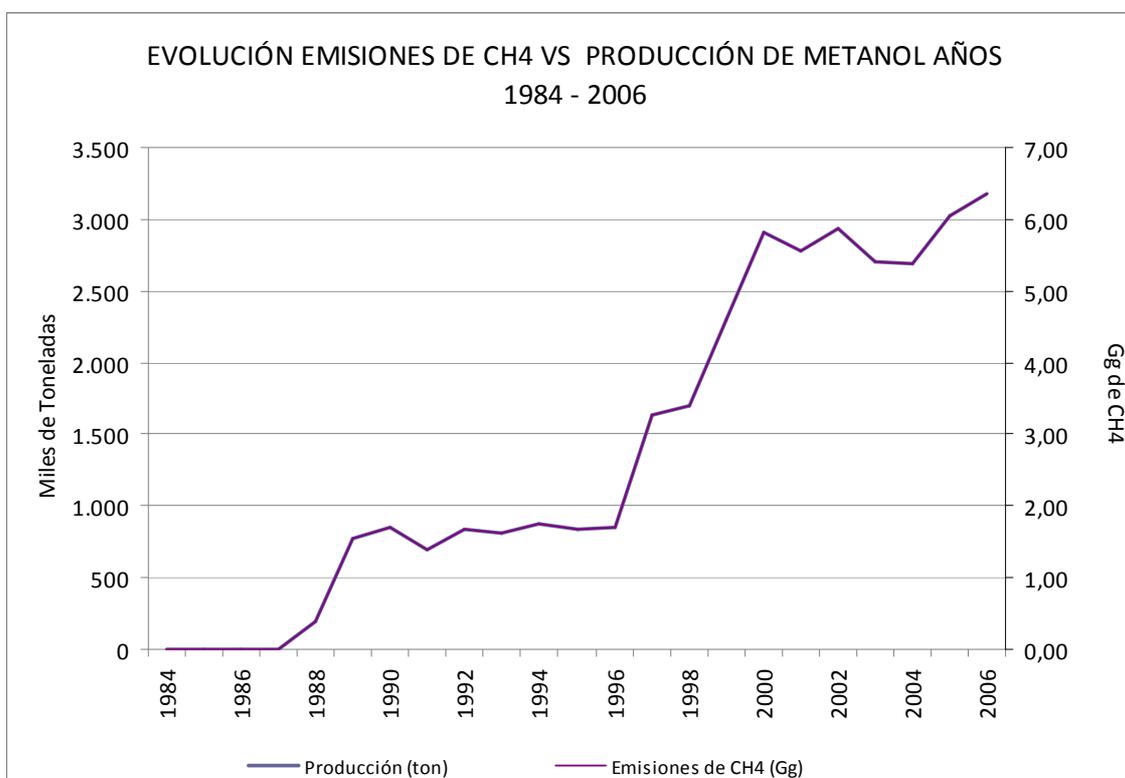
Año	Producción [t]	Emisiones CH ₄ [Gg CH ₄]
1984	0	0,00
1985	0	0,00
1986	0	0,00
1987	0	0,00
1988	188.000	0,38
1989	768.000	1,54
1990	854.000	1,71
1991	693.000	1,39

Año	Producción [t]	Emisiones CH₄ [Gg CH₄]
1992	840.000	1,68
1993	807.000	1,61
1994	874.000	1,75
1995	841.000	1,68
1996	853.000	1,71
1997	1.635.000	3,27
1998	1.700.000	3,40
1999	2.309.000	4,62
2000	2.912.000	5,82
2001	2.784.000	5,57
2002	2.932.000	5,86
2003	2.703.000	5,41
2004	2.692.000	5,38
2005	3.029.000	6,06
2006	3.182.000	6,36

Fuente: Elaboración propia.

Es importante recordar que las emisiones mostradas anteriormente corresponden a las generadas por términos netamente de producción de metanol y no se encuentran contabilizadas en la sección de Energía de este inventario. El siguiente gráfico muestra la evolución de las emisiones de metano asociadas al metanol.

Ilustración 28: Evolución emisiones de CH₄ vs. producción de Metanol años 1984 - 2006



Fuente: Elaboración propia.

Con respecto a la industria productora de ácido sulfúrico, se han obtenido datos de producción, a través de la Asociación de Industriales Químicos (ASIQUM), exceptuando los años 1984, 1990, 2005 y 2006. No obstante aquello, para determinar la serie de tiempo completa y por ende obtener la tendencia de emisiones en el tiempo, se ha determinado correlacionar los datos de los años faltantes a la misma tendencia mostrada por la producción de cobre. La explicación de lo anteriormente señalado se basa en que la producción de ácido sulfúrico producido a nivel nacional proviene en forma directa de la producción nacional del cobre, razón por la cual se ha supuesto que ambas industrias poseen una línea de crecimiento en el tiempo similar. Los datos de producción obtenidos y estimados, más la estimación de emisiones de SO₂ se muestran a continuación:

Tabla 55: Emisiones asociadas a la industria de Ácido sulfúrico

Año	Producción [t]	Emisiones SO ₂ [Gg SO ₂]
1984	653.828*	11,44
1985	680.000	11,90
1986	630.000	11,03
1987	700.000	12,25

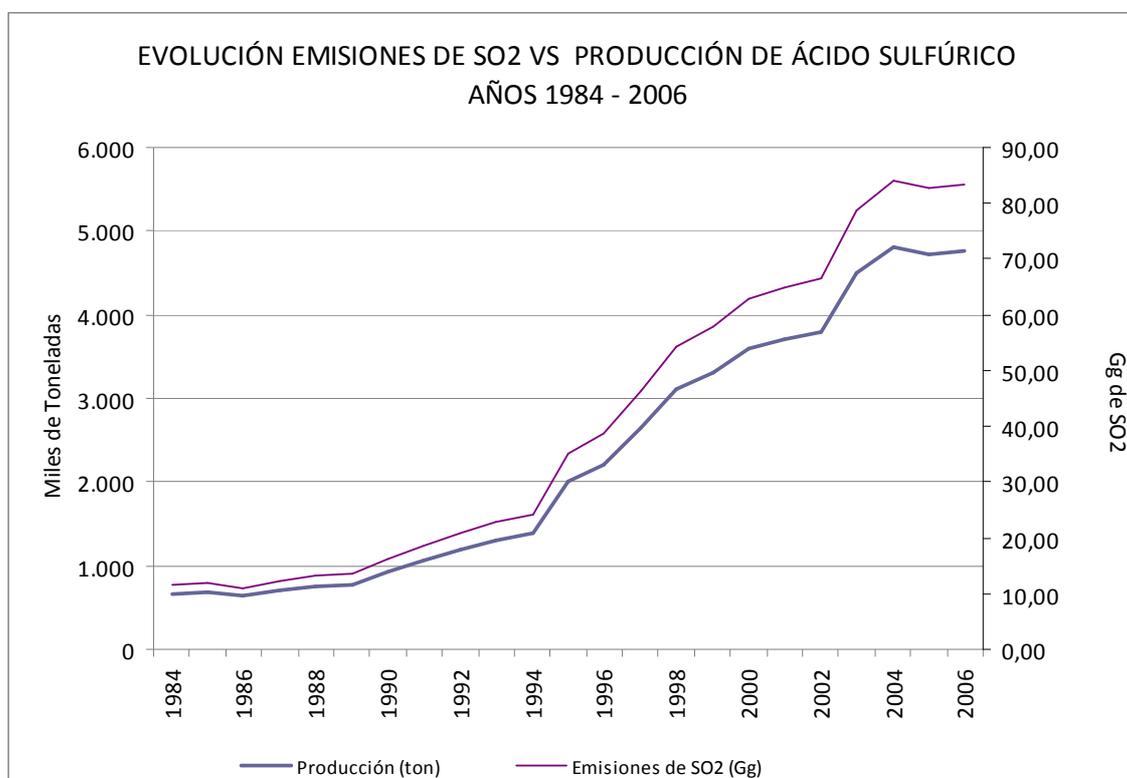
Año	Producción [t]	Emisiones SO₂ [Gg SO₂]
1988	750.000	13,13
1989	780.000	13,65
1990	927.000*	16,22
1991	1.064.000	18,62
1992	1.198.000	20,97
1993	1.310.000	22,93
1994	1.389.000	24,31
1995	2.000.000	35,00
1996	2.215.000	38,76
1997	2.650.000	46,38
1998	3.100.000	54,25
1999	3.300.000	57,75
2000	3.600.000	63,00
2001	3.700.000	64,75
2002	3.800.000	66,50
2003	4.500.000	78,75
2004	4.800.000	84,00
2005	4.721.708*	82,63
2006	4.769.578*	83,47

* Valores estimados basándose en método de sustitución

Fuente: Elaboración propia.

La evolución de las emisiones en el tiempo se presenta en el siguiente gráfico.

Ilustración 29: Evolución emisiones de SO₂ vs. Producción de Ácido Sulfúrico



Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones

Para el caso de anhídrido ftálico y polipropileno la fuente abastecedora de datos de producción, ASIQUIM, posee como registro producciones nulas para determinados años, tal como lo muestra la tabla anterior. Como consecuencia, se establecen cero emisiones de COVNM para los años correspondientes.

Si bien, se puede apreciar el aumento de emisiones de COVNM debido al aumento de producción de cada uno de los productos químicos analizados: etileno, formaldehído, anhídrido ftálico, polipropileno, poliestireno y polieteno, se puede establecer que el polipropileno es el compuesto químico que libera mayor cantidad de emisiones de COVNM a la atmósfera. Por ejemplo, para el año 2006, este producto genera aproximadamente un 56% del total de emisiones de los productos químicos nombrados. Este análisis es independiente de la producción total nacional, ya que la producción de polipropileno corresponde aproximadamente a un 30% del total nacional de las sustancias químicas.

Sin embargo, si se toma el periodo 1984 a 2006 como un total de emisión, el formaldehído aporta con una mayor generación de COVNM, 10,8 [Gg] versus 8,7 [Gg] de la industria de polipropileno, su causa se debe estrictamente a la no producción de polipropileno para los años 1984 a 1999.

En términos generales, las emisiones de etileno, formaldehído, anhídrido ftálico, polipropileno, poliestireno y polieteno son crecientes en el tiempo, sin embargo para la industria del etileno se aprecia un aumento considerable de producción y de emisiones para el año 2003, manteniéndose alto por tres años consecutivos, para luego bajar nuevamente a sus niveles establecidos.

En cuanto a las emisiones generadas se establece un aumento de emisiones de COVNM desde el año 1984 a 2006 de 225% para la industria del etileno, 526% para el formaldehído, 198% para el poliestireno y 241% para el polieteno. Para el caso de anhídrido ftálico y polipropileno no se puede establecer un aumento comparativo debido a que en los años 1984 no se registra producción y por ende emisión.

Con respecto al aumento de emisiones de CH₄ liberadas debido a la producción de etileno se puede determinar un aumento de 225% de las emisiones desde 1984 a 2006.

La evolución en el tiempo de las emisiones de metano muestra un claro aumento de emisiones debido su producción; misma tendencia mostrada por los demás productos químicos analizados anteriormente.

En el tiempo, la industria productora de ácido sulfúrico ha aumentado su producción en un 629% desde el año 1984, es por esto que las emisiones de SO₂ de esta industria presentan la tendencia de aumento que se observa en el gráfico previamente presentado.

Metodología de obtención de datos de los inventarios a futuro

Para el metanol, se debe obtener la producción anual de la Comisión Nacional de Energía (CNE). Para los otros productos químicos obtener la información de la producción anual desde la Asociación de Industriales Químicos (ASQUIM). En caso de no existir información para etileno, formaldehído, anhídrido ftálico, polipropileno, poliestireno y polieteno, considerar el índice de producción física industrial para el sector “fabricación de sustancias químicas industriales” entregado por la Sociedad de Fomento Fabril (SOFOFA), para estimar la producción anual. En caso de no conseguir la producción del ácido sulfúrico, considerar la producción de cobre para correlacionarla con la de ácido sulfúrico.

3.11 Producción de metales

De acuerdo a las metodologías del IPCC de Nivel 1, las emisiones de este rubro industrial son estimadas sobre la base de las cantidades de metal producido.

Las emisiones asociadas a ferroaleaciones, aluminio, cromo, magnesio, mercurio, níquel, platino, silicio, estaño, titanio, tungsteno y uranio no están abordadas en este inventario debido a que no se posee información de producción y/o no se producen en Chile.

3.11.1 Producción de Hierro y Acero

Metodología según IPCC 1996

En el proceso productivo del acero se utiliza arrabio como una de las materias primas, el cual corresponde al material fundido que se obtiene en el alto horno mediante reducción del mineral de hierro.

El ciclo completo de producción, partiendo de hierro hasta llegar finalmente a acero, genera diversas emisiones de gases efecto invernadero, dependiendo de la operación unitaria perteneciente al proceso se puede llegar a generar CO₂, NO_x, COVNM, CO y/o SO₂.

Según las directrices del IPCC, el factor de emisión asociada a las emisiones de CO₂ se entrega para el proceso completo, sin embargo para el resto de los gases el factor de emisión específica la fuente de origen del gas, por ejemplo para el caso de CO su fuente de emisión es en producción de hierro-carga altos hornos, producción de hierro-colada del mineral de hierro y fabricación del acero-laminadores. En este marco y para términos de cálculos, los factores de emisión utilizados reflejan el ciclo completo de producción Hierro-Acero, es decir el factor de emisión total del proceso se obtiene a partir de la suma de los factores de cada operación unitaria.

Los factores de emisión utilizados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 56: Factor de emisión del proceso Hierro-Acero

GEI	Factor de emisión [g/t producida]
CO ₂	1,6 [t/t producida]
NO _x	116
COVNM	150
CO	1.413
SO ₂	2.075

Fuente: IPCC 1996

Fuente de información para realizar los cálculos

La producción de acero se obtuvo de Compañía Siderúrgica Huachipato S.A.

Cálculos y generación de series de tiempo

A partir de los datos de producción de acero nacional, entregados por Compañía Siderúrgica Huachipato S.A, se obtuvo las emisiones de GEI generadas por esta industria.

El detalle de la producción de Acero y finalmente las emisiones del sector se muestran en la siguiente tabla:

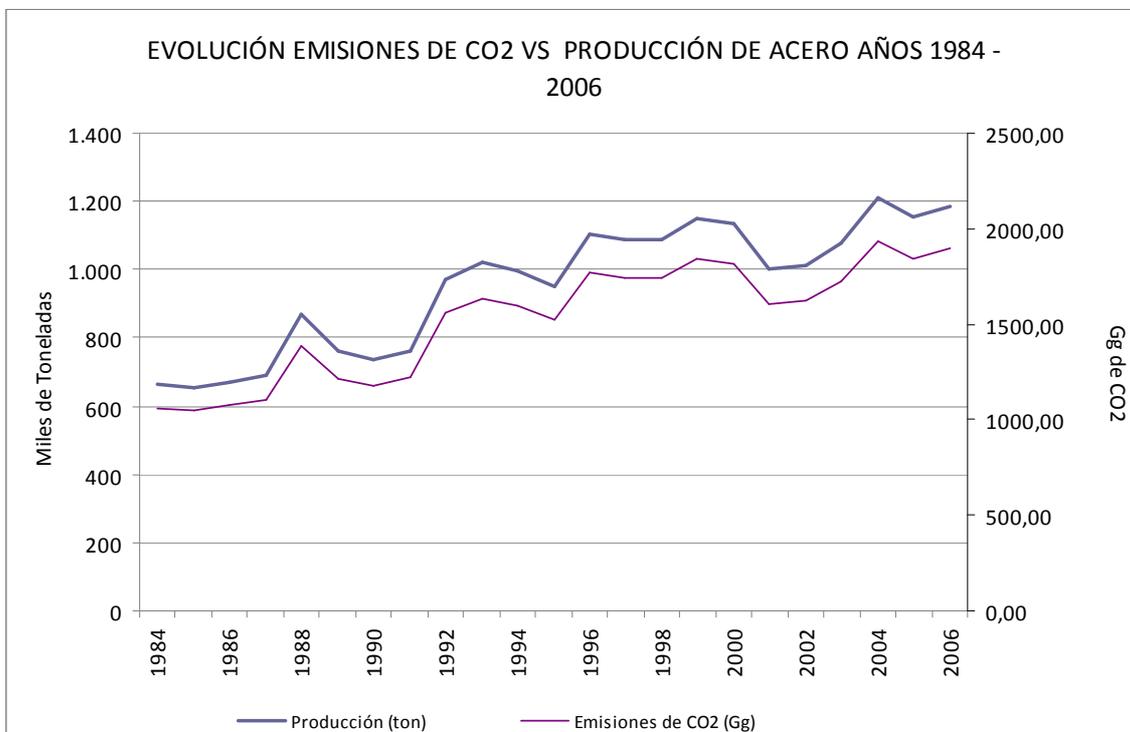
Tabla 57: Emisiones asociadas a la industria del Acero

Año	Producción [t]	Emisiones CO ₂ [Gg CO ₂]	Emisiones SO ₂ [Gg SO ₂]	Emisiones NO _x [Gg NO _x]	Emisiones CO [Gg CO]	Emisiones COVNM [Gg COVNM]
1984	663.024	1.060,84	1,38	0,08	0,94	0,10
1985	654.660	1.047,46	1,36	0,08	0,93	0,10
1986	671.154	1.073,85	1,39	0,08	0,95	0,10
1987	690.091	1.104,15	1,43	0,08	0,98	0,10
1988	869.633	1.391,41	1,80	0,10	1,23	0,13
1989	760.259	1.216,41	1,58	0,09	1,07	0,11
1990	735.802	1.177,28	1,53	0,09	1,04	0,11
1991	763.466	1.221,55	1,58	0,09	1,08	0,11
1992	972.582	1.556,13	2,02	0,11	1,37	0,15
1993	1.022.434	1.635,89	2,12	0,12	1,44	0,15
1994	997.306	1.595,69	2,07	0,12	1,41	0,15
1995	950.138	1.520,22	1,97	0,11	1,34	0,14
1996	1.104.541	1.767,27	2,29	0,13	1,56	0,17
1997	1.087.436	1.739,90	2,26	0,13	1,54	0,16
1998	1.090.109	1.744,17	2,26	0,13	1,54	0,16
1999	1.149.575	1.839,32	2,39	0,13	1,62	0,17
2000	1.135.508	1.816,81	2,36	0,13	1,60	0,17
2001	1.001.359	1.602,17	2,08	0,12	1,41	0,15
2002	1.013.149	1.621,04	2,10	0,12	1,43	0,15
2003	1.077.027	1.723,24	2,23	0,12	1,52	0,16
2004	1.208.894	1.934,23	2,51	0,14	1,71	0,18
2005	1.152.869	1.844,59	2,39	0,13	1,63	0,17
2006	1.184.517	1.895,23	2,46	0,14	1,67	0,18

Fuente: Elaboración propia.

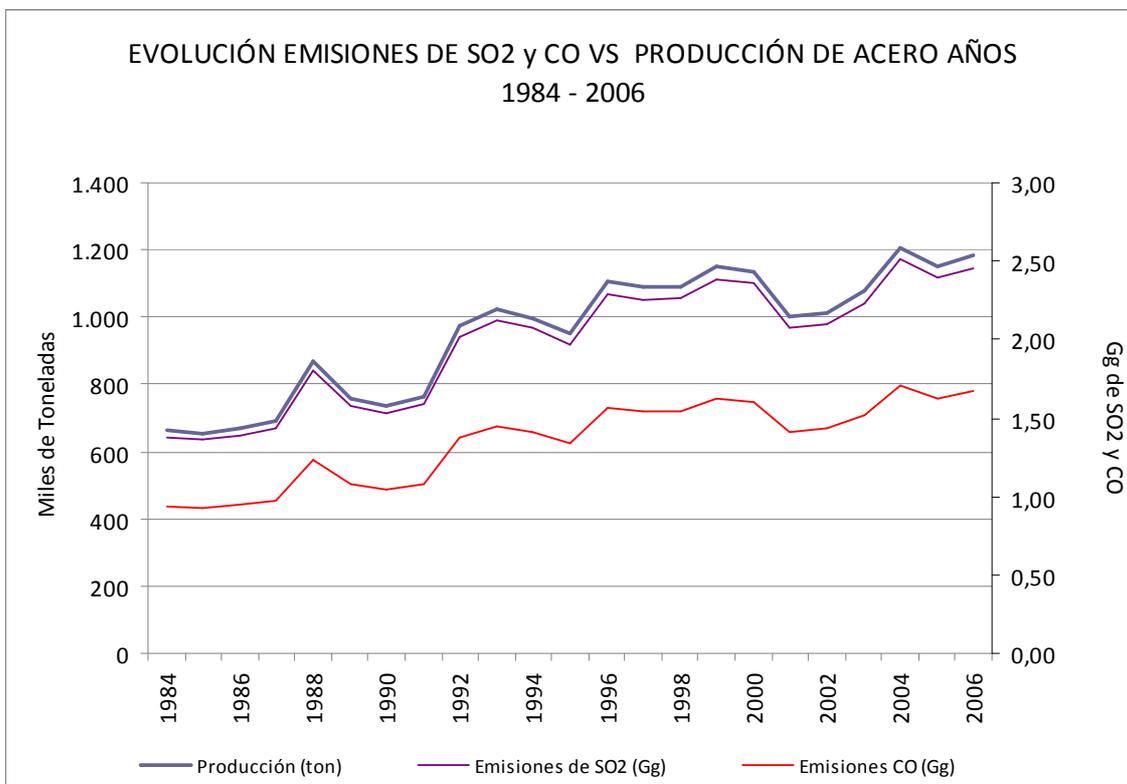
La evolución de las emisiones en el tiempo se muestra en los siguientes gráficos:

Ilustración 30: Evolución de emisiones de CO2 vs. producción de Acero años 1984 - 2006



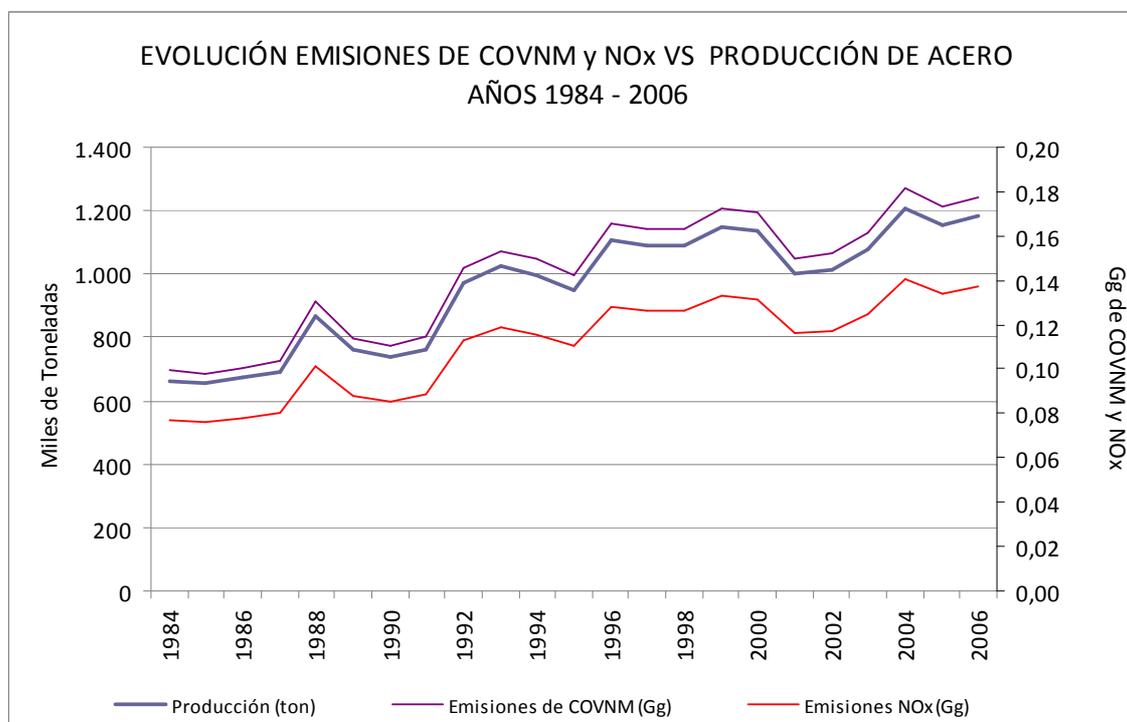
Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 31: Evolución de emisiones de SO₂ y CO vs. producción de Acero años 1984 - 2006



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración 32: Evolución de emisiones de COVNM y NOx vs. producción de Acero años 1984 - 2006



Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones

Este rubro industrial se destaca por sus emisiones de CO₂ muy por encima a los demás gases generados. Sin embargo, cada uno de ellos se genera de manera proporcional a la producción de metal.

De manera general, se observa un aumento de emisiones crecientes en el tiempo, aumentando sus emisiones en el 2006 en un 79% con respecto a 1984.

Metodología de obtención de datos de los inventarios a futuro

Se debe obtener la producción de acero de Compañía Siderúrgica Huachipato S.A.

3.11.2 Producción de Cobre

El cobre se extrae a partir de dos diferentes tipos de mineral: los sulfuros de cobre y los óxidos de cobre. A partir de éste último, y debido a su proceso de refinación, se generan y emiten grandes cantidades de SO₂ a la atmósfera.

Inventario Nacional de Emisiones de GEI

Para controlar las altas emisiones de SO₂ provenientes de la minería del cobre, las empresas pertenecientes a este rubro industrial deben regirse por los planes de descontaminación atmosférica asociados para Dióxido de Azufre (SO₂). En ésta se especifica la obligatoriedad de reducir las emisiones diarias de SO₂ hasta niveles establecidos.

La Comisión Chilena del Cobre (COCHILCO) realiza un cálculo de las emisiones de SO₂ a la atmósfera como parte de su inventario de emisiones, en él detalla las emisiones de SO₂ generadas por el sector desde el año 1986 a 2006.

Tabla 58: Emisiones GEI de anhídrido sulfuroso (SO₂) de las fundiciones chilenas de acuerdo a información provista por COCHILCO [Gg SO₂]

Año	Emisiones SO ₂ [Gg SO ₂]
1984	*
1985	*
1986	1.981,50
1987	1.969,00
1988	1.988,10
1989	2.044,70
1990	2.002,47
1991	1.864,60
1992	1.856,48
1993	1.755,32
1994	1.687,16
1995	1.680,94
1996	1.692,45
1997	1.516,21
1998	1.370,80
1999	1.119,84
2000	883,04
2001	618,22
2002	539,77
2003	337,96
2004	388,31
2005	364,88
2006	406,39

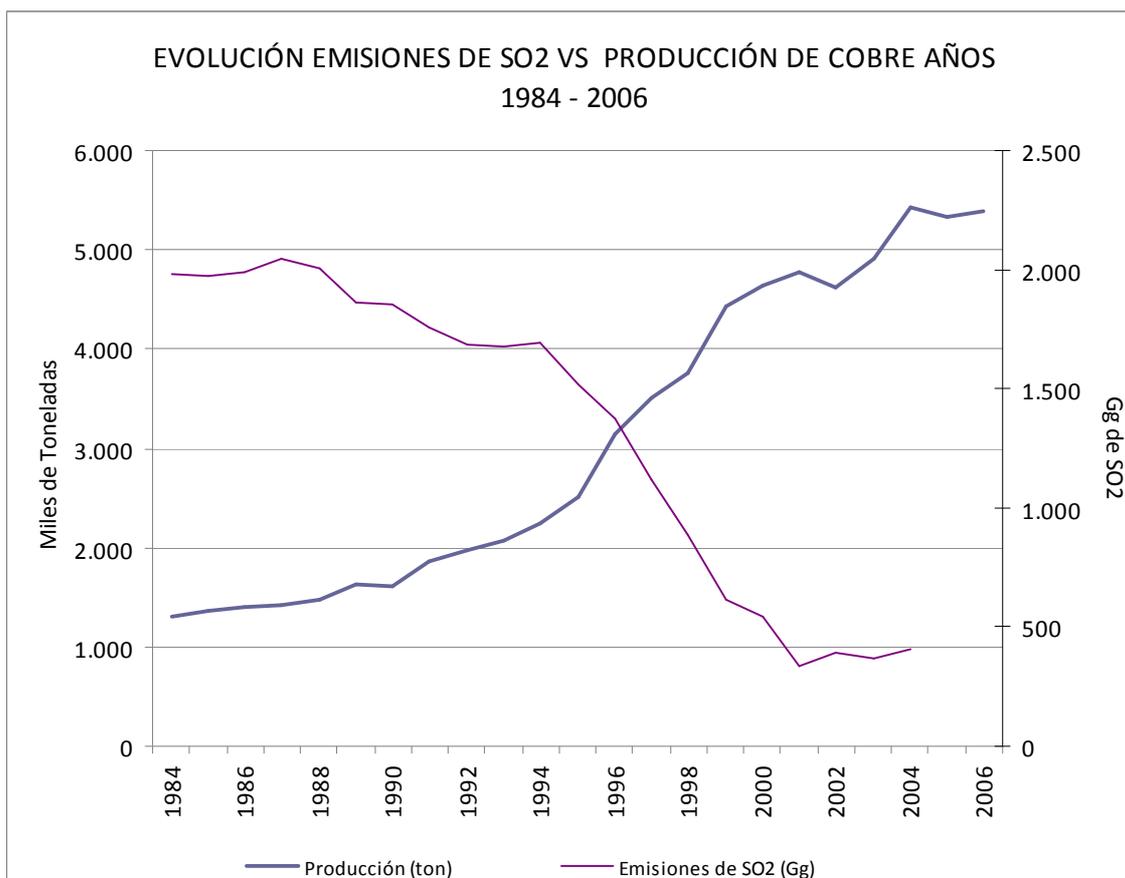
Fuente: Elaboración propia basado en datos de COCHILCO

*Nota: COCHILCO comenzó a realizar cálculos de emisiones de SO₂ a partir del año 1986, por ende no se obtiene los datos correspondientes al los años 1984 y 1985

Las emisiones de SO₂ mostradas anteriormente muestran un claro proceso de descontaminación de las fundiciones debido a la implementación de tecnologías para

reducir sus niveles. Desde 1986 a la fecha las fundiciones han reducido aproximadamente en un 79,5% las emisiones de este tipo de gas, aún cuando la producción ha aumentado en el tiempo. La producción de cobre fue obtenida del INE, e incluye cobre refinado, concentrado, blister y otros.

Ilustración 33: Evolución emisiones de SO2 vs. Producción de Cobre años 1984 - 2006



Fuente: Elaboración basado en datos de COCHILC

3.11.3 Producción de Oro, plomo, plata, zinc

Para el caso de estos metales, el IPCC no especifica factores para el cálculo de emisiones generadas en sus procesos productivos. Por lo anterior, los metales nombrados no serán abordados en este inventario.

3.11.4 Producción de Molibdeno

Todo el molibdeno fabricado a nivel nacional es resultado de la producción de cobre, por lo que el molibdeno se genera como subproducto y las emisiones asociadas a su producción se encuentran contabilizadas en las de la industria cuprífera.

3.12 Producción de Papel y Pulpa

Metodología según IPCC 1996

La producción de pulpa y papel incluye tres etapas principales: reducción a pulpa, blanqueo y producción de papel.

Dependiendo del tratamiento de las astillas para producir celulosa, mecánico o químico, se nombra la pulpa producida. La pulpa mecánica se obtiene desfibrando la madera a altas temperaturas y presiones, en cambio la pulpa química se obtiene a partir de un proceso de cocción de las partículas de madera con diferentes productos químicos a altas temperaturas y presiones.

Para la producción de pulpa química existen tres procesos productivos, el método Kraft, el de bisulfito y el de sulfito neutro. Independientemente del método utilizado para la producción de pulpa química, el proceso genera emisiones de SO₂, pero al utilizar el proceso Kraft se generan además, emisiones de NO_x, COVNM y CO. El IPCC 1996 entrega factores de emisión específicos de acuerdo al proceso productivo.

Fuente de información para realizar los cálculos

La producción de celulosa se obtuvo del Instituto Forestal (INFOR).

Cálculos y generación de series de tiempo

En Chile, el proceso productivo más común es el método Kraft.

En Chile existen actualmente 13 Plantas de celulosa que operan un total de 17 líneas de producción. De éstas, 12 líneas de producción, que además son las más grandes en producción y capacidad de Chile, fabrican celulosa Kraft y el resto produce pulpa mecánica (www.papelnet.cl). A partir de lo señalado, se ha supuesto para realizar los cálculos, que la celulosa chilena es producida a partir del método Kraft, tal como se supuso en el inventario anterior del DICTUC.

De acuerdo al INFOR y a la Corporación Chilena de la Madera (CORMA), en su libro "INFOR: boletines Arauco, Celco", se agrupan las producciones de celulosa chilena en mecánica y química. La estimación de emisiones se obtiene a partir de la producción nacional de pulpa química Kraft, entregada por INFOR y CORMA y utilizando los factores de emisión por defecto establecidos por el IPCC para el proceso Kraft, los cuales se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 59: Factores de emisión por defecto, IPCC 1996.

Título	Factor de emisión [kg/t papel pulpa seca]
NO _x	1,5
COVNM	3,7
CO	5,6
SO ₂	7

Fuente: IPCC 1996

Los valores obtenidos se muestran en la tabla siguiente.

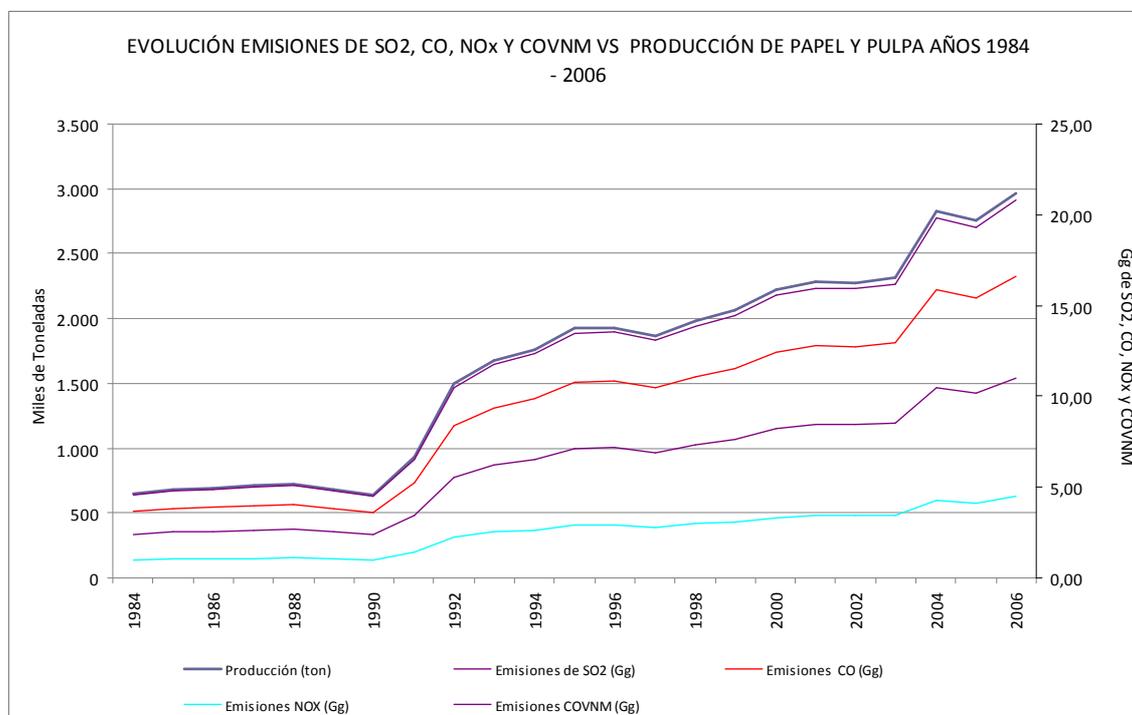
Tabla 60: Emisiones asociadas a la industria de pulpa y papel

Año	Producción [t]	Emisiones SO ₂ [Gg SO ₂]	Emisiones NO _x [Gg NO _x]	Emisiones CO [Gg CO]	Emisiones COVNM [Gg COVNM]
1984	654.700	4,58	0,98	3,67	2,42
1985	682.100	4,77	1,02	3,82	2,52
1986	696.000	4,87	1,04	3,90	2,58
1987	712.800	4,99	1,07	3,99	2,64
1988	728.000	5,10	1,09	4,08	2,69
1989	679.800	4,76	1,02	3,81	2,52
1990	644.300	4,51	0,97	3,61	2,38
1991	934.000	6,54	1,40	5,23	3,46
1992	1.499.300	10,50	2,25	8,40	5,55
1993	1.676.500	11,74	2,51	9,39	6,20
1994	1.763.500	12,34	2,65	9,88	6,52
1995	1.928.600	13,50	2,89	10,80	7,14
1996	1.932.300	13,53	2,90	10,82	7,15
1997	1.868.400	13,08	2,80	10,46	6,91
1998	1.979.700	13,86	2,97	11,09	7,32
1999	2.064.100	14,45	3,10	11,56	7,64
2000	2.219.900	15,54	3,33	12,43	8,21
2001	2.282.100	15,97	3,42	12,78	8,44
2002	2.278.200	15,95	3,42	12,76	8,43
2003	2.314.300	16,20	3,47	12,96	8,56
2004	2.831.700	19,82	4,25	15,86	10,48
2005	2.758.200	19,31	4,14	15,45	10,21
2006	2.970.300	20,79	4,46	16,63	10,99

Fuente: Elaboración propia e INFOR.

El siguiente gráfico muestra la evolución de las emisiones asociadas.

Ilustración 34: Evolución de emisiones de SO₂, CO, NO_x y COVNM vs. producción de Papel y Pulpa año 1984 - 2006



Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones

Producto del aumento en la producción de pulpa y papel se ha generado proporcionalmente un aumento de un 354% en las emisiones de SO₂, NO_x, CO y COVNM para el año 2006 con respecto a 1984. El ascenso en producción y en emisión ha sido de manera paulatina en el tiempo.

Metodología de obtención de datos de los inventarios a futuro

Se debe obtener la producción de celulosa del Instituto forestal (INFOR).

3.13 Producción de Alimentos y Bebidas

La producción de diferentes productos alimenticios genera emisiones de COVNM. La metodología y resultados del inventario por sector se abordan a continuación.

3.13.1 Producción de Bebidas

A nivel mundial la cantidad de COVNM generadas por esta industria depende de la cantidad y tipo de producto manufacturado.

Metodología según IPCC 1996

La clasificación entregada por el IPCC hace referencia a los vinos, cervezas, bebidas alcohólicas, whisky de malta, whisky de grano, y coñac, esto debido a que sólo durante los procesos de fermentación de cereales y frutas de las bebidas mencionadas se producen emisiones de COVNM. Los factores de emisión se muestran a continuación:

Tabla 61: factores de emisión asociadas a la producción de bebidas

Bebida	Factor de Emisión [kg/HI bebidas]
Vino	0,08
Cerveza	0,035
Resto de las bebidas alcohólicas producidas en Chile (Pisco)	15

Fuente: IPCC 1996

Nota: HI= 100 l

Fuente de información para realizar los cálculos

La producción de cerveza se obtuvo del Instituto Nacional de Estadísticas (INE) y la producción de pisco y vino se obtuvo del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG).

Cálculos y generación de series de tiempo

Según información entregada por el INE para Chile, la producción de bebidas sólo detalla vinos, cerveza, y otras bebidas alcohólicas, tales como alcohol etílico sin desnaturalizar con una concentración alcohólica inferior en volumen al 80%, y los aguardientes, licores y otras bebidas que contengan alcohol. Sin embargo, para el caso de bebidas alcohólicas, los valores entregados a lo largo del tiempo no corresponden a los mismos licores, es decir varían dependiendo del año base de la encuesta y en consecuencia muestra una no concordancia con la tendencia generalizada para los años 2000 a 2006. Por esta razón se ha determinado incluir solo la producción de pisco a esta categoría.

La información de producción de cerveza, entregados por el INE y producción de pisco, entregados por el SAG detallan sus valores desde el año 1991 a 2006. El análisis realizado para obtener datos de producción de los años 1984 a 1990, hace referencia al método de sustitución descrito por el IPCC, en el cual se correlacionan los datos faltantes con un dato indicativo de mayor accesibilidad, en este caso con el índice de producción física de la Sociedad de Fomento Fabril (SOFOFA) para el sector "Industria de bebidas".

En cuanto al factor de emisión, éstos varían dependiendo del tipo de licor que se esté produciendo. Los factores de emisión de COVNM por producción de bebidas alcohólicas se encuentran establecidos por el IPCC 1996.

Para efectos de estimar las emisiones de COVNM del sector bebidas se deben multiplicar los datos de producción y los factores de emisión obtenidos a partir del análisis desarrollado anteriormente.

Tabla 62: Producción nacional de bebidas

Año	Cerveza [HI]	Bebidas alcohólicas [HI]	Vino [HI]
1984	3.481.754*	467.905*	1.816.387*
1985	3.489.331*	468.924*	1.820.340*
1986	3.693.917*	496.417*	1.927.070*
1987	4.019.740*	540.204*	2.097.048*
1988	4.902.492*	658.835*	2.557.568*
1989	5.766.300*	774.920*	3.008.206*
1990	5.338.184*	717.387*	2.784.864*
1991	5.439.620	731.019	2.837.781
1992	6.073.250	950.238	3.560.830
1993	6.155.730	1.082.776	3.806.148
1994	5.213.450	1.216.221	3.984.990
1995	5.641.930	1.295.981	3.879.471
1996	5.755.040	1.435.922	4.587.073
1997	7.117.740	1.317.688	4.982.036
1998	7.661.230	1.595.018	5.442.140
1999	8.220.220	1.675.048	5.093.365
2000	7.944.490	2.149.068	7.010.005
2001	8.175.290	1.698.570	5.782.110
2002	3.994.280	1.261.271	5.843.158
2003	4.254.880	1.638.789	7.204.438
2004	4.075.900	1.259.521	6.838.686
2005	4.756.460	1.564.356	8.486.188
2006	5.571.950	1.426.827	9.086.032

* Valores estimados basándose en método de sustitución

Fuente: INE y elaboración propia

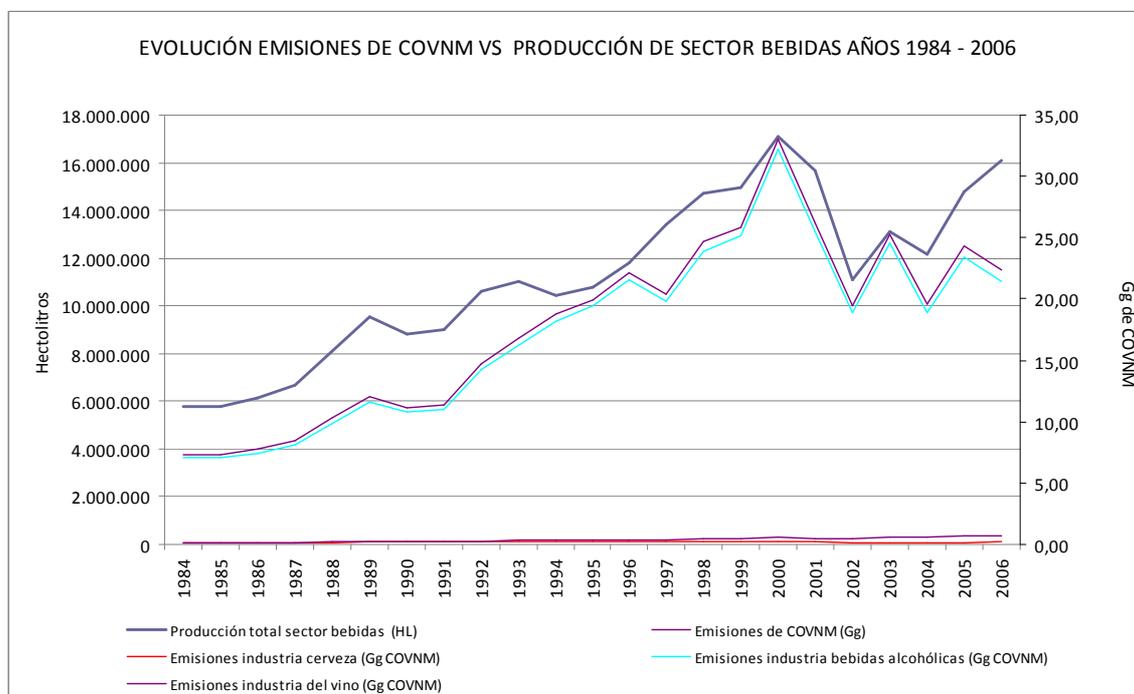
Tabla 63: Emisiones de COVNM asociadas a la industria de bebidas

Año	Emisiones Cerveza [Gg COVNM]	Emisiones Bebidas alcohólicas [Gg COVNM]	Emisiones Vino [Gg COVNM]	Total Bebidas [Gg COVNM]
1984	0,12	7,02	0,15	7,29
1985	0,12	7,03	0,15	7,30
1986	0,13	7,45	0,15	7,73
1987	0,14	8,10	0,17	8,41
1988	0,17	9,88	0,20	10,26
1989	0,20	11,62	0,24	12,07
1990	0,19	10,76	0,22	11,17
1991	0,19	10,97	0,23	11,38
1992	0,21	14,25	0,28	14,75
1993	0,22	16,24	0,30	16,76
1994	0,18	18,24	0,32	18,74
1995	0,20	19,44	0,31	19,95
1996	0,20	21,54	0,37	22,11
1997	0,25	19,77	0,40	20,41
1998	0,27	23,93	0,44	24,63
1999	0,29	25,13	0,41	25,82
2000	0,28	32,24	0,56	33,07
2001	0,29	25,48	0,46	26,23
2002	0,14	18,92	0,47	19,53
2003	0,15	24,58	0,58	25,31
2004	0,14	18,89	0,55	19,58
2005	0,17	23,47	0,68	24,31
2006	0,20	21,40	0,73	22,32

Fuente: Elaboración propia

La evolución temporal de las emisiones se muestra en el siguiente grafico:

Ilustración 35: Evolución emisiones de COVNM vs. producción de Sector Bebidas años 1984 - 2006



Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones

La tendencia presentada en la tabla anterior muestra el aumento de las emisiones para cada uno de los sectores contenidos en la industria de bebidas, sin embargo se puede observar la gran cantidad de emisiones de COVNM generadas por la industria del pisco en comparación a la industria del vino y de las cervezas, más aún cuando productivamente hablando éstas últimas producen aproximadamente el 93% del total del sector. El aporte de las emisiones correspondientes a la producción de pisco al total nacional corresponde a un 96%.

Las emisiones de COVNM generadas por producción de cerveza, pisco y vino han aumentado desde 1984 a 2006 en un 60, 205 y 400% respectivamente, dando como resultado un aumento total por sector de 206%.

Metodología de obtención de datos de los inventarios a futuro

Se debe obtener las estadísticas de producción de cerveza desde el Instituto Nacional de Estadísticas (INE) y la producción de pisco y vino del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG).

3.13.2 Producción de Alimentos

Metodología según IPCC 1996

La producción de alimentos genera emisiones de COVNM, debido al calentamiento, horneado, fermentación, cocción y/o secado de ellos. Dependiendo del producto y de su transformación son las emisiones de COVNM asociadas; por lo anterior, la industria alimenticia se encuentra dividida en siete categorías, donde cada una de ellas posee un factor de emisión característico dado por defecto por el IPCC.

Los factores de emisión utilizados en esta sección se encuentran señalados en la siguiente tabla:

Tabla 64: factores de emisión asociadas a la producción de alimentos

Alimento	Factor de emisión [kg COVNM/t alimento]
Azúcar	10
Margarina y grasas sólidas de cocina	10
Pan	8
Pienso para animales	1

Fuente: IPCC 1996

Fuente de información para realizar los cálculos

Los datos de producción requeridos para estimar las emisiones asociadas a este sector industrial fueron entregadas en la totalidad de los años por la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA) para el azúcar, sin embargo las estadísticas de producción asociadas a la fabricación de grasas sólidas de cocina, pienso para animales y pan entregadas por el INE sólo fueron evaluadas por dicha entidad para los años 1991 a 2006.

Para los años sin información se consideró el índice de producción física industrial del sector “fabricación de productos alimenticios” entregado por la Sociedad de Fomento Fabril (SOFOFA).

Cálculos y generación de series de tiempo

Se deben estimar los datos productivos inexistentes para lo cual se ha determinado correlacionar los datos faltantes con el índice de producción física industrial del sector “fabricación de productos alimenticios” entregados por la SOFOFA (ver Anexo 1)

Se debe señalar que no hay registro disponible de producción nacional para pasteles, biscochos, cereales y tostados del café. Con respecto a la carne, pescado y aves, se conoce

la producción nacional, pero no es posible determinar cuánta de ésta se procesa finalmente en Chile para emitir COVNM, por lo que se ha considerado no incluirla.

La siguiente tabla muestra la producción de cada tipo de alimento desde los años 1984 a 2006:

Tabla 65: Producción nacional de alimentos

Año	Azúcar [t]	Margarina y grasa sólidas de cocina [t]	Pan [t]	Pienso para animales [t]
1984	332.050	55.812*	40.485*	527.426*
1985	323.070	55.263*	40.087*	522.236*
1986	443.660	61.803*	44.831*	584.037*
1987	402.360	62.402*	45.265*	589.698*
1988	410.000	63.949*	46.388*	604.322*
1989	412.480	70.090*	50.842*	662.349*
1990	343.360	68.542*	49.719*	647.724*
1991	333.950	74.478	54.025	703.817
1992	485.400	73.881	56.014	908.784
1993	451.050	61.674	53.123	1.012.544
1994	464.340	53.851	53.373	1.117.803
1995	534.880	51.680	53.225	1.184.514
1996	442.210	62.264	52.203	1.282.957
1997	357.450	62.003	53.114	1.398.725
1998	470.640	60.886	52.931	1.565.607
1999	420.220	59.017	48.955	1.661.328
2000	443.050	56.965	48.326	1.917.219
2001	468.860	66.853	46.868	2.221.122
2002	523.620	50.072	40.030	933.042
2003	337.930	47.291	41.221	1.013.291
2004	400.690	46.247	45.261	1.036.114
2005	405.680	43.238	57.819	1.203.627
2006	338.000	40.671	66.934	1.377.637

* Valores estimados basándose en método de sustitución

Fuente: INE

A partir de los datos mencionados anteriormente se han podido cuantificar las emisiones asociados a cada categoría de alimentos. La siguiente tabla señala los resultados obtenidos y la figura muestra su evolución en el tiempo:

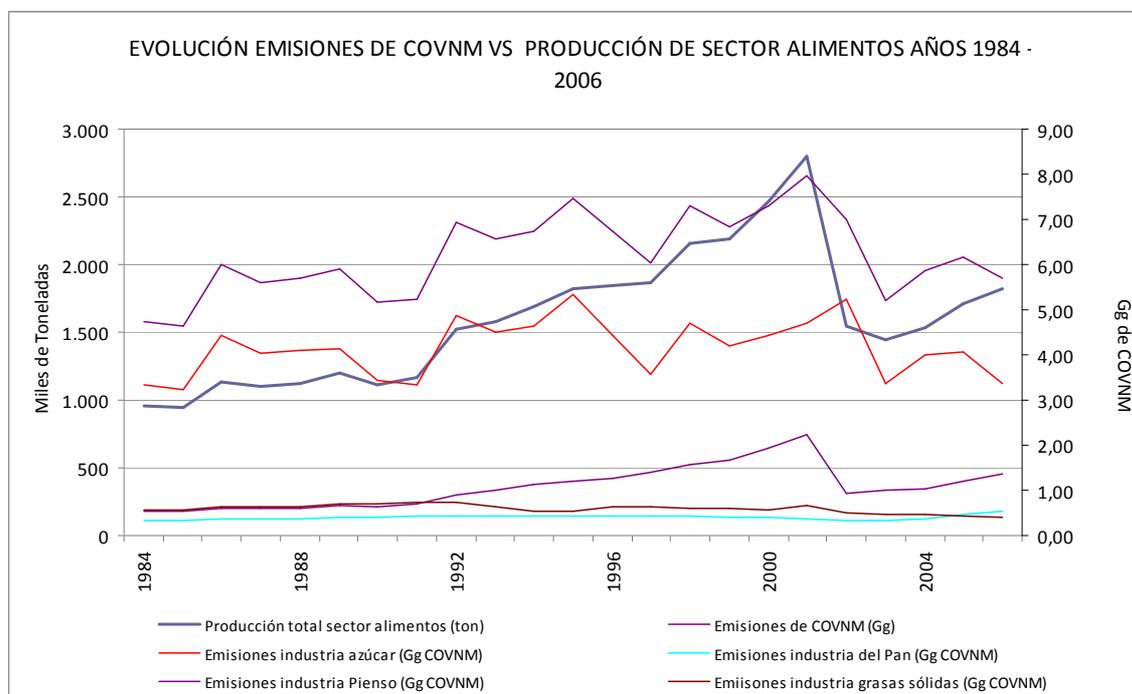
Tabla 66: Emisiones de COVNM generadas por la industria de alimentos

Año	Azúcar [Gg COVNM]	Margarina y grasa sólidas de cocina [Gg COVNM]	Pan [Gg COVNM]	Pienso para animales [Gg COVNM]	Total [Gg COVNM]
1984	3,32	0,56	0,32	0,53	4,73
1985	3,23	0,55	0,32	0,52	4,63
1986	4,44	0,62	0,36	0,58	6,00
1987	4,02	0,62	0,36	0,59	5,60
1988	4,10	0,64	0,37	0,60	5,71
1989	4,12	0,70	0,41	0,66	5,89
1990	3,43	0,69	0,40	0,65	5,16
1991	3,34	0,74	0,43	0,70	5,22
1992	4,85	0,74	0,45	0,91	6,95
1993	4,51	0,62	0,42	1,01	6,56
1994	4,64	0,54	0,43	1,12	6,73
1995	5,35	0,52	0,43	1,18	7,48
1996	4,42	0,62	0,42	1,28	6,75
1997	3,57	0,62	0,42	1,40	6,02
1998	4,71	0,61	0,42	1,57	7,30
1999	4,20	0,59	0,39	1,66	6,85
2000	4,43	0,57	0,39	1,92	7,30
2001	4,69	0,67	0,37	2,22	7,95
2002	5,24	0,50	0,32	0,93	6,99
2003	3,38	0,47	0,33	1,01	5,20
2004	4,01	0,46	0,36	1,04	5,87
2005	4,06	0,43	0,46	1,20	6,16
2006	3,38	0,41	0,54	1,38	5,70

Fuente: Elaboración propia.

La evolución temporal de las emisiones se muestra en el siguiente grafico:

Ilustración 36: Evolución emisiones de COVNM vs. producción de Sector Alimentos años 1984 - 2006



Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones

La tendencia de las emisiones muestra el aumento de las emisiones para cada uno de los sectores contenidos en la industria de alimentos a excepción de las emisiones generadas por la fabricación de margarina y grasas sólidas para cocinar el cual muestra una disminución del año 1984 a 2006 de 27% en sus emisiones. Por otro lado se puede observar la gran cantidad de emisiones de COVNM generadas por la industria del azúcar (67% del total) en comparación a la industria del pan y de la fabricación de pienso para animales, independiente de que la producción de ésta última es mayor a la de azúcar.

Las emisiones de COVNM generadas por producción azúcar, pan y pienso para animales han aumentado desde 1984 a 2006 en un 2, 65 y 161% respectivamente, dando como resultado un aumento total por sector de 21%.

Metodología de obtención de datos de los inventarios a futuro

Obtener la producción del azúcar de la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA) la de grasas sólidas de cocina, pienso para animales y pan del Instituto Nacional de Estadísticas (INE). En caso de no existir información, considerar el índice de producción física industrial del sector “fabricación de productos alimenticios” entregado por la SOFOFA.

3.14 Consumo de Halocarburos (HFC), Perfluoruros (PFC) y Hexafluoruro de Azufre (SF₆)

Las emisiones relacionadas con la producción de HFC, PFC y SF₆ son resultado de emisiones secundarias durante su proceso de fabricación o debido a emisiones fugitivas. Para el caso de Chile, no se cuenta con información de producción de éstos, por consiguiente sólo se abordarán las emisiones generadas debido a su consumo. En particular se ha asumido que el consumo anual nacional es la diferencia entre las importaciones y las exportaciones, y que por ende no existe variación de stock. La información de importación y exportación ha sido extraída del Sistema Nacional de Aduanas.

Según el IPCC, el consumo en toneladas de halocarburos y hexafluoruro de azufre es igual a las emisiones potenciales en los productos. En consecuencia el valor de la diferencia entre las importaciones y exportaciones de estos gases corresponderá a su potencial emisión. En particular, si la exportación de un producto es mayor a su importación, entonces se asume que la diferencia negativa refleja que el producto poseerá cero potencial de emisión:

Tabla 67: Emisiones potenciales de Halocarburos, perfluoruros y SF₆

Producto	HFC [Gg HFC]	PFC [Gg PFC]	SF ₆ [Gg SF ₆]
1997	-	-	0,002
1998	-	-	0,002
1999	-	-	0,001
2000	-	-	0,001
2001	-	-	0,000
2002	0,005	0,0001	0,001
2003	0,073	0,0001	0,002
2004	0,000	0,0001	0,004
2005	0,003	0,0001	0,003
2006	0,002	0,0001	0,005

Fuente: Servicio Nacional de Aduanas y Elaboración propia.

No se dispone de la información correspondiente para los años y valores de la tabla anterior que no han sido mostrados.

3.15 Comparación de Emisiones por Sector Industrial

Todos los procesos productivos analizados anteriormente emiten algún tipo de GEI o bien un gas precursor. Sin embargo para hacer un análisis comparativo entre sector industrial se ha determinado dividir la comparación entre gases de efecto invernadero y

precursores. Además los resultados de este análisis se basan en información correspondiente al año 2006.

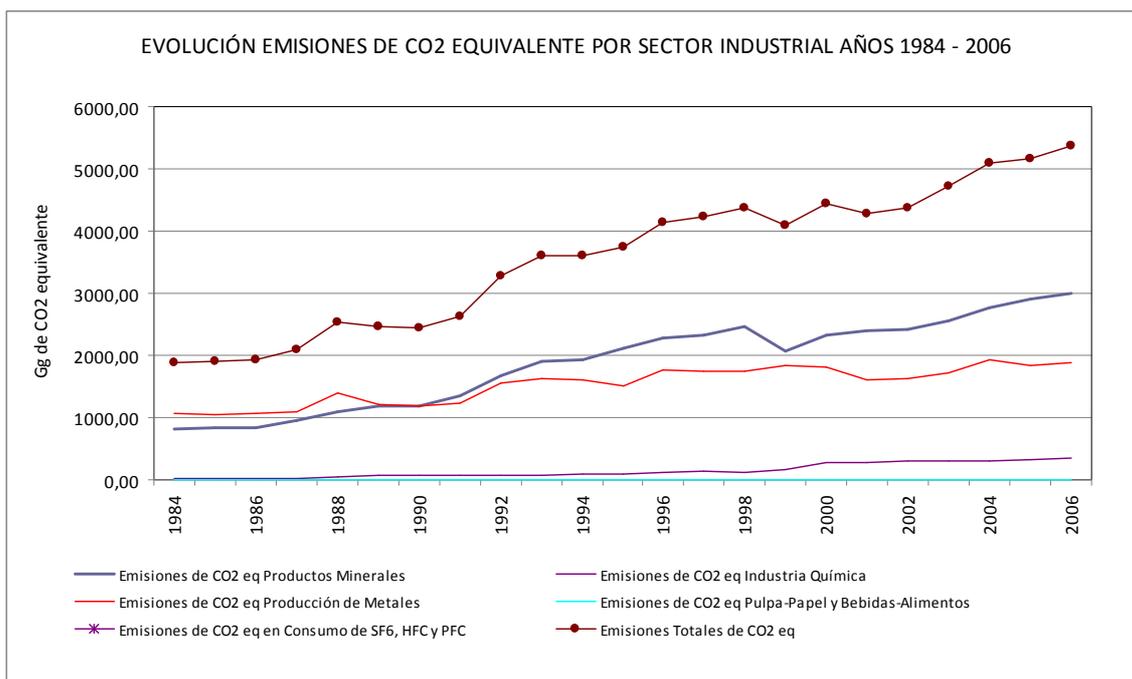
En el primer caso la comparación fue realizada llevando las emisiones a CO₂ equivalente basándose en el potencial de calentamiento global, IPCC 1996, siendo éste:

Tabla 68: Potencial de calentamiento global, IPCC 1996

Gas	GWP IPCC, 1996
CO ₂	1
CH ₄	21
N ₂ O	310
HFC-134 _a	1.300
PFC	6.500
SF ₆	23.900

Fuente: IPCC 1996

Ilustración 37: Evolución emisiones de CO₂ equivalente por sector industrial años 1984 - 2006



Fuente: Elaboración propia.

A primera vista se puede apreciar que la evolución de las emisiones totales de CO₂ equivalente es de carácter creciente y fuertemente influenciada por las emisiones de CO₂ equivalente de las industrias de los productos minerales y metales. Los niveles de las emisiones totales de CO₂ equivalente han crecido un 284% entre 1984 y el 2006, y en

Inventario Nacional de Emisiones de GEI

particular de 1990 al 2006 el aumento ha sido de 220%, alcanzando el año 2006 un valor de 5.361 Gg CO₂ equivalente.

Desde 1984 y hasta 1989 las emisiones de la industria de metales representaban un mayor impacto que la industria de los productos minerales, y desde 1990 en adelante las emisiones de la industria de productos minerales se dispara por sobre la de los metales.

El fuerte incremento experimentado en las emisiones totales de CO₂ equivalente que se aprecia el año 1988 se refleja en el similar aumento de las emisiones de la industria de los metales, la cual responde principalmente a un aumento en la producción de acero. De igual manera la disminución observada el año 1999 se refleja de igual manera en baja de las emisiones de los productos minerales la cual se representa principalmente por la producción nacional de cemento.

4. EMISIONES POR USO DE SOLVENTES

Por razones metodológicas, las emisiones de los Compuestos Orgánicos Volátiles no Metánicos (COVNM) por el uso de solventes han sido clasificadas en: 1.-uso de pinturas, 2.-uso de adhesivos y 3.-uso de solventes domésticos. Además se ha tenido en cuenta las emisiones por Fabricación de pinturas (base agua y base aceite).

La categoría de uso de pinturas incluye: uso industrial, uso residencial y pintado de autos (fabricación de autos y mantenimiento o repintado); uso de adhesivos incluye pegamentos y adhesivos y finalmente el uso de solventes incluye: líquidos para limpiar y desmanchadores, cera para pisos, desodorantes ambientales y personales, insecticidas, fumigantes y desinfectantes.

En general, la metodología desarrollada para cada uno de ellos se basa en información detallada en el estudio “Actualización del inventario de emisiones de la Región Metropolitana” realizado en el año 1999 por CENMA.

4.1 Análisis de experiencia internacional en el uso de metodologías

Para la revisión de la documentación referente a la experiencia en inventarios de emisiones por uso de solventes y productos afines, desarrollados en España y algunos países de la región (Argentina, Brasil y Perú), se ha tenido en cuenta las Comunicaciones Nacionales para la CMNUCC (información pública en la página web de la UNFCCC(3)), los inventarios de emisión que forman parte de estas Comunicaciones Nacionales y además del inventario más reciente que formará parte de la Segunda Comunicación Nacional de Perú.

En los siguientes párrafos se presentan comentarios de la revisión de los documentos, los mismos que son resumidos en la Tabla 75 donde se presentan las metodologías utilizadas y los argumentos para su elección.

1. Comunicación Nacional de Argentina (segunda)

La comunicación argentina tiene por fecha octubre 2007 e incluye su más reciente Inventario Nacional de emisiones (2000 y las correspondientes revisiones de los años 1990, 1994 y 1997).

Las principales características de Argentina son:

⁽³⁾ Documentación disponible en: www.unfccc.int/national_reports/non-annex_i_natcom/items/2979.php y http://unfccc.int/national_reports/annex_i_natcom/submitted_natcom/items/3625.php

Inventario Nacional de Emisiones de GEI

- Clima variado, destacando el clima propio de las latitudes medias en las provincias patagónicas, es decir las zonas situadas entre los cálidos trópicos y los fríos polos.
- Cuenta con una población de 38 millones de habitantes, con una esperanza de vida de 74 años, siendo el porcentaje de personas que viven en hogares con necesidades insatisfechas del 17,7% del total poblacional.
- La economía experimentó una aguda crisis entre 1998 y 2002, empezando su recuperación en el segundo trimestre del 2002.
- Uno de los sectores con mayor crecimiento es la producción industrial (18% del PBI), con un promedio anual de crecimiento del 11%, destacando el sector automotriz como uno de los más importantes.
- Otro de los sectores más importantes en crecimiento es el sector construcción.

En cuanto a las características del inventario emisión de gases efecto invernadero, el cálculo de las emisiones fue realizado teniendo en cuenta la metodología recomendada por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático IPCC (1997, versión revisada de 1996) y la Guía para Inventario de Emisiones EMEP/CORINAIR.

Los Gases Efecto Invernadero incluidos en el inventario argentino han sido clasificados en las siguientes categorías:

- GEI directos de primera categoría : CO₂, CH₄ y N₂O
- GEI directos de segunda categoría : HFCs, PFCs y SF₆
- GEI indirectos : CO, NO_x, COVNM (compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano)
- SO₂

Los factores de emisión han tenido tres fuentes: factores por defecto de la Guía para los inventarios nacionales GEI del IPCC (2006), factores locales obtenidos por las características físico-químicas de las fuentes (especialmente en el sector energía) y los factores de las guías EMEP/CORINAIR (2004-a) para las emisiones por uso de solventes y productos afines, esta última es considerada como la adecuada para el cálculo de las emisiones en este sector.

En las emisiones por el uso de solventes y productos afines se ha tenido en cuenta la participación de cada una de las actividades que conforman este sector. Las actividades consideradas en este sector son:

- Uso de pintura en la industria automotriz.
- Uso de pinturas en edificios.
- Uso de pinturas en otras aplicaciones industriales (construcción de barcos, producción de metales, producción de plásticos, acabado de vehículos y productos fabricados en madera)
- Uso de solventes para desgrasado en industrias, artes gráficas (imprentas), gomas y adhesivos, y en productos de uso doméstico.

Los factores de emisión para el uso de solventes se presentan en las siguientes tablas, según las actividades de este sector:

- Uso de pintura en la industria automotriz.

Tabla 69: Factores de emisión para uso de pintura en la industria automotriz

Categoría	COVNM [Kg de gas /vehículo]
Automóviles	22,82 ²
Utilitarios ¹	20,6
Transporte de carga	14,43 ³
Vehículos pasajeros	135,83 ³

¹ Se le asigna el FE que el CORINAIR indica para los vehículos tipo Van

² Corresponde el promedio que el CORINAIR indica para vehículos pequeños y grandes

³ Corresponde a la suma de los valores promedio indicados por el CORINAIR para la pintura para el cuerpo y el chasis

- Uso de pinturas en edificios.

Tabla 70: Factores de emisión en edificaciones

Categoría	COVNM [Kg de gas /vehículo]
Edificaciones	1,93

Fuente: CORINAIR (EMEP-CORINAIR-b, 2004)

- Uso de pinturas en otras aplicaciones industriales (construcción de barcos, producción de metales, producción de plásticos, acabado de vehículos y productos fabricados en madera)

Debido a que en Argentina no se cuenta con información suficiente en esta actividad, para el cálculo de las emisiones se ha considerado la relación de participación en las emisiones totales de COVNM, entre esta actividad y el uso de pinturas en edificios. Estos datos de participación están basados en las estadísticas de más de 25 países presentados en la metodología CORINAIR. De esta manera la ecuación para estimar las emisiones por estas actividades queda como:

Ecuación 5

$$E_{GEI, otras\ ind} = 0,84 \times E_{GEI, pint_edif}$$

Donde:

$E_{GEI, otras_ind}$: emisiones por uso de pinturas en otras actividades industriales

0,84 : relación de participación entre las actividades *uso de pinturas en otras aplicaciones industriales* y *uso de pintura en edificaciones*

$E_{GEI, pinturas_edif}$: emisiones en la actividad *uso de pintura en edificaciones*

- Uso de solventes para desgrasado en industrias, artes gráficas (imprentas), gomas y adhesivos, y en productos de uso doméstico

Tabla 71: Factores de emisión en uso de solventes para diferentes categorías

Categoría	COVNM [Kg de gas /habitante-año]
Desgrasado en industrias	0,85
Artes gráficas	0,65
Gomas y adhesivos	0,60
Productos de uso doméstico	1,80

Fuente: CORINAIR (EMEP-CORINAIR, 2004-a, tabla 8.1.1)

2. Comunicación Nacional de Brasil (comunicación inicial)

En esta Comunicación Nacional brasileña se incluye el primer Inventario Nacional Brasileño de Emisiones Antrópicas GEI.

Las características principales de Brasil se pueden resumir en:

- Es un estado federado, con una población de 138 millones de habitantes.
- El territorio brasileño, por razones geográficas, puede ser dividido en: región amazónica y región extra-amazónica. Buena parte del territorio brasileño está cubierto por vegetación, alcanzando 55000 especies de plantas.
- Económicamente Brasil ha tenido un crecimiento continuo a partir del año 2000.
- Los sectores con más participación en el PBI brasileño son: servicios e industria (54,79% y 37,52%, respectivamente). La industria automotriz tiene gran importancia en Brasil.

Si bien en este documento se señala el uso de la Guía para los inventarios nacionales GEI del IPCC (2006), también se menciona que se debe hacer un análisis respecto a los factores de emisión, puesto que éstos han sido estimados para países desarrollados, cuya tecnología y características no son diferentes a los países en vías de desarrollo y por tanto no siempre reflejan las realidades de éstos. Los sectores donde la diferencia se hace más notoria son: biomasa, uso de tierra y el sector forestal. Por esta razón algunos de estos factores han sido ajustados a la realidad brasileña. Además se menciona el uso de diferentes fuentes de información para los factores de emisión.

El inventario brasileño considera las emisiones de:

- GEI directos de primera categoría : CO₂, CH₄ y N₂O
- GEI directos de segunda categoría : HFCs, PFCs y SF₆
- GEI indirectos : CO, NO_x, COVNM (compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano)

El cálculo de las emisiones por este tipo de fuente fue realizado teniendo en cuenta las Directrices del IPCC (1997) y CORINAIR (1996). Las actividades incluidas en este sector son:

- Aplicación de pintura (sub-actividades: industria automotriz, construcción, uso doméstico y otros usos industriales)

- Desengrase de metales.
- Lavado al seco.
- Fabricación de poliestireno y depoliuretano.
- Industria de la impresión.
- Extracción de aceite vegetal.
- Uso doméstico (aerosoles, perfumes, desodorantes, removedores, limpiadores, desinfectantes, solventes, materiales para el cuidado del automóvil)
- Aireación de asfalto.
- Conservación de madera

Se ha considerado los siguientes factores de emisión, tomados de CORINAIR (1996), puesto la clasificación de las categorías es la más adecuada y es recomendada en la Guía del IPCC:

- Aplicación de pintura (sub-actividades: industria automotriz, construcción, uso doméstico y otros usos industriales)
- Industria automotriz:

Tabla 72: Factores de emisión en la industria automotriz

Tipo de automóvil	Superficie pintada	Factor de emisión de COVNM [g/m ²]
Auto pequeño	65	203
Auto grande	117	277
camión	171,5	120
Van	120	120
:Bus	271,5	500

Fuente: CORINAIR, 1996

- Construcción : 1,2 kg/persona-año
- Uso doméstico : 0,73 kg/persona-año

- Otros usos industriales : Se ha considerado la relación entre la *industria automotriz y otros usos industriales*. Según las estadísticas de 28 países, se ha obtenido en promedio los siguientes valores (CORINAIR 2006):

Tabla 73: Estadísticas de la participación de emisiones totales de COVNM, en la industria automotriz y otras aplicaciones (promedio de 28 países)

Sub actividad	Contribución al total de emisiones de COVNM
Industria automotriz	0,6%
Otras aplicaciones industriales	3,3%
Ratio (B/A)	5,5

- Desengrase de metales.

En esta actividad es usado frecuentemente el tetracloroetileno (llamado también percloroetileno - PERC). Se ha considerado que esta actividad consume el 93% de la producción nacional brasileña. El factor de emisión usado es: 1 kgCOVNM/kg_solvente_usado.

- Lavado al seco.

En esta actividad se considera que el 4% de percloroetileno – PERC es usado para limpieza al seco. El factor de emisión usado es: 1 kgCOVNM/ kg_solvente_usado.

- Fabricación de poliestireno y depoliuretano.

Se considera que un 6% del agente formador es incluido dentro de la espuma de poliuretano después del proceso de estiramiento.

- Industria de la impresión.

Se considera un factor de: 0,7 kgCOVNM/persona·año

- Extracción de aceite vegetal.

Se ha considerado el factor de 0,85 kgCOVNM/ton_semilla·granos_triturados

- Uso doméstico (aerosoles, perfumes, desodorantes, removedores, limpiadores, desinfectantes, solventes, materiales para el cuidado del automóvil)

Se considera un factor de: 640 gCOVNM/persona·año

3. Comunicación Nacional de España (cuarta)

En la Comunicación Nacional española se presentan los resultados del inventario nacional de emisiones de GEI (años 1990-2006) ⁽⁴⁾, según sus compromisos establecidos por ser país Anexo 1.

Las características principales de España son:

- Al 2005 se estima una población de 45 mil habitantes.
- La Península Ibérica se configura como un gran pentágono con orografía compleja y elevada variedad climática interanual (valores diarios extremos). Existen algo más de 4°C de diferencia entre las temperaturas medias entre la costa septentrional y meridional (gradiente de variación ligeramente mayor a 1°C/200km)
- A partir de la adhesión española a la Comunidad Europea (1986) se ha seguido un ritmo de expansión. Los sectores con mayor expansión son: servicios, construcción e importaciones y exportaciones de servicios. El sector industria ha tenido una ligera reducción.

La metodología utilizada para la elaboración de sus inventarios, se caracteriza por presentar las siguientes categorías:

- Métodos basados en la observación directa, los mismos que pueden ser de medición continua o de intervalos periódicos.
- Métodos basados en procedimientos de cálculo, los mismos que tienen como base metodológica y factores de emisión de: Manual de referencia del IPCC (1997- volumen 2), Guía para los inventarios nacionales GEI del IPCC (1996, versión

⁽⁴⁾ Disponible en:

http://unfccc.int/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventories_submissions/items/4303.php

revisada) y la Guía de Buenas prácticas y gestión de incertidumbre para inventarios nacionales - IPCC(2000)

- Además se ha utilizado el libre guía de EMEP/CORINAIR, que es el proyecto que utiliza el sistema de nomenclatura SNAP (Selected Nomenclature for Air Pollution) y es coordinado por la Agencia Europea del Medio Ambiente y EMEP (European Monitoring and Evaluation Program). El sistema SNAP y la metodología EMEP/CORINAIR integran la mayor parte de los inventarios en los países europeos. La Secretaría de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático usa como referencia el sistema SNAP, el que además guarda correlación con el sistema desarrollado por IPCC-OCDE-AIR para la estimación de gases efecto invernadero.

Para el sector *uso de solventes y productos afines* (considerado como el de menor contribución en las emisiones GEI) se utilizó el libro guía EMEP/CORINAIR, el mismo que es referenciado en gran número por las Guías del IPCC. Además se han considerado métodos nacionales complementados con los factores del EMEP/CORINAIR (EGTEI-CLRTAP/EMEP e IIASA-RAINS, los que a su vez recomendaron el uso de EMEP/CORINAIR)⁽⁵⁾.

Las categorías consideradas en este sector son:

- Aplicación de pintura.
- Limpieza en seco y desengrase.
- Fabricación y tratamiento de productos químicos.
- Otros (uso de disolventes, N₂O y actividades relacionadas)
- Preservación de la madera (considerado en la última versión del inventario).

Un tratamiento especial mereció la industria automotriz, donde se ha realizado un tratamiento individualizado en cada planta, recabando la información sobre cantidades de concentrado y disolvente utilizadas y sus contenidos en COVNM en las distintas fases de las líneas de pintado del proceso productivo, así como de los procesos de recuperación y eliminación implantados en cada centro, de manera que la emisión se estima por balance de masas.

⁽⁵⁾ IIASA: International Institute for Applied Systems Analysis
EGTEI: Expert Group on Techno-Economic Issues.

Se ha considerado el siguiente algoritmo para conversión de COVNM a CO₂e:

Ecuación 6:

$$E_{CO_2e} = 0,85 \times E_{COVNM} \times 44/12$$

Donde:

- E_{CO_2e} : Emisiones de CO₂e en el sector *uso de solventes y productos afines*
0.85 : Coeficiente para pasar la masa de COVNM a masa de carbono
44/12 : Factor para expresar la masa del carbono a CO₂

4. Comunicación Nacional de Perú (primera)

En esta primera comunicación no se consideran las emisiones locales para uso de solventes y otros productos afines, debido a que el Panel Intergubernamental de Cambio Climático IPCC, no contaba con metodología publicada para ese tipo de fuentes de emisión.

Las características principales de Perú se pueden resumir en:

- Debido a su geografía accidentada, posee un clima diverso con una variedad de pisos ecológicos, lo que da lugar a zonas de vida que albergan una gran diversidad biológica.
- Es una república democrática, que cuenta con una población de 28 millones de habitantes.
- La economía peruana después de un periodo de inestabilidad entre 1985 y 1990 cuyo panorama mejora a partir de esta década debido a las reformas estructurales ejecutadas por el gobierno y al favorable contexto internacional.
- Los sectores importantes (1999) son el de servicios (65,23% del PBI) e industrial (25,53%)
- Actualmente el crecimiento más marcado se da en los sectores minero, energético, industrial y de construcciones.

Inventario Nacional de Emisiones de Perú (base 2001)

Este inventario formará parte de la segunda comunicación peruana y ha considerado la metodología presentada en la Guía de Evaluación Rápida de la OMS, la misma que sigue la metodología y factores de emisión de Economopoulos. No obstante para el sector *uso de solventes y productos afines* se utilizaron los factores de emisión de la EPA/AP-42 y SCC de México (traducción al español de EPA), por ser éstas las fuentes de información más completas.

Los gases efecto invernadero incluidos en el inventario peruano son sido los siguientes:

- GEI directos de primera categoría : CO₂, CH₄ y N₂O
- GEI indirectos :CO, NO_x, COVNM (compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano)
- SO₂, H₂S

Los factores de emisión usados son los valores por defecto proporcionados la Guía para los inventarios nacionales GEI del IPCC (1996), así también, para el sector energético, industrial, pesca y transporte se usó la Guía de evaluación de la contaminación de fuentes de aire, publicada por la Organización Mundial de la Salud, para los denominados contaminantes criterios del aire (MP, SO₂, NO_x, CO y COVNM). Por otro lado, se define un factor de ponderación de la toxicidad humana para algunos de estos gases, que establece una relación entre los principales contaminantes del aire y su toxicidad en humanos, basándose en el NO_x y ponderando sus valores para el resto de contaminantes, como se muestra en el siguiente la tabla 6, estos valores permiten evaluar la toxicidad de los gases por sector.

Tabla 74: Factores de ponderación de toxicidad humana, para distintos contaminantes

Contaminante	Factor de ponderación
MP	4,3
SO ₂	4
NO _x	1
CO	0,26
COVNM	2

Fuente: Centrum loor Milieukunde Leiden CML
(Centro de Ciencias del Ambiente de Leiden)

Para la realización del inventario se han tenido en cuenta los sectores considerados en las Directrices del Panel Intergubernamental de Cambio Climático IPCC, versión 1996; que incluyen, los siguientes sectores:

- Energía, que evalúa la emisión por los procesos de combustión de las diferentes actividades industriales, dentro de las cuales se consideran las emisiones por quema de combustibles, así como las emisiones fugitivas.
- Procesos industriales, que avalúa las emisiones por los procesos de la transformación de materia prima propiamente dichos.
- Agricultura, las emisiones que se consideran, son las generadas por las actividades inherentes a la producción agrícola ya sea debido a prácticas tradicionales o a las características propias de los cultivos en uso.
- Uso de suelos y deforestación, se toman en cuenta las emisiones por el aprovechamiento de los bosques tropicales y por los cambios de uso de tierra
- Desechos, el cual considera las emisiones de metano generadas por las actividades las actividades principales como son el tratamiento de aguas residuales y la disposición de residuos en rellenos sanitarios.

En cuanto a las emisiones generadas por el uso de solventes y productos afines, son incluidas dentro del sector de procesos industriales y considerados de manera general como Compuestos Orgánicos Volátiles diferentes del metano (COVNM). Las actividades industriales de este sector que aportan a esta cuantificación son:

- Productos minerales, se considera la producción de minerales no metálico
- Industria química, que toma en cuenta la producción de aditivos químicos.
- Producción de metales, abarca la producción de hierro y acero principalmente.
- Alimentos y bebidas, dentro del cual se incluye la producción de los alimentos y bebidas de mayor demanda, así también incluye la producción de harina de pescado, por la que se tiene que incluir el H₂S como emisión de esta actividad.

Además se consideraron otras actividades no industriales que pueden ser incluidas en el sector uso de solventes y productos afines, éstas han sido clasificadas según la Guía de evaluación de la contaminación de fuentes de aire, publicada por la Organización Mundial de la Salud, y se incluye:

Inventario Nacional de Emisiones de GEI

- Aplicación de pintura (sólo industria automotriz, usos en carpintería)
- Lavado al seco.
- Industria de la impresión.

No fue posible incluir otras actividades debido a la falta de información del nivel de actividad de las fuentes.

Síntesis de la información revisada (inventarios en España y algunos países en Sudamérica)

De los cuatro inventarios revisados, tres de ellos utilizan los factores recomendados por la metodología EMEP/CORINAIR y sólo Perú utiliza los factores de la EPA/AP-42. Todos los inventarios revisados siguen principalmente la metodología recomendada en la Guía para los inventarios nacionales GEI del IPCC (en sus diferentes versiones)

En la siguiente tabla se presenta una síntesis comparativa de las fuentes de información utilizadas para definir los factores de emisión en el sector *uso de solventes y otros productos afines*.

Tabla 75: Factores de emisión para uso de solventes y productos afines por país

País	Metodología utilizada	Justificación	Características principales
Argentina	CORINAIR 2004	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Considerada como la más adecuada para el sector, por el tipo de información requerida. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Importante crecimiento del sector industrial, especialmente de la industria automotriz. ▪ Importante crecimiento de las actividades de construcción.
Brasil	CORINAIR 1996	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Recomendada por el IPCC y es la más adecuada según el análisis previo. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ El segundo sector con más expansión es industria, dentro del cual la industria automotriz es una de las más importantes.
España	EMEP/CORINAIR 2004	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Recomendación por análisis nacional de: IIASA (International Institute for Applied Systems Analysis) y EGTEI: Expert Group on 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ligera reducción del crecimiento del sector industrial. ▪ Uso de SNAP (Selected Nomenclature for Air Pollution) y el libro guía

		Techno-Economic Issues.	de EMEP/CORINAIR, los que integran la mayor parte de los inventarios en los países europeos.
Perú	AP-42 de la EPA	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Se ha seguido la Guía de evaluación de la contaminación de fuentes de aire, publicada por la Organización Mundial de la Salud, complementada con algunos factores de EPA/AP-42. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Recuperación económica a partir de 1995, lo que repercutió en un crecimiento del sector industrial. ▪ Varias actividades dentro del sector <i>uso de solventes</i> y <i>productos afines</i> no han sido tomados en cuenta por falta de información: uso doméstico, construcción y otros usos industriales.

Fuente: Análisis de Inventarios y Comunicaciones Nacionales por país

Es importante resaltar que tanto en la versión actual, como en las anteriores, las Guías para la elaboración de Inventarios del IPCC (2006), no proveen información para el cálculo de las emisiones por uso de solventes y productos afines. Sin embargo en el Volumen 3, capítulo 5.5 se hace referencia a las Guías de Inventario de emisiones EMEP/CORINAIR.

4.2 Fabricación de pinturas

Metodología

La metodología seguida para el cálculo de las emisiones de COVNM es la metodología general recomendada por el IPCC, la misma que aplica un factor de emisión al nivel de actividad:

Ecuación 7

$$E_{CO_2} = N_i \times f_i$$

Donde:

N_i : es el nivel de actividad de la fuente, en este caso la cantidad de pintura fabricada

f_i : factor de emisión por tipo de pintura (al agua o aceite), en kgCOVNM/kg_pintura

Los factores de emisión utilizados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 76: Factores de emisión por fabricación de tipo de pintura

Fuentes	Actividad	Nivel de actividad	Factores de Emisiones [Kg COVNM /m ³]
Fabricación de pinturas	Base agua	[ton ó m ³]	52,50
	Base solvente	(se asume 1kg/litro)	343,62

El cálculo de las emisiones se obtuvo multiplicando la cantidad de pintura producida (en toneladas) por su respectivo factor, dependiendo del tipo de base (agua o aceite).

Fuente de información para realizar los cálculos

La fuente de información para realizar los cálculos fue el Índice de Producción y Venta Física del INE. Los factores de emisión fueron obtenidos del estudio de “Actualización del inventario de emisiones de la Región Metropolitana”, realizado por CENMA.

Cálculos y generación de series de tiempo

En base a los datos recopilados, se calcularon las emisiones COVNM, considerando las emisiones por fabricación de pintura base agua y base aceite.

Tabla 77: Emisiones COVNM por fabricación de pintura base agua

Año	Producción	Factor emisión [kgCOVNM/t]	Emisiones [tCOVNM]
1990	17.064	52,5	895
1991	19.198	52,5	1.007
1992	23.199	52,5	1.217
1993	26.482	52,5	1.390
1994	29.455	52,5	1.546
1995	30.325	52,5	1.592
1996	31.326	52,5	1.644
1997	34.018	52,5	1.785
1998	39.275	52,5	2.061
1999	34.872	52,5	1.830
2000	37.994	52,5	1.994

2001	39.855	52,5	2.092
2002	40.916	52,5	2.148
2003	43.314	52,5	2.274
2004	46.444	52,5	2.438
2005	51.335	52,5	2.695
2006	52.176	52,5	2.739
P/ 2007	56.167	52,5	2.948

Tabla 78: Emisiones COVNM por fabricación de pintura base aceite

Año	Producción	Factor emisión [kgCOVNM/t]	Emisiones [tCOV]
1990	23.136	343,62	7.950
1991	26.171	343,62	8.992
1992	31.122	343,62	10.694
1993	34.055	343,62	11.702
1994	36.896	343,62	12.678
1995	39.206	343,62	13.472
1996	42.427	343,62	14.578
1997	43.360	343,62	14.899
1998	44.405	343,62	15.258
1999	42.159	343,62	14.486
2000	43.611	343,62	14.985
2001	38.960	343,62	13.387
2002	36.789	343,62	12.641
2003	37.831	343,62	12.999
2004	34.968	343,62	12.015
2005	45.272	343,62	15.556
2006	55.519	343,62	19.077
P/ 2007	60.168	343,62	20.674

La generación de series de tiempo se realizó en base a los datos calculados que se muestran en las tablas anteriores. La serie de tiempo queda determinada por:

Ecuación 8

$$Y_t = \frac{1}{q+1} \sum_{k=0}^q X_{t-k}$$

Donde:

Y_t es el valor para el año t

$$X_t = Y_t - Y_{t-k}$$

q es el número de series anteriores a la serie faltante.

De esta manera y considerando un factor de emisión constante, se generó la serie de datos:

Tabla 79: Generación de series de tiempo para las emisiones COVNM por fabricación de pintura base agua

Año	Producción	Factor emisión [kgCOVNM/t]	Emisiones [tCOV]	X_t
1979		52,50	55,1 (-6,7)	61,8
1980		52,50	55,1	71,7
1981		52,50	126,8	63,1
1982		52,50	189,9	69,4
1983		52,50	259,3	73,3
1984		52,50	332,6	75,6
1985		52,50	408,3	81,1
1986		52,50	489,4	88,6
1987		52,50	578,0	100,8
1988		52,50	678,8	103,0
1989		52,50	781,8	114,1

Como se observa, el valor para el año 1979 no puede ser real (-6.7), por lo tanto se puede asumir que ese año es igual al de 1980 (55.1).

Tabla 80: Generación de series de tiempo para las emisiones COVNM por fabricación de pintura base aceite

Año	Producción	Factor emisión [kgCOVNM/t]	Emisiones [tCOV]	X_t
1979		343,62	3.330	398,9
1980		343,62	3.729	411,8
1981		343,62	4.140	383,2
1982		343,62	4.524	402,4

1983		343,62	4.926	338,4
1984		343,62	5.264	307,4
1985		343,62	5.572	322,9
1986		343,62	5.895	278,2
1987		343,62	6.173	446,8
1988		343,62	6.620	622,9
1989		343,62	7.243	706,9

Para estas emisiones no hay ningún problema en la regresión, por lo que los valores pueden ser considerarse aceptables.

4.3 Uso de pinturas

Metodología

La metodología es la misma aplicada anteriormente:

Ecuación 9

$$E_{\text{COVNM } i} = N_i \times f_i$$

Donde:

$E_{\text{COVNM } i}$: Emisiones de COVNM generadas por la fuente i

N_i : Nivel de actividad de la fuente i . para este caso el nivel de actividad será medido indirectamente por el número de habitantes en Chile.

f_i : Factor de emisión identificado para la fuente i . que para este caso será el factor indirecto en kgCOVNM/persona·año.

Los factores de emisión indirectos mostrados en la siguiente tabla fueron considerados porque no se tienen factores directos, tampoco se tienen datos directos del nivel de actividad.

Tabla 81: Factores de emisión COVNM para uso de pinturas

Fuentes	Actividad	Nivel de actividad	Factores de Emisiones	Referencia
Usos de pintura				
Uso industrial		[personas]	2,7 [kg/persona·año]	Promedio para Europa en la Guía EMEP-CORINAIR del 2007. Los datos son para el año 1990.
Uso residencial		[personas]	0,27 [kg/persona·año]	
Pintado de autos	Fabricación de autos	[kg pintura]	675 [g/kg pintura]	Calculado de datos no publicados en UK.
	Mantenimiento o repintado	[kg pintura]	700 [g/kg pintura]	

No se abordará las emisiones relacionadas al pintado de autos, dado que no se posee información suficiente.

Fuente de información para realizar los cálculos

La fuente de información para los cálculos fue el INE, para datos poblacionales.

Cálculos y generación de series de tiempo

Los cálculos fueron realizados en base a la información del INE (Chile: Proyecciones y estimaciones de población).

Tabla 82: Cálculos de emisiones COVNM por Uso industrial y residencial

Año	Personas	Uso industrial [kg/persona año]	Uso residencial [kg/persona año]	Uso industrial [tCOVNM]	Uso residencial [tCOVNM]
1979	11.021.982	2,7	0,27	29.759	2.975
1980	11.174.173	2,7	0,27	30.170	3.017
1981	11.359.773	2,7	0,27	30.671	3.067
1982	11.545.372	2,7	0,27	31.172	3.117
1983	11.730.972	2,7	0,27	31.673	3.167
1984	11.916.572	2,7	0,27	32.174	3.217
1985	12.102.174	2,7	0,27	32.675	3.267
1986	12.317.494	2,7	0,27	33.257	3.325
1987	12.532.815	2,7	0,27	33.838	3.383
1988	12.748.135	2,7	0,27	34.419	3.442
1989	12.963.457	2,7	0,27	35.001	3.500

Inventario Nacional de Emisiones de GEI

1990	13.178.782	2,7	0,27	35.582	3.558
1991	13.422.010	2,7	0,27	36.239	3.623
1992	13.665.241	2,7	0,27	36.896	3.689
1993	13.908.473	2,7	0,27	37.552	3.755
1994	14.151.708	2,7	0,27	38.209	3.820
1995	14.394.940	2,7	0,27	38.866	3.886
1996	14.595.504	2,7	0,27	39.407	3.940
1997	14.796.076	2,7	0,27	39.949	3.994
1998	14.996.647	2,7	0,27	40.490	4.049
1999	15.197.213	2,7	0,27	41.032	4.103
2000	15.397.784	2,7	0,27	41.574	4.157
2001	15.571.679	2,7	0,27	42.043	4.204
2002	15.745.583	2,7	0,27	42.513	4.251
2003	15.919.479	2,7	0,27	42.982	4.298
2004	16.093.378	2,7	0,27	43.452	4.345
2005	16.267.278	2,7	0,27	43.921	4.392
2006	16.432.674	2,7	0,27	44.368	4.436
2007	16.598.074	2,7	0,27	44.814	4.481

4.4 Uso de adhesivos

Metodología

La metodología que se utilizará para estimar las emisiones se basa en la multiplicación de datos de consumo de solventes domésticos a nivel nacional por factores de emisión específicos del producto, es decir el nivel de actividad de la fuente por su factor de emisión:

Ecuación 10

$$E_{\text{COVNM},i} = N_i \times f_i$$

Donde:

$E_{\text{COVNM},i}$: Emisiones de COVNM generadas por la fuente i

N_i : Nivel de actividad de la fuente i , para este caso se usarán los datos poblacionales, como una manera indirecta de estimar las emisiones

f_i : Factor de emisión identificado para la fuente i , para este caso se usará un factor de emisión indirecto (gCOVNM/persona·año), puesto que no se cuenta con información para calcular los factores directos.

Tabla 83: Factor de emisión y datos necesarios para estimar las emisiones COVNM por uso de solventes (pegamentos y adhesivos)

Número de habitantes	Factor de Emisión [gCOVNM/persona·año]	Emisión [Gg COVNM/año]
	47,6	

Fuente de información para realizar los cálculos

La fuente de información fueron los datos de población y estimaciones proporcionados por el INE – Chile.

Cálculos y generación de series de tiempo

En la siguiente tabla se presentan los valores por uso de adhesivos, calculados de manera indirecta por el consumo per cápita anual.

Tabla 84: Emisiones COVNM por uso industrial y residencial

Año	Personas	Uso industrial [tCOVNM]	Uso residencial [tCOVNM]	Uso adhesivos [kg/persona•año]	Uso adhesivos [tCOVNM]
1979	11.021.982	29.759	2.975	47,6	32.800
1980	11.174.173	30.170	3.017	47,6	33.712
1981	11.359.773	30.671	3.067	47,6	34.842
1982	11.545.372	31.172	3.117	47,6	35.989
1983	11.730.972	31.673	3.167	47,6	37.156
1984	11.916.572	32.174	3.217	47,6	38.341
1985	12.102.174	32.675	3.267	47,6	39.544
1986	12.317.494	33.257	3.325	47,6	40.964
1987	12.532.815	33.838	3.383	47,6	42.409
1988	12.748.135	34.419	3.442	47,6	43.879
1989	12.963.457	35.001	3.500	47,6	45.373
1990	13.178.782	35.582	3.558	47,6	46.893
1991	13.422.010	36.239	3.623	47,6	48.640

Inventario Nacional de Emisiones de GEI

1992	13.665.241	36.896	3.689	47,6	50.419
1993	13.908.473	37.552	3.755	47,6	52.230
1994	14.151.708	38.209	3.820	47,6	54.073
1995	14.394.940	38.866	3.886	47,6	55.947
1996	14.595.504	39.407	3.940	47,6	57.517
1997	14.796.076	39.949	3.994	47,6	59.109
1998	14.996.647	40.490	4.049	47,6	60.722
1999	15.197.213	41.032	4.103	47,6	62.357
2000	15.397.784	41.574	4.157	47,6	64.014
2001	15.571.679	42.043	4.204	47,6	65.468
2002	15.745.583	42.513	4.251	47,6	66.939
2003	15.919.479	42.982	4.298	47,6	68.426
2004	16.093.378	43.452	4.345	47,6	69.929
2005	16.267.278	43.921	4.392	47,6	71.448
2006	16.432.674	44.368	4.436	47,6	72.908
2007	16.598.074	44.814	4.481	47,6	74.383

4.5 Uso de solventes domésticos

Existen emisiones evaporativas de COVNM generadas por la fabricación y uso de diversos solventes utilizados a nivel doméstico; tal es el caso de líquidos para limpiar. Desmanchadores, desodorantes ambientales, insecticidas, cera para pisos, fumigantes, desinfectantes y desodorantes personales.

Metodología

La metodología que se utilizará para estimar las emisiones se basa en la multiplicación de datos de consumo de solventes domésticos a nivel nacional por factores de emisión específicos del producto, es decir el nivel de actividad de la fuente por su factor de emisión:

Ecuación 11

$$E_{\text{COVNM } i} = N_i \times f_i$$

Donde:

$E_{\text{COVNM } i}$: Emisiones COVNM generadas por la fuente i

N_i : Nivel de actividad de la fuente i

f_i : Factor de emisión identificado para la fuente i

El factor de emisión viene dado por el porcentaje de COVNM liberado / Kg de producto consumido.

El nivel de la actividad es el consumo de solventes domésticos y se obtendrá a partir del presupuesto mensual que cada familia de Chile dedica para fines de compras de solventes, llamado Gasto mensual.

El gasto mensual por hogar y por producto debe ser llevado a gasto anual por hogar, valor que se obtiene sumando los gastos mensuales entregados por la encuesta.

De esta manera, para obtener el resultado de cuanto gasta una persona al año de un producto específico (G_i) se requiere conocer el promedio de personas que integran un hogar.

Debido a que el objetivo de la encuesta es medir el gasto mensual de los hogares, es necesario cambiar la unidad de peso a cantidad en kilogramos, utilizando el precio unitario promedio de los productos y la densidad de ellos, de la forma en que se muestra a continuación:

Ecuación 12

$$C_i = (G_i/p_i) \times \rho_i$$

Donde:

C_i : consumo del producto i [kg/año persona]

G_i : gasto del producto i por persona al año [\$/persona año]

p_i : precio unitario del producto [\$/litro]

ρ_i : densidad del producto [gr /litro]

Una vez obtenido el consumo per cápita por tipo de solvente, en Kg solvente/año, y utilizando el número de habitantes de Chile se obtiene el Consumo anual nacional por tipo de solvente.

Las emisiones liberadas y asociadas a su uso específico, se obtienen al multiplicar el consumo anual de solvente por su factor de emisión, los cuales son:

Tabla 85: Factores de emisión para solventes de uso doméstico

Producto	Factor [%/p COV]		
	Promedio	Mín	Máx
4632: Líquidos para limpiar y desmanchadores ¹	9,1	1	42
4633: cera para pisos	35,2	2	96
4634: desodorantes ambientales	67,3	35,5	95
4635: insecticidas. fumigantes y desinfectantes ²	71,4	10,8	100
9154: desodorante	66,4	43,8	79,5

Fuente: USA-EPA

1: equivalente a "all purpose cleaners summary"

2: se juntaron dos categorías: "insect sprays summary" y "herbicidas y fungicidas"

Finalmente, la sumatoria de las emisiones por tipo de solvente utilizado entregan el valor total nacional de emisiones generadas a partir del uso de solventes doméstico para el año en estudio.

Fuente de información para realizar los cálculos

Para obtener el gasto mensual por hogar en uso de solventes, es necesario recurrir a los resultados de la Encuesta de Presupuestos Familiares que realiza el INE cada 10 años, en ella también se detalla el promedio de personas que integran un hogar.

Los datos respecto al precio por litro de producto (p_i) y sus densidades (ρ_i) son obtenidos a través de supermercados.

La fuente de la cantidad de habitantes del territorio nacional para un año específico es el INE.

Los valores de los factores utilizados corresponden a los especificados en el informe del CENMA. 1999. los cuales se basan en estudios desarrollados por la EPA que especifica las emisiones de solventes de uso doméstico y comercial.

Cálculos y generación de series de tiempo

Siguiendo la metodología señalada, en este inventario, se han utilizado como fuente de información las encuestas de presupuestos familiares realizadas por el INE para los años 1977, 1988 y 1997. Como cada una de ellas se encuentra en función del precio en pesos del año en que se realizó, se deben unificar los resultados a un peso común, en este caso llevados a pesos del año 2008.

Los productos considerados como parte del grupo de solventes de uso doméstico poseen un código específico en la Encuesta de Presupuestos Familiares, los cuales se mantienen a lo largo del tiempo, el detalle de ellos es el siguiente:

- 4632: Líquidos para limpiar y desmanchadores.
- 4633: cera para pisos.
- 4634: desodorantes ambientales.
- 4635: insecticidas, fumigantes y desinfectantes.
- 9154: desodorante.

De esta manera, para obtener el resultado de cuanto gasta una persona al año de un producto específico (G_i) se requiere conocer el promedio de personas que integran un hogar. Éste valor se encuentra incluido en cada una de las encuestas estudiadas, siendo éstos 4,42; 4,09 y 3,84 personas/hogar para los años 1977, 1988 y 1997 respectivamente.

La información requerida para calcular el consumo, C_i , Utilizando la ecuación anteriormente descrita, se muestra en la siguiente Tabla:

Tabla 86: Información para calcular el consumo de productos domésticos

Año	Producto	Gasto medio anual ¹ /persona año	P: Precio del producto (\$/litro) ²	ρ : Densidad (gr/litro) ³
1978	Líquidos para limpiar y desmanchadores	87,01	1.885,25	1.500,00
	Desodorizadores de aire, desodorante	14,85	2.932,33	812,14

Inventario Nacional de Emisiones de GEI

	ambiental			
	Insecticidas. fumigantes y desinfectantes	160,00	2.550,58	638,75
	Cera para pisos	1.620,88	1.511,43	890,00
	Desodorante personal	966,10	10.323,33	706,25
1988	Líquidos para limpiar y desmanchadores	198,48	1.885,25	1.500,00
	Desodorizadores de aire, desodorante ambiental	50,52	2.932,33	812,14
	Insecticidas. fumigantes y desinfectantes	131,16	2.550,58	638,75
	Cera para pisos	1.145,35	1.511,43	890,00
	Desodorante personal	956,19	10.323,33	706,25
1997	Líquidos para limpiar y desmanchadores	614,19	1.885,25	1.500,00
	Desodorizadores de aire, desodorante ambiental	617,13	2.932,33	812,14
	Insecticidas. fumigantes y desinfectantes	1.093,16	2.550,58	638,75
	Cera para pisos	2.991,78	1.511,43	890,00
	Desodorante personal	3.384,66	10.323,33	706,25

¹ Gasto en pesos 2008. INE.

² Precio promedio de productos existentes en supermercados en pesos de marzo de 2008.

³ Valor promedio de productos existentes.

Utilizando la información de la Tabla anterior junto con la ecuación 1 se obtiene el consumo anual de productos por persona, siendo éstos:

Tabla 87: Consumo anual de productos domésticos por persona

Año	Producto	Consumo [gr/año persona]
1978	Líquidos para limpiar y desmanchadores	69,23
	Desodorizadores de aire. Desodorante ambiental	4,11
	Insecticidas, fumigantes y desinfectantes	40,07
	Cera para pisos	954,45
	Desodorante personal	66,09
1988	Líquidos para limpiar y desmanchadores	157,92
	Desodorizadores de aire. Desodorante ambiental	13,99
	Insecticidas, fumigantes y desinfectantes	32,85
	Cera para pisos	674,44
	Desodorante personal	65,42
1997	Líquidos para limpiar y desmanchadores	488,68
	Desodorizadores de aire. Desodorante ambiental	170,92
	Insecticidas, fumigantes y desinfectantes	273,76
	Cera para pisos	1,761,70
	Desodorante personal	231,55

El consumo anual nacional por tipo de solvente se obtiene a partir de la cantidad de habitantes existentes para los años 1978, 1988 y 1997, los cuales son 10.869.791, 12.748.135 y 14.796.076 respectivamente.

A partir del lo anterior y multiplicando su valor por el factor de emisión promedio correspondiente, se obtienen las emisiones generadas por tipo de producto, las que sumadas entregan el valor total anual de emisiones liberadas debido al uso de solventes domésticos. Los resultados se muestran a continuación:

Tabla 88: Emisiones totales de COVNM

Año	Producto	Emisiones totales ton de COVNM/año	Emisiones totales Nacionales [Gg COVNM]
1978	Líquidos para limpiar y	6,85	0,45

Inventario Nacional de Emisiones de GEI

	desmanchadores		
	Desodorizadotes de aire. Desodorante ambiental	3,01	
	Insecticidas. fumigantes y desinfectantes	31,10	
	Cera para pisos	365,19	
	Desodorante personal	47,70	
1988	Líquidos para limpiar y desmanchadores	18,32	0,42
	Desodorizadotes de aire. Desodorante ambiental	12,00	
	Insecticidas. fumigantes y desinfectantes	29,90	
	Cera para pisos	302,64	
	Desodorante personal	55,37	
1997	Líquidos para limpiar y desmanchadores	65,80	1,67
	Desodorizadotes de aire. Desodorante ambiental	170,20	
	Insecticidas. fumigantes y desinfectantes	289,21	
	Cera para pisos	917,53	
	Desodorante personal	227,49	

Para obtener las emisiones de la serie de tiempo completa, es decir, de los años 1984 a 2006, se debe recurrir a las emisiones conocidas de los años anteriormente estudiados, la estimación seguirá dos vías diferentes.

Inventario Nacional de Emisiones de GEI

Para los años intermedios a 1978 -1988 y 1988-1997 se ha determinado, como escenario conservador, que las emisiones siguen una tendencia lineal, dando como resultado para el primer intervalo de tiempo un valor representativo de la pendiente de -0.035 y un valor de 7.496 para el coeficiente de posición. Los valores obtenidos para los años comprendidos entre 1988-1997 corresponden a 0.125 y -248.47 respectivamente.

La segunda vía corresponde a estimar las emisiones para los años 1997 a 2006, para los cuales se ha determinado establecer una relación directa de crecimiento siguiendo la tendencia del PIB nacional. Así, las emisiones nacionales de COVNM variarán en igual valor a la variación anual del PIB nacional para aquellos años.

Finalmente las emisiones de COVNM generadas por consumo de solventes domésticos fueron obtenidos de 1078 a 2206 los cuales aprecian en la tabla y gráfico adjuntos:

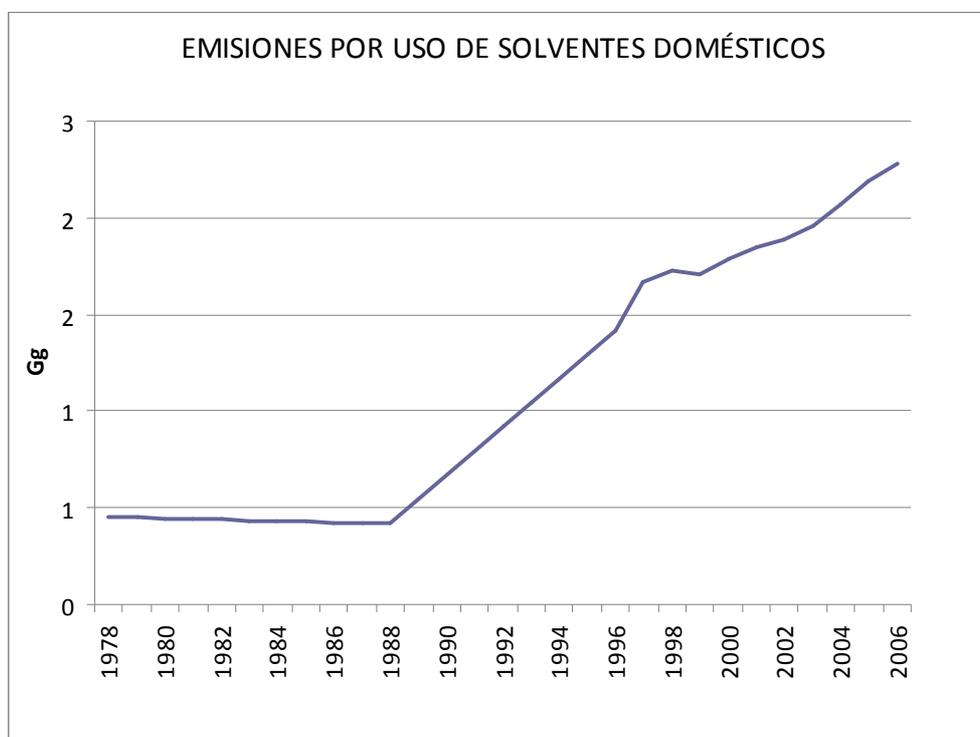
Tabla 89: Emisiones asociadas a uso de solventes domésticos

Año	Emisiones [Gg]
1978	0,45
1979	0,45
1980	0,45
1981	0,44
1982	0,44
1983	0,44
1984	0,43
1985	0,43
1986	0,43
1987	0,42
1988	0,42
1989	0,54
1990	0,67
1991	0,79
1992	0,92
1993	1,04
1994	1,17
1995	1,29
1996	1,42
1997	1,67
1998	1,72
1999	1,71
2000	1,79
2001	1,85

2002	1,89
2003	1,95
2004	2,07
2005	2,19
2006	2,28

Este inventario solo debe reportar los valores de emisiones del año 1984 a 2006, valores que serán analizados posteriormente.

Ilustración 38: Emisiones por uso de solventes domésticos



Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones

En el gráfico anterior se puede observar que los quiebres generados en la tendencia total de emisiones de COVNM se producen en los años donde cambia la encuesta de presupuestos familiares del INE.

Así, para los años comprendidos entre 1984 a 1988 se aprecia una disminución de las emisiones, esto debido a que la curva representativa de esos años posee una pendiente negativa producto del menor consumo de desodorantes y cera para pisos.

Sin embargo se aprecia que a partir de 1988 las emisiones han presentado un carácter evolutivo creciente, el cual coincide absolutamente con el creciente consumo per. Cápita de cada uno de los productos analizados a lo largo del tiempo.

Finalmente las emisiones de COVNM producto del consumo de solventes domésticos han aumentado en un 400% en el 2006 con respecto al año 1984.

Metodología para obtener la información de los inventarios en el futuro

Se debe solicitar al INE los datos de gasto mensual por hogar dada en la “Encuesta de presupuestos familiares”, posteriormente se debe seguir la metodología anteriormente desarrollada.

Si la encuesta aún no ha sido publicada, las emisiones de COVNM deben seguir la tendencia de crecimiento del PIB nacional.

Conclusiones generales de uso de solventes

Tabla 90: Emisiones del sector uso de solventes

Año	Emisiones por producción de pinturas Base agua [Gg COVNM]	Emisiones por producción de pinturas Base aceite [Gg COVNM]	Emisiones por uso industrial de pinturas [Gg COVNM]	Emisiones por uso residencial de pinturas [Gg COVNM]	Uso adhesivos [Gg COVNM]	Emisiones por uso de solventes domésticos [Gg COVNM]	TOTAL DE EMISIONES USO DE SOLVENTES [Gg COVNM]
1984	0,00	0,00	32,68	3,27	39,54	0,43	75,92
1985	0,00	0,00	33,26	3,33	40,96	0,43	77,98
1986	0,00	0,00	33,84	3,38	42,41	0,43	80,06
1987	0,00	0,00	34,42	3,44	43,88	0,42	82,16
1988	0,00	0,00	35,00	3,50	45,37	0,42	84,29
1989	0,00	0,00	35,58	3,56	46,89	0,54	86,57
1990	0,90	7,95	36,24	3,62	48,64	0,67	98,02
1991	1,01	8,99	36,90	3,69	50,42	0,79	101,79
1992	1,22	10,69	37,55	3,76	52,23	0,92	106,37
1993	1,39	11,70	38,21	3,82	54,07	1,04	110,23
1994	1,55	12,68	38,87	3,89	55,95	1,17	114,09

Inventario Nacional de Emisiones de GEI

1995	1,59	13,47	39,41	3,94	57,52	1,29	117,22
1996	1,64	14,58	39,95	3,99	59,11	1,42	120,69
1997	1,79	14,90	40,49	4,05	60,72	1,67	123,62
1998	2,06	15,26	41,03	4,10	62,36	1,72	126,53
1999	1,83	14,49	41,57	4,16	64,01	1,71	127,77
2000	1,99	14,99	42,04	4,20	65,47	1,79	130,48
2001	2,09	13,39	42,51	4,25	66,94	1,85	131,03
2002	2,15	12,64	42,98	4,30	68,43	1,89	132,39
2003	2,27	13,00	43,45	4,35	69,93	1,95	134,95
2004	2,44	12,02	43,92	4,39	71,45	2,07	136,28
2005	2,70	15,56	44,37	4,44	72,91	2,19	142,15
2006	2,74	19,08	44,81	4,48	74,38	2,28	147,77

Las emisiones de solventes han aumentado en un 95% del año 1984 al 2006, llegando a 147,77 Gg de COVNM. En general las emisiones provienen en mayor medida de los sub-sectores Uso de Adhesivos, Uso Industrial de Pinturas y Producción de pinturas en base aceite.

5. ANÁLISIS DE METODOLOGÍA DE CÁLCULO COCHILCO

COCHILCO genera un inventario de emisiones detallado para la industria del cobre desde el año 1995, desarrollando una metodología propia para estimar los consumos energéticos de la industria, y usando el IPCC 1996 para obtener las emisiones de CO₂ correspondientes. La metodología de COCHILCO ha probado ser rigurosa y precisa para determinar las emisiones, y por esta razón será incorporada en el inventario de emisiones nacional, y se abordará en el presente capítulo.

El presente capítulo también considerará una comparación entre las metodologías de obtención de consumos energéticos entre COCHILCO y la CNE, para analizar las diferencias que existen, y básicamente sustentar la selección del método desarrollado por COCHILCO.

5.1 Descripción Metodologías de COCHILCO Y CNE

Metodología COCHILCO para la generación de inventarios de emisiones en la industria del cobre

La estimación de emisiones de GEI de la minería del Cobre generada por COCHILCO consta de dos partes, la generación de los consumos energéticos, y el cálculo de las emisiones correspondientes a dichos consumos.

COCHILCO realizó un estudio en profundidad de los consumos energéticos por tonelada de producto comercial, tomando como base los resultados de encuestas realizadas a los procesos productivos de 34 faenas mineras (responsables del 97.5% de la producción de cobre del país durante el 2006), y de esta manera obtuvo índices de consumo unitarios.

Los productos comerciales que se estudiaron son los siguientes:

- Concentrados de cobre
- Ánodos de cobre
- Cátodos ER y EO

Las empresas proporcionaron la siguiente información:

- a. Consumo total anual directo de combustibles fósiles por tipo.
- b. Consumo total anual de energía eléctrica (consumo indirecto):
- c. Producción total anual de cobre fino por áreas.

Las áreas de operación de las distintas empresas de las cuales se contó con información fueron:

- Mina
- Concentradora
- Fundición (puede recibir de fuentes externas)
- Refinería electrolítica (puede recibir de fuentes externas)
- Tratamiento de minerales lixiviados
- Servicios

Debido a que la metodología incluye todos los procesos mineros, resulta imposible abordar la producción de molibdeno de manera separada a la del cobre. Esto resulta en que la estimación final incluye los consumos relacionados al proceso de elaboración del molibdeno. Lo mismo ocurre con los metales preciosos extraídos de los barros anódicos generados en la refinería y con el ácido sulfúrico producido en las plantas de tratamiento de gases. Las emisiones relacionadas a estos también se encuentran incluidas.

La estimación realizada excluye los consumos generados por actividades humanas asociadas a las operaciones mineras debido a ser actividades comúnmente externalizadas, además excluye las emisiones generadas por compañías bajo contrato con las faenas mineras.

De la manera recién descrita se obtuvieron los factores de consumo energético por unidad de producto comercial. Para el cálculo de las emisiones COCHILCO consideró la metodología IPCC 1996.

La metodología de cálculo de emisiones de COCHILCO define dos tipos de emisiones:

- Emisiones Directas: las relacionadas a la combustión de hidrocarburos fósiles en las faenas mineras, y el combustible utilizado por los vehículos en dichas faenas.
- Emisiones Indirectas: las emisiones provenientes de la generación de energía, dado que aunque no sean emisiones directas de la producción, son emisiones que indirectamente redundan en ésta, fundamentalmente la electricidad; además de las emisiones atribuibles a la producción, procesamiento y transporte de los combustibles fósiles utilizados por la industria.

Los gases que se incluyen en la estimación son CO₂, CH₄ y NO₂.

Metodología CNE para la obtención del consumo energético en la industria del cobre

Con el propósito de disponer con la información necesaria para realizar el BNE tanto en la industria del cobre como en el resto de las industrias del país, la CNE genera un cuestionario que es enviado a las empresas más significativas en consumos energéticos del país.

A través del cuestionario se solicita información referida a los siguientes puntos:

- a. Poder Calorífico Superior de los combustibles utilizados.
- b. Total Importaciones y Compras de combustibles fósiles.
- c. Utilización de combustibles para:
 - Consumo en generación eléctrica
 - Consumo en operación de planta (incluyendo transporte interno)
 - Consumo transporte externo de productos
 - Consumo en poblaciones
 - Otros consumos
- d. Autogeneración de electricidad (Hídrica y Térmica).
- e. Generación de Vapor y Electricidad en equipos de Cogeneración.
- f. Ventas anuales de energía.
- g. Ventas anuales de combustible.

De esta manera la CNE genera el balance energético.

Diferencia entre las Metodologías

A grandes rasgos se observa que tanto COCHILCO como CNE encuestan a las principales empresas de la industria del cobre, pero al comparar los consumos estimativos energéticos los valores son disímiles, alcanzando diferencias significativas. En base a esta información se ha realizado un análisis para dilucidar las diferencias:

- a. COCHILCO solicita la información basándose en los consumos de combustible de cada una de las empresas y en particular de cada una de las faenas con bastante detalle, lo que le permite controlar con mayor profundidad la información que le entregan; además, COCHILCO tiene mucha experiencia en la industria cuprífera, de hecho es la institución experta y líder a nivel nacional, por lo que claramente tiene una fortaleza inherente en abordar los consumos energéticos del cobre. La CNE solicita los consumos de las industrias del cobre como un gran total, sin detallar los consumos de las faenas, por lo que no existe suficiente información para vislumbrar vacíos informativos.
- b. Es posible que existan diferencias en las empresas a las cuales se les solicitan los datos. Existe una gran posibilidad de que las diferencias en las estimaciones de ambos organismos se deban a que las empresas encuestadas no son las mismas.

Inventario Nacional de Emisiones de GEI

- c. Una tercera variable que influye es que en empresas tan grandes no es indiferente quién responda las encuestas, puede ser que las encuestas de la CNE las entregue un departamento que no sea el mismo que le entrega la información a COCHILCO, por lo que puede haber diferencias de origen de la información.

A continuación se muestran numéricamente las diferencias entre los consumos de combustible de ambas metodologías:

Tabla 91: Comparación consumos por tipo de combustible

	1995 [Teracalorias]			1996 [Teracalorias]			1997 [Teracalorias]			1998 [Teracalorias]		
	COCHILCO	CNE	Var									
TOTAL DERIVADOS	7.236	5.512	31,3	6.878	5.941	15,8	7.803	6.883	13,4	7.590	7.039	7,8
PETROLEO COMBUSTIBLE	4.162	2.796	48,8	3.640	3.015	20,7	3.916	3.286	19,2	3.623	2.724	33,0
DIESEL	2.611	2.534	3,0	2.877	2.618	9,9	3.426	3.183	7,6	3.509	4.053	-13,4
KEROSENE	92	96	-3,8	88	89	-1,2	81	79	2,3	87	79	10,3
GAS LICUADO	34	25	35,3	29	18	62,5	45	37	20,3	43	17	151,4
NAFTA	0	0	0,0									
GASOLINA	50	0		50	0		59	0		0	0	
CARBON	287	55	422,7	192	194	-0,8	276	296	-6,8	326	92	254,7
GAS NATURAL	0	0	0,0	0	0	0,0	0	0	0,0	0	53	-100,0
LEÑA	0	6	-95,5	1	7	-87,8	0	2	-88,8	2	21	-89,5

	1999 [Teracalorias]			2000 [Teracalorias]			2001 [Teracalorias]			2002 [Teracalorias]		
	COCHILCO	CNE	Var	COCHILCO	CNE	Var	COCHILCO	CNE	Var	COCHILCO	CNE	Var
TOTAL DERIVADOS	8.277	7.828	5,7	8.880	7.865	12,9	9.992	7.877	26,9	9.986	9.217	8,3
PETROLEO COMBUSTIBLE	3.019	2.644	14,2	3.012	2.475	21,7	2.786	1.558	78,8	2.220	2.325	-4,5
DIESEL	4.689	4.596	2,0	5.225	4.636	12,7	6.260	5.300	18,1	6.752	5.759	17,2
KEROSENE	62	68	-9,5	61	63	-3,6	83	59	40,0	81	61	33,0
GAS LICUADO	47	28	66,4	54	41	31,0	49	25	96,7	77	62	24,2
NAFTA	41	0		45	50	-9,5	55	56	-1,1	57	57	0,7
GASOLINA	74	0		78	0		80	0		83	0	
CARBON	98	42	133,9	91	58	57,5	39	85	-54,2	38	134	-71,9
GAS NATURAL	238	429	-44,6	302	538	-44,0	613	792	-22,6	644	817	-21,1
LEÑA	11	21	-48,6	11	4	187,4	27	2	1.255,9	34	2	1.575,8

Inventario Nacional de Emisiones de GEI

	2003 [Teracalorias]			2004 [Teracalorias]			2005 [Teracalorias]			2006 [Teracalorias]		
	COCHILCO	CNE	Var	COCHILCO	CNE	Var	COCHILCO	CNE	Var	COCHILCO	CNE	Var
TOTAL DERIVADOS	10.323	8.064	28,0	10.626	7.317	45,2	11.656	9.070	28,5	12.278	9.719	26,3
PETROLEO COMBUSTIBLE	2.034	1.559	30,5	1.439	901	59,7	1.333	759	75,5	1.460	995	46,8
DIESEL	7.027	5.096	37,9	7.433	4.700	58,1	8.402	6.430	30,7	9.333	7.501	24,4
KEROSENE	87	117	-25,8	124	81	53,1	65	92	-29,0	111	92	20,7
GAS LICUADO	62	62	-0,6	66	68	-3,3	64	49	29,5	78	46	69,0
NAFTA	33	33	-1,1	0	16	-100,0	0	14	-100,0	0	1	-100,0
GASOLINA	94	0		94	0		74	0		39	0	
CARBON	85	91	-6,7	44	110	-59,6	37	47	-21,1	41	18	130,3
GAS NATURAL	881	1.104	-20,2	1.403	1.442	-2,7	1.681	1.678	0,2	1.215	1.066	14,0
LEÑA	21	2	963,5	24	0		0	0		0	0	

Fuente: COCHILCO y CNE

Conclusiones

Las diferencias que se observan provienen de los cuestionarios que generan ambas empresas, ya que son diferentes tanto en la manera de establecerse las preguntas, en el número de empresas que responde las encuestas y en el detalle y validación que cada institución le da a esta información.

6. HERRAMIENTAS COMPUTACIONALES PARA GENERAR Y ADMINISTRAR EL INVENTARIO DE EMISIONES.

El presente trabajo considera realizar una actualización y revisión del software SIGEI, lo cual será tratado a continuación.

6.1 Revisión del SIGEI

Durante la revisión del software se encontraron diversos inconvenientes para administrar la información de los inventarios, a continuación se muestra un resumen de las mejoras que sería necesario realizar:

- Para el caso del sector energía es necesario optimizar la manera de ingresar los datos, de tal manera que se ingrese la información del BNE de la CNE una sola vez, y no sea necesario ingresarla una vez para cada metodología.
- Modificar fórmulas, bloquear celdas y colocar fórmulas que no estaban consideradas en el software para diferentes metodologías en el sector energía (petróleo combustible, coque, carbón almacenado, gas natural en sector Petróleo y Gas Natural).
- Incluir el efecto de los combustibles menores en todos los casos, y en especial para la metodología del sector energía para los gases distintos de CO₂ y SO₂.
- En gases diferentes al CO₂ cambiar la consideración de factores para el gas licuado, gas corriente y gas alto horno de gas a líquido al primero y sólido los dos últimos (tal como explicita el IPCC 1996).
- Considerar gasolina, petróleo combustible, kerosene, gasolina de aviación y kerosene de aviación en cálculo de contenido de SO₂, y considerar las emisiones por regiones en el caso que corresponda.
- Incluir los cálculos de emisiones fugitivas de gas natural de los sectores industriales y residenciales, comerciales y públicos.
- Lo cual consideramos es un punto importante para una herramienta que contenga la información del inventario: Permitir que la herramienta computacional almacene la información de todos los años y que permita mostrar las series de tiempo e incorporar años nuevos con facilidad, de tal manera que permita mostrar gráficos y tendencias de la información.

Para realizar estas correcciones y mejoras se realizó un análisis de su programación, así como del esfuerzo que requeriría para el consorcio Poch-Deuman, el cual se muestra a continuación:

Primeramente se visualizó que el SIGEI está programado en Fox. Se solicitó la opinión técnica a diferentes consultores informáticos para que analicen y nos coticen modificar el software y corregir todos los detalles que tiene. La respuesta de ellos ha tenido como gran inconveniente el uso del software Fox como programa base. En general nos han comentado que Microsoft Fox es un software que no necesariamente es complicado de programar, pero que definitivamente se ha quedado atrás en su uso, que muy pocas personas lo conocen y manejan de manera profesional en la actualidad (dos de los expertos consultados no lo conocían).

En todos los casos nos han dicho que podrían contribuir a corregir el software, pero que eso requeriría de un diseño especial, y que no sería un encargo trivial; sus programadores tendrían que programar desde una base mínima. Las indicaciones técnicas sugieren que para corregir los errores del software sería necesario primeramente entender la manera en que está diseñado especialmente el SIGEI, dado que el código de fuente está distribuido en diferentes carpetas, de contratar a un programador, y un consultor del consorcio (Poch-Deuman) para acompañar durante el 100% del tiempo la corrección del software.

La cotización para ejecutar las mejoras varió de consultor en consultor, pero en promedio fue equivalente al 30% del monto contratado por el presente estudio. De esta manera, y de común acuerdo con el mandante se determinó no utilizar esta herramienta para almacenar y administrar la información del inventario nacional de emisiones.

El consorcio Poch-Deuman ha determinado realizar el cálculo de las emisiones en Excel para el presente informe solicitado.

6.2 Herramienta computacional para realizar los cálculos en el presente informe

Dado que se determinó no utilizar el SIGEI para almacenar los datos de emisiones, se ha diseñado en Excel dos archivos uno para almacenar la información correspondiente al Sector de Energía, y otro para el Sector Procesos Industriales. Las emisiones asociadas al Uso de solvente son relativamente simples de administrar sin necesidad de una herramienta ad hoc.

El presente informe considera la entrega de una copia de cada una de las herramientas para uso del mandante. A continuación las describiremos y explicaremos su uso.

6.2.1 Herramienta computacional para administrar los inventarios de emisiones del Sector Energía

Se ha creado un archivo Excel para almacenar y administrar la información relativa al inventario de emisiones del Sector Energía

Para explicar cómo usar el Excel explicaremos a continuación los tipos de hoja de cálculo que contiene:

- La hoja de cálculo “EMISIONES TOTALES CO2e” contiene un resumen todas las emisiones por industria y tipo de gas del sector Energía, tanto en Gg de cada gas, como en Gg de CO2 eq.
- Las hojas con nombres en mayúscula representan los valores finales de cada una de las metodologías homónimas consideradas para el Sector Energía por el IPCC 1996; las cuales se muestran a continuación:
 - MÉTODO REFERENCIA
 - MÉTODO DE USOS FINALES
 - MÉTODO OTROS GASES
 - METODOLOGÍA SO2
 - MÉTODO CH4 CARBÓN
 - MÉTODO CH4 PETRÓLEO Y GAS
 - MÉTODO PRECURSOR OZONO Y SO2
- Las hojas a las cuales es necesario ingresar información para cálculos se mencionan a continuación, y cada una coincide básicamente con uno de los cuadros del Balance de Energía; las dos últimas hojas de cálculo corresponden a ingreso de información para la estimación de las emisiones fugitivas.
 - MÉTODO REFERENCIA (para la misma metodología)
 - Trans – Terrestre (para el Método de Usos finales, de otros gases y SO2)
 - Trans – Ferroviario (para el Método de Usos finales, de otros gases y SO2)
 - Trans – Marítimo (para el Método de Usos finales, de otros gases y SO2)
 - Trans – Aéreo (para el Método de Usos finales, de otros gases y SO2)
 - Ind – Cobre (para el Método de Usos finales, de otros gases y SO2)
 - Ind – Salitre (para el Método de Usos finales, de otros gases y SO2)
 - Ind – Hierro (para el Método de Usos finales, de otros gases y SO2)
 - Ind – Celulosa (para el Método de Usos finales, de otros gases y SO2)

Inventario Nacional de Emisiones de GEI

- Ind – Siderurgia (para el Método de Usos finales, de otros gases y SO₂)
- Ind – Petroquímica (para el Método de Usos finales, de otros gases y SO₂)
- Ind – Cemento (para el Método de Usos finales, de otros gases y SO₂)
- Ind – varias (para el Método de Usos finales, de otros gases y SO₂)
- Ind – Azúcar (para el Método de Usos finales, de otros gases y SO₂)
- Pesca (para el Método de Usos finales, de otros gases y SO₂)
- Residencial (para el Método de Usos finales, de otros gases y SO₂)
- Comercial y público (para el Método de Usos finales, de otros gases y SO₂)
- METODOLOGÍA SO₂ (para el método SO₂)
- MÉTODO CH₄ CARBÓN (para estimar las emisiones fugitivas en la producción de carbón)
- MÉTODO PRECURSOR OZONO Y SO₂ (para estimar las emisiones fugitivas de la metodología homónima)

Esta información abastece al resto de las tablas y permite realizar los cálculos.

En la herramienta se han incorporado diferentes colores en los encabezados de tabla que permiten indicar diferentes conceptos, estos se muestran a continuación:

- Amarillo claro: color cabecera de tabla que indica aquellas tablas en las cuales es necesario ingresar información, y que abastecerán otras para realizar los cálculos.
- Naranja claro: color cabecera de tabla que indica aquellas tablas en las cuales se encuentran las salidas o resúmenes de cada metodología o de un conjunto de ellas.
- Azul claro: color cabecera de tabla que indica aquellas tablas en las cuales se realizan cálculos o se muestran los factores de emisión para contribuir a calcular; estas tablas no han de modificarse, para no alterar los output de las metodologías.
- Verde claro: este color se ha aplicado sobre aquellas celdas input, o celdas de ingreso de datos para realizar los cálculos, pero que debido que la información no se encontraba o era poco clara, se le aplicó un supuesto. En las tablas Excel no se muestran los supuestos, pero estos han sido incorporados en el presente informe.

Finalmente el Excel incluye una sección en las cuales se muestran las salidas de las emisiones de acuerdo al formato de la IPCC 1996, en estos se muestra una hoja de salida para cada uno de los años de 1984 al 2006. En estas hojas se encuentra la información en Gg de cada uno de los gases, y un resumen de las emisiones en Gg de CO₂ equivalente.

De esta manera se ha expuesto dónde se debe ingresar la información y cómo se puede visualizar los outputs de las metodologías.

6.2.2 Herramienta computacional para administrar los inventarios de emisiones del Sector Procesos Industriales

Se ha creado un archivo Excel para almacenar y administrar la información relativa al inventario de emisiones del Sector Procesos Industriales

Para explicar cómo usar el Excel explicaremos a continuación los tipos de hoja de cálculo que contiene:

- La hoja de cálculo “EMISIONES TOTALES CO2e” contiene un resumen todas las emisiones por industria y tipo de gas del sector Energía, tanto en Gg de cada gas, como en Gg de CO2 eq.
- Posteriormente se muestran hojas de cálculo que coinciden con cada una de las industrias analizadas, en las cuales se debe especificar la producción o el consumo y en la misma hoja de cálculo se mostrarán las emisiones.
- Finalmente se muestra un resumen de las hojas de cálculo con la salida tipo del inventario de emisiones para cada año analizado de acuerdo al formato de salida del IPCC 1996.

En la herramienta se han incorporado diferentes colores en los encabezados de tabla que permiten indicar diferentes conceptos, estos se muestran a continuación:

- Amarillo claro: color cabecera de tabla que indica aquellas tablas en las cuales es necesario ingresar información, y que abastecerán otras para realizar los cálculos.
- Naranja claro: color cabecera de tabla que indica aquellas tablas en las cuales se encuentran las salidas o resúmenes de cada metodología o de un conjunto de ellas.
- Azul claro: color cabecera de tabla que indica aquellas tablas en las cuales se realizan cálculos o se muestran los factores de emisión para contribuir a calcular; estas tablas no han de modificarse, para no alterar los output de las metodologías.

De esta manera se ha expuesto dónde se debe ingresar la información y cómo se puede visualizar los outputs de las metodologías.

6.2.3 Recomendaciones relativas al uso de una herramienta computacional para contabilizar las emisiones de los inventarios de emisiones.

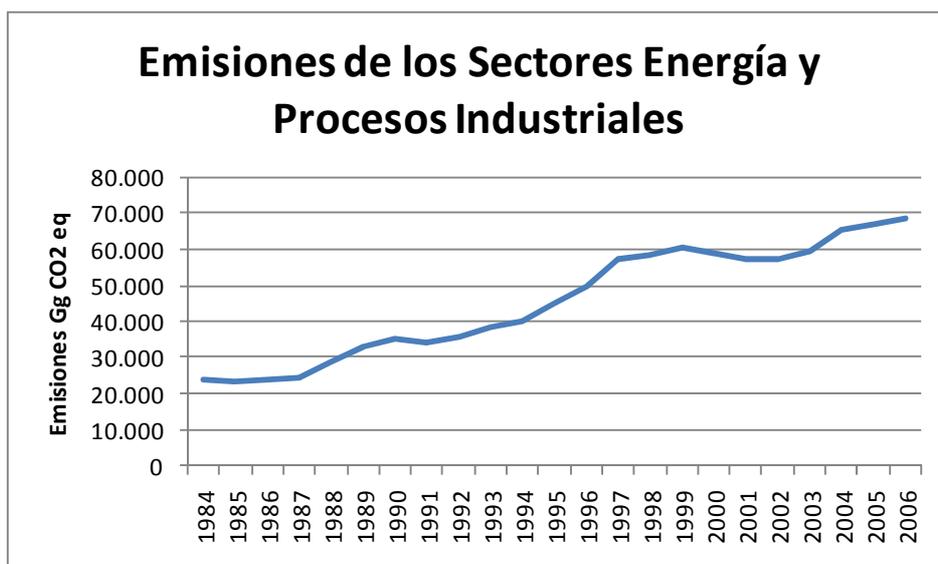
A manera de resumen se desea explicitar que como consultores no recomendamos el diseño de una herramienta en particular para contabilizar el inventario de emisiones, debido a que la herramienta más sencilla que permite hacer esto ya existe y está en prácticamente en todos los computadores de los centros de trabajo, es el Excel. Esta herramienta es de fácil uso, es sencilla, permite auditar los cálculos y supuestos y generar gráficos de manera fácil, es universal y de simple manipulación. Estos atributos los ha percibido el mismo Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC), puesto que su propia recomendación es la de usarla.

7. CAPÍTULO DE CONCLUSIONES DEL ESTUDIO

Las emisiones nacionales de CO₂ equivalente son generadas en su gran mayoría por el sector de energía, las cuales a su vez están principalmente asociadas a la industria de energía y al transporte; las emisiones más importantes son aquellas relativas al Sector Energía – Emisiones de la Combustión y representan en su conjunto el 89% de las emisiones nacionales de CO₂ equivalente, correspondiendo un 8% a emisiones asociadas al sector de procesos industriales, y el 3% a las emisiones del Sector Energía – Emisiones Fugitivas. Las emisiones totales de CO₂ equivalente han crecido un 190% entre 1984 y el 2006, alcanzando el año 2006 un valor final de 68.572 G CO₂ equivalente. Desde el año 1990 al 2006, la variación ha sido de 95%.

A continuación se presenta un gráfico con la evolución de emisiones de CO₂ equivalente total de todos los sectores.

Ilustración 39: Evolución de las emisiones totales de los Sectores Energía y Procesos Industriales.



Fuente: Elaboración propia.

Del gráfico anterior se desprende que la generación de emisiones de CO₂ equivalente nacionales ha tenido un crecimiento sostenido a lo largo del tiempo, observándose el máximo valor el año 2006. Sólo se observan tendencias decrecientes en los años 1985, 1991, 2000 y 2001.

Las emisiones totales de CO₂ equivalente del Sector de Energía presentan un crecimiento sostenido, con una tendencia prácticamente paralela a la del consumo energético de las industrias asociadas. Las mayores contribuciones provienen de la Industria de la Energía, y

Inventario Nacional de Emisiones de GEI

del Transporte con un aporte en conjunto del 62% en promedio, en particular la industria de Electricidad pública y generación de calor y del transporte terrestre. Los niveles de las emisiones totales de CO₂ equivalente han crecido un 190% entre 1984 y el 2006.

La evolución de las emisiones totales de CO₂ equivalente del sector de procesos industriales es de tendencia creciente y están principalmente asociadas a las industrias de los productos minerales y metales. Los niveles de las emisiones totales de CO₂ equivalente han crecido un 184% entre 1984 y el 2006.

El Uso de Solventes es abordado a partir de tres sectores generadores de emisiones volátiles de COVNM, las que corresponden a fabricación y uso de pinturas, uso de adhesivos y uso de solventes domésticos. Para cada sector la metodología utilizada involucra datos de producción a nivel nacional y de factores de emisión de COVNM asociados a la cantidad consumida de cada producto. Las emisiones de COVNM han aumentado en un 95% del año 1984 al 2006, llegando a 147,77 Gg COVNM. En general las emisiones provienen en mayor medida de Uso de Adhesivos y Uso Industrial de Pinturas.

ANEXO A: SERIES DE TIEMPO

De acuerdo a lo sugerido por el IPCC, en su revisión del año 2000 de las guías de 1996, existen métodos sugeridos cuando no se disponga de información completa para cuantificar emisiones durante un periodo determinado, en este caso del año 1984 a 2006.

Según lo anterior y para cada uno de los productos industriales analizados, 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 IPCC, no fueron utilizados debido a que para todos los rubros industriales la tendencia de producción no es lineal ni constante en todo el horizonte de tiempo en el cual se está trabajando.

En general, el dato indicativo utilizado 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 como dato indicativo 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.

En particular, para la obtención completa de la serie de tiempo del vidrio se toma 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 toma como dato indicativo el crecimiento de la industria del vidrio para los años 1984 a 2006 entregados por SOFOFA.

En el caso específico de la producción de cal se toma como base de referencia la producción nacional del año 2001 o 2002 de industrias productoras entregada en el “Inventario Nacional de Gases Efecto Invernadero” realizado por DICTUC. Para generar series de tiempo utilizando el método de sustitución, se determina que las empresas cementeras productoras de cal (SOPROCAL y Bio-Bio) siguen tendencia de crecimiento de producción de industria del cemento; para empresas del rubro celulosa (Arauco y CMPC) la producción de cal sigue tendencia de producción de pulpa y papel y finalmente para cal producida por 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 a través del INE, se completan en el tiempo con la obtención de las estimaciones utilizando los datos indicativos sectorial entregados por SOFOFA.

La siguiente tabla muestra, de manera detallada, los índices de producción física industrial por agrupaciones publicados por SOFOFA en su página web, www.SOFOFA.cl, los cuales fueron utilizados en este inventario para efectos de cálculos estimativos:

Tabla 92: Índices de producción física industrial por agrupaciones, promedios anuales

Año	Sector fabricación de productos alimenticios	Sector industria de bebidas	Sector fabricación de vidrio y productos de vidrio	Sector Fabricación de sustancias químicas industriales
1980	100,0	100,0	100,0	100,0
1981	105,9	105,3	88,7	88,7
1982	99,5	93,0	51,4	51,4
1983	99,2	92,3	76,4	76,4
1984	111,8	91,9	79,5	79,5
1985	110,7	92,1	96,0	96,0
1986	123,8	97,5	107,1	107,1
1987	125,0	106,1	112,3	112,3
1988	128,1	129,4	141,9	141,9
1989	140,4	152,2	189,3	189,3
1990	137,3	140,9	205,2	205,2
1990	100,0	100,0	100,0	100
1991	108,7	101,9	110,9	110,9
1992	129,0	117,9	123,1	123,1
1993	142,6	131,4	129,5	129,5
1994	159,6	152,5	123,2	123,2
1995	170,4	170,1	145,8	145,8
1996	178,1	180,0	179,1	179,1
1997	172,4	195,7	236,4	236,4
1998	174,7	208,4	238,1	238,1
1999	168,5	203,2	245,5	245,5
2000	181,7	213,9	284,1	110,9
2000			100	100
2001			98,7	97
2002			104,4	101
2003			114,4	101
2004			130,4	103
2005			131,3	106
2006			141,5	110

Los valores mostrados en negro corresponden a los años base de las estadísticas de crecimiento señaladas.

Inventario Nacional de Emisiones de GEI

Los valores correspondientes a los años 2000 a 2006 son mostrados por SOFOFA de manera mensual y no como promedio anual, a diferencia del resto de los años. El valor de los índices de producción de los años 2000 a 2006 fue calculado como el promedio del índice mensual correspondiente a cada año.

Para el sector alimentos y bebidas los índices del año 2000 a 2006 no son mostrados debido a que no es necesario su utilización para estimar la producción nacional de dichos productos.

Finalmente, el siguiente cuadro muestra el criterio utilizado para obtener la serie de tiempo completa por producto industrial:

Tabla 93: Criterio utilizado para estimar la producción de productos industriales

Producto Industrial	Criterio	Años estimados
Cal	Tendencia correlacionada con producción nacional de papel y pulpa y cobre dependiendo de la empresa.	1984-2006 (base de referencia año 2001 o 2002 dependiendo de la empresa))
Vidrio	Índice de producción física SOFOFA, sector fabricación de vidrio.	1984-2006 (base de referencia año 2001)
Productos Químicos (ácido nítrico, etileno, formaldehído, polipropileno, poliestireno, polieteno)	Índice de producción física SOFOFA, sector fabricación de sustancias químicas industriales	1984 (todos) 2004 (etileno) 2004-2005 (formaldehído)
Ácido sulfúrico	Tendencia correlacionada con producción nacional de cobre.	1984
Bebidas (cerveza, bebidas alcohólicas, vino)	Índice de producción física SOFOFA, sector industria de bebidas	1984-1990
Alimentos (margarina y grasas sólidas de cocina, pan, pienso para animales)	Índice de producción física SOFOFA, sector fabricación de productos alimenticios	1984-1990

Año base 1977

ANEXO B: GARANTÍA DE CALIDAD Y CONTROL DE CALIDAD (GC/CC)

El objetivo de aplicar procedimientos de garantía de calidad y control de calidad, se basa en que los inventarios realizados se puedan evaluar fácilmente en términos de calidad y de exhaustividad. Su desarrollo esta basado en las “guías de buenas prácticas y manejo de incertezas en inventarios nacionales de GEI”, desarrollado por IPCC 2000.

El control de calidad (CC) es un sistema de actividades técnicas habituales para medir y controlar la calidad del inventario durante su preparación. Las actividades de CC abarcan métodos generales como los exámenes de exactitud sobre la adquisición y cálculos de datos y el uso de procedimientos normalizados aprobados para calcular emisiones, hacer mediciones, archivar información y presentar los resultados. En particular es este inventario se detallan las revisiones técnicas de las categorías de fuentes, los datos de actividad, los factores de emisión y los metodologías utilizadas.

El CC de los datos de actividad se basa en la recopilación a nivel nacional usando fuentes de datos secundarias, es decir entidades nacionales aprobadas. Es importante mencionar que la mayoría de los datos de actividad están preparados originariamente con otros fines y no como entrada para las estimaciones de las emisiones de gases de efecto invernadero. Sin embargo las entidades dadoras de datos poseen los procedimientos para evaluar la calidad de éstos, independientemente de cuál pueda ser su uso final.

Por otro lado el CC de las estimaciones de incertidumbre en este inventario se evoca a documentar los supuestos en que se han basado los cálculos para lograr estimar el total de las emisiones nacionales en el tiempo.

Los siguientes cuadros resumen las fuentes de información de producción y supuestos utilizados para desarrollar el Inventario, además los factores de emisión utilizados.

Tabla 94: Fuentes de información, Sector Energía

Energía	Datos Reales	
	Fuente	Años
CO2 Consumos Aparentes	Balance Nacional de Energía (CNE)	1984-2006
Consideración de carbón almacenado	Consideraciones del IPCC (Alquitrán y carbón coque)	*
Consumos finales	Balance Nacional de Energía (CNE)	1984-2006
Gases distintos a CO2 y SO2	Balance Nacional de Energía (CNE) e IPCC	1984-2006

Inventario Nacional de Emisiones de GEI

Emisiones de SO ₂	Balance Nacional de Energía (CNE). Factores usados por PRIEN antes de la normativa y factores de la normativa SEC.	1984-2006
Emisiones industria del cobre	COCHILCO	1986-2006, CO ₂ :1995-2006 SO ₂ :1986-2006
CH ₄ minería y post-minería del carbón	SERNAGEOMIN	1984-2006
Emisiones fugitivas CH ₄ Petróleo y Gas Natural	Balance Nacional de Energía (CNE)	1984-2006
Precusores de ozono de refinación del petróleo	Balance Nacional de Energía (CNE)	1984-2006

Tabla 95: Fuentes de información, Sector industrial

Producto Industrial	Datos Reales		Supuestos series de tiempo	
	Fuente	Años	Fuente	Años
Cemento	Instituto del cemento y del Hormigón de Chile (ICH)	1984-2006	*	*
Cal	1) Inacesa 2) SOPROCAL 3) Producción DICTUC	1) 1984-2006 2) 1984-2006 3) 2001 (Arauco I y II) 2002 (Arauco Lincacel y constitución, CMPC, SOPROCAL, Codelco)	Sustitución: <i>Arauco y CMPC</i> : producción de celulosa. <i>Codelco</i> : producción de cobre.	1) Arauco I y II todos los años excepto 2001. 2) Resto de empresas: Todos los años excepto 2002
Carbonato sódico	Servicio Nacional de Aduanas	1990-2006	En estudio	
Asfalto	MOP	1998-2006	En estudio	
Vidrio	DICTUC	2001	Sustitución: Índice de Producción física de SOFOFA, sector fabricación de vidrio y productos de vidrio.	1984-2006
Ácido nítrico	Asiquím	1985-2006	Sustitución: Índice de Producción física SOFOFA, sector sustancias químicas industriales.	1984
Etileno	Asiquím	1985-2006	Sustitución: Índice de Producción física SOFOFA, sector sustancias químicas industriales.	1984-2004
Formaldehído	Asiquím	1985-2006	Sustitución: Índice de Producción física SOFOFA, sector sustancias químicas industriales.	1984-2003-2004
Anhidro ftálico	Asiquím	1985-2006		*
Polipropileno	Asiquím	1985-2006		*
Poliestireno	Asiquím	1985-2006	Sustitución: Índice de Producción física SOFOFA, sector sustancias químicas industriales.	1984
Polieteno	Asiquím	1985-2006	Sustitución: Índice de	1984

Inventario Nacional de Emisiones de GEI

			Producción física SOFOFA, sector sustancias químicas industriales.	
Ácido sulfúrico	Asiquím	1985-2006	Sustitución: sigue tendencia de producción de cobre.	1984-1990 /2005-2006
Metanol	CNE	1984-2006	*	*
Acero	CAP	1984-2006	*	*
Pulpa y papel	INFOR: "Boletín Estadístico 117" estadísticas forestales chilenas 2006.	1984-2006	*	*
Cerveza	INE	1991-2006	Sustitución: Índice de Producción física SOFOFA, sector industrias de bebidas.	1984-1990
Bebidas alcohólicas	INE	1990-2006	Sustitución: Índice de Producción física SOFOFA, sector industrias de bebidas.	1984-1989
Vinos	INE	1991-2006	Sustitución: Índice de Producción física SOFOFA, sector industrias de bebidas.	1984-1990
Azúcar	INE	1991-2006	Sustitución: Índice de Producción física SOFOFA, sector fabricación de productos alimenticios.	1984-1990
Margarina y grasas sólidas	INE	1991-2006	Sustitución: Índice de Producción física SOFOFA, sector fabricación de productos alimenticios.	1984-1990
Pan	INE	1991-2006	Sustitución: Índice de Producción física SOFOFA, sector fabricación de productos alimenticios.	1984-1990
Pienso para animales	INE	1991-2006	Sustitución: Índice de Producción física SOFOFA, sector fabricación de productos alimenticios.	1984-1990
HFC	Servicio Nacional de Aduanas		En estudio	
PFC	Servicio Nacional de Aduanas		En estudio	
SF ₆	Servicio Nacional de Aduanas		En estudio	

Tabla 96: factores de emisión por sector industrial, IPCC 1996.

Productos Industriales	Gas	valor	Unidades
Cemento	CO ₂	0,4985	ton /ton cemento
	SO ₂	0,3	Kg/ton cemento
Cal	CO ₂	0,79	Ton CO ₂ /ton cal producida
Plantas de Asfalto	COVNM	0,023	Kg/ton asfalto
	CO	0,035	
	SO ₂	0,12	
	NO _x	0,084	
Asfalto para pavimentar	COVNM	320	
Vidrio	COVNM	4,5	Kg/ton vidrio producido
Etileno	CH ₄	1	Kg/ton
	COVNM	1,4	Kg/ton
Formaldehído	COVNM	5	Kg/ton
Anhidro ftálico	COVNM	6	
Polipropileno	COVNM	12	
Poliestireno	COVNM	5,4	
Polieteno	COVNM	3	
Metanol	CH ₄	2	
Ácido sulfúrico	SO ₂	17,5	
Acero	CO ₂	1,6	Ton/ton producción
	NO _x	116	gr./ton producción
	COVNM	150	Gr./ton producción
	CO	1413	Gr./ton producción
	SO ₂	2075	gr./ton producción
Pulpa y papel	NO _x	1,5	Kg/ton
	COVNM	3,7	
	CO	5,6	
	SO ₂	7	
Cerveza	COVNM	0,035	Kg/HL
Vinos	COVNM	0,08	Kg/HL
Bebidas alcohólicas	COVNM	15	Kg/HL
Pan	COVNM	8	Kg/ton
Azúcar	COVNM	10	Kg/ton
Grasa sólidas	COVNM	10	Kg/ton
Pienso para animales	COVNM	1	Kg/ton

En cuanto a la garantía de calidad (GC) la buena práctica en los procedimientos de GC establecidos por el IPCC, sugieren una revisión objetiva para evaluar la calidad del inventario y también identificar las áreas en que podrían introducirse mejoras.

Dicho lo anterior, el inventario desarrollado ha sido revisado de manera imparcial por revisores que no han participado en la elaboración de éste, como es el caso de CONAMA y de la CNE.

ANEXO C: SALIDA SEGÚN EL IPCC PARA SECTOR ENERGÍA PARA LOS AÑOS 1984 AL 2006

ANEXO D: SALIDA SEGÚN EL IPCC PARA SECTOR INDUSTRIAL PARA LOS AÑOS 1984 AL 2006

ANEXO E: SALIDA DE FORMATO EXCEL DEL IPCC 1996 PARA EL AÑO 1994

ANEXO F: SALIDA DE FORMATO EXCEL DEL IPCC 1996 PARA EL AÑO 2000

ANEXO G: SALIDA DE FORMATO EXCEL DEL IPCC 1996 PARA EL AÑO 2006