



---

**INVENTARIO DE EMISIONES  
DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DE ESPAÑA  
AÑOS 1990-2004**

**COMUNICACIÓN A LA COMISIÓN  
DE LA UNIÓN EUROPEA**

---

**Ministerio de Medio Ambiente**

**Secretaría General para la Prevención de la  
Contaminación y del Cambio Climático**

**Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental**

**Subdirección General de Calidad del Aire y Prevención de Riesgos**

**Madrid, mayo 2006**



## **PREFACIO**

El presente documento constituye la edición correspondiente al año 2006 del Informe del Inventario Nacional (IIN) 1990-2004 de Gases de Efecto Invernadero (GEI) que España presenta a la Comisión de la Unión Europea, en cumplimiento de lo establecido en las Decisiones del Parlamento y Consejo Europeos 280/2004/CE y 2005/166/CE. La presentación de los inventarios se realiza siguiendo las directrices para informes quedaron plasmadas en el documento FCCC/SBSTA/2004/8 de la Secretaría del Convenio Marco sobre Cambio Climático (SCMCC) a la que España también debe presentar el IIN de acuerdo con los compromisos internacionales asumidos con este organismo. La presentación de las tablas de los inventarios en soporte magnético que acompaña a este informe (IIN) se ha realizado utilizando el software habilitado al efecto (CRF Reporter) para la cumplimentación del Formulario Común para Informes (FCI) definido en el citado documento de la SCMCC.

Por otro lado, y teniendo en cuenta que España debe informar sobre la misma materia, tanto a la Comisión de la Unión Europea, como a la Secretaría del Convenio Marco sobre Cambio Climático, resulta obvia la necesidad de asegurar que el soporte y contenido de la información de los inventarios sea común para los envíos del inventario realizados a ambas instancias internacionales, lo que se garantiza con la estructura común adoptada en el inventario español para el envío a ambas instituciones. Este formato común es el establecido en el ya citado documento de SCMCC e incluye el IIN y el conjunto de las tablas del FCI.

La Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental es la Autoridad Nacional del Sistema de Inventario Nacional de Emisiones Contaminantes a la Atmósfera conforme dispone la orden ministerial MAM/1444/2006 de 9 de mayo, y a su vez está encuadrada en la Secretaría General para la Prevención de la Contaminación y el Cambio Climático del Ministerio de Medio Ambiente. Dentro de la Dirección General de Calidad Ambiental es la Subdirección General de Calidad del Aire y Prevención de Riesgos de la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental la unidad que tiene asignada la realización del inventario y que procesa la información recogida de las distintas fuentes. Como excepción, esta Subdirección recibe de la Dirección General para la Biodiversidad, encuadrada también en el propio Ministerio de Medio Ambiente, la parte del inventario que corresponde a la categoría 5 de IPCC "Uso de la Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura", parte que se integra tanto en el IIN como en el conjunto de tablas del FCI.

En cuanto a las sustancias objeto del inventario, la información en las tablas FCI se presenta tanto en unidades de masa de cada gas como en masa de dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub>-eq) para cada uno de las sustancias consideradas en el Anexo A del Protocolo de Kioto, que incluye los seis gases o grupos de gases siguientes con efecto directo sobre el calentamiento atmosférico: dióxido de carbono

(CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), hidrofluorocarburos (HFC); perfluorocarburos (PFC), y, hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>). Adicionalmente, se presentan las emisiones estimadas de los tres gases siguientes con efecto indirecto sobre el calentamiento atmosférico: óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), monóxido de carbono (CO), compuestos orgánicos volátiles no metánicos (COVNM), así como de los óxidos de azufre (SO<sub>x</sub>), en términos de masa de cada gas para estas cuatro sustancias. Las absorciones por sumideros han sido estimadas con referencia al CO<sub>2</sub> fijado como carbono por la biomasa arbórea forestal.

La edición actual del inventario actualiza, revisando en su caso, las estimaciones dadas para los años del periodo 1990-2003 en la edición anterior del inventario, al tiempo que extiende al año 2004 las series temporales. La revisión, en su caso, de las estimaciones de determinadas partidas de los inventarios ha venido motivada por diversos factores entre los que cabe mencionar: a) la propia revisión de las estadísticas y datos de base, b) los cambios en las metodologías (selección de métodos, factores y algoritmos) de estimación como consecuencia de las mejoras en el conocimiento de los procesos generadores de las emisiones, y c) eventualmente, la subsanación de errores detectados.

## UNIDADES Y CONVERSIONES

### SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES

UNIDADES BÁSICAS			MÚLTIPLOS Y SUBMÚLTIPLOS		
MAGNITUD	NOMBRE	SÍMBOLO	FACTOR	PREFIJO	SÍMBOLO
Longitud	metro	m	$10^{-15}$	femto	f
Masa	kilogramo	kg	$10^{-12}$	pico	p
Tiempo	segundo	s	$10^{-9}$	nano	n
Intensidad eléctrica	amperio	A	$10^{-6}$	micro	u
Temperatura	kelvin	K	$10^{-3}$	mili	m
Cantidad de materia	mol	mol	$10^{-2}$	centi	c
Intensidad luminosa	candela	Cd	$10^{-1}$	deci	d
ALGUNAS UNIDADES DERIVADAS			10	deca	da
MAGNITUD	NOMBRE	SÍMBOLO	$10^2$	hecto	h
Superficie	metro cuadrado	m <sup>2</sup>	$10^3$	kilo	k
Volumen	metro cúbico	m <sup>3</sup>	$10^6$	mega	M
Energía, Trabajo o	julio	J	$10^9$	giga	G
Cantidad de calor			$10^{12}$	tera	T
Presión	pascal	Pa	$10^{15}$	peta	P

En cuanto a la magnitud masa se utilizará, según sea el caso, un prefijo antepuesto a la unidad gramo o directamente la expresión equivalente utilizada más comúnmente. Así, en concreto, para las emisiones se utilizará frecuentemente la expresión en gigagramos (Gg), equivalente a kilotoneladas (kt) o en megagramos (Mg), equivalente a toneladas (t); sin embargo, para muchas variables de actividad la información, como es usual en las publicaciones de referencia, puede venir expresada en kilotoneladas o en toneladas.

En cuanto a la magnitud energía se utilizará, según sea el caso, un prefijo antepuesto a la unidad Julio (J), habitualmente se tratará de gigajulios (GJ).

En cuanto a la magnitud superficie se utilizará, según sea el caso, un prefijo antepuesto a la unidad metro (m) o directamente la expresión equivalente utilizada más frecuentemente. Así se tratará de metros al cuadrado (m<sup>2</sup>) o de hectáreas (ha, igual a 10000 m<sup>2</sup>).

En cuanto a la magnitud volumen se utilizará, según sea el caso un prefijo antepuesto a la unidad metro cúbico (m<sup>3</sup>). En el caso de los gases se referirá la medición a condiciones normales (m<sup>3</sup>N) es decir a 0°C y 1 atmósfera de presión.

## **POTENCIALES DE CALENTAMIENTO ATMOSFÉRICO**

GAS	FÓRMULA	POTENCIAL DE CALENTAMIENTO IPCC 1995
Dióxido de carbono	CO <sub>2</sub>	1
Metano	CH <sub>4</sub>	21
Óxido nitroso	N <sub>2</sub> O	310
<b>HIDROFLUOROCARBUROS</b>		
HFC-23	CHF <sub>3</sub>	11700
HFC-32	CH <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	650
HFC-41	CH <sub>3</sub> F	150
HFC-43-10mee	C <sub>5</sub> H <sub>2</sub> F <sub>10</sub>	1300
HFC-125	C <sub>2</sub> HF <sub>5</sub>	2800
HFC-134	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> F <sub>4</sub> (CHF <sub>2</sub> CHF <sub>2</sub> )	1000
HFC-134a	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> F <sub>4</sub> (CH <sub>2</sub> FCF <sub>3</sub> )	1300
HFC-152a	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> F <sub>2</sub> (CH <sub>3</sub> CHF <sub>2</sub> )	140
HFC-143	C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> F <sub>3</sub> (CHF <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> F)	300
HFC-143a	C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> F <sub>3</sub> (CF <sub>3</sub> CH <sub>3</sub> )	3800
HFC-227ea	C <sub>3</sub> HF <sub>7</sub>	2900
HFC-236fa	C <sub>3</sub> H <sub>2</sub> F <sub>6</sub>	6300
HFC-245ca	C <sub>3</sub> H <sub>3</sub> F <sub>5</sub>	560
<b>PERFLUOROCARBUROS</b>		
Perfluorometano	CF <sub>4</sub>	6500
Perfluoroetano	C <sub>2</sub> F <sub>6</sub>	9200
Perfluoropropano	C <sub>3</sub> F <sub>8</sub>	7000
Perfluorobutano	C <sub>4</sub> F <sub>10</sub>	7000
Perfluorociclobutano	c-C <sub>4</sub> F <sub>8</sub>	8700
Perfluoropentano	C <sub>5</sub> F <sub>12</sub>	7500
Perfluorohexano	C <sub>6</sub> F <sub>14</sub>	7400
HEXAFLUORURO DE AZUFRE	SF <sub>6</sub>	23900

Las emisiones de gases de efecto invernadero con efecto directo sobre el calentamiento se computan de forma agregada en términos de CO<sub>2</sub> equivalente (CO<sub>2</sub>-eq) ponderando los gases individuales del inventario de acuerdo con la tabla de potenciales de calentamiento de IPCC 1995 mostrada más arriba.

## **GLOSARIO DE TÉRMINOS**

### **GASES CON EFECTO SOBRE EL CALENTAMIENTO ATMOSFÉRICO:**

#### **Efecto Directo:**

CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
CH <sub>4</sub>	Metano
N <sub>2</sub> O	Óxido nitroso
HFC	Hidrofluorocarburos
PFC	Perfluorocarburos
SF <sub>6</sub>	Hexafluoruro de azufre

#### **Efecto Indirecto (como precursores de ozono):**

NO <sub>x</sub>	Óxidos de nitrógeno
CO	Monóxido de carbono
COVNM	Compuestos orgánicos volátiles no metánicos

#### **Efecto Indirecto (como precursores de aerosoles):**

SO <sub>x</sub>	Óxidos de azufre
-----------------	------------------

### **TÉRMINOS GENERALES:**

AEDA	Asociación Española de Aerosoles
AENA	Aeropuertos Españoles de Navegación Aérea
AFOEX	Asociación Nacional de Empresas para el Fomento de las Oleaginosas y su Extracción
AIE	Agencia Internacional de la Energía
ITEMIN	Asociación de Investigación Tecnológica de Equipos Mineros
ANAIP	Confederación Española de Empresarios de Plástico

ANAVE	Asociación de Navieros Españoles
ANCADE	Asociación Nacional de Fabricantes de Cales y Derivados de España
ANFFE	Asociación Nacional de Fabricantes de Fertilizantes
ANFFECC	Asociación Nacional de Fabricantes de Fritas, Esmaltes y Colores Cerámicos
API	Instituto Americano del Petróleo
ASCER	Asociación Española de Fabricantes de Azulejos, Pavimentos y Baldosas Cerámicas
ASCER	Asociación Española de Fabricantes de Azulejos, Pavimentos y Baldosas Cerámicas
ASEFAPI	Asociación Española de Fabricantes de Pinturas y Tintas de Imprimir
ATEPA	Asociación Técnica del Poliuretano Aplicado
ATEPA	Asociación Técnica del Poliuretano Aplicado
CAD	Ciclos de aterrizaje-despegue
CARBUNION	Federación nacional de empresarios de minas de carbón
CEPE	Consejo Europeo de la Industria de la Pintura, Tintas de Imprimir y Colores para Artistas
CITEPA	Centro Técnico Interprofesional de Estudios de la Contaminación Atmosférica
COFACO	Consorcio Nacional de Industriales del Caucho
COPERT	Programa informático para el cálculo de emisiones del transporte por carretera
CORES	Corporación de Reservas Estratégicas de Productos Petrolíferos
CORINAIR	Subprograma CORINE sobre emisiones de contaminantes a la atmósfera
CORINE	Programa de Coordinación de la Información sobre el Medio Ambiente



COV	Compuestos Orgánicos Volátiles
CRF	Common Reporting Format
EGTEI	Expert Group on Techno-Economic Issues
EMEP	Programa Europeo de Monitoreo y Evaluación
ERM	Estaciones de regulación y medida de la red de distribución de gas
EUROSTAT	Oficina Estadística de la Unión Europea
FCC	Craqueo catalítico fluido
FCI	Formulario Común para Informes
FEIQUE	Federación Empresarial de la Industria Química en España
GEI	Gases de Efecto Invernadero
GLP	Gases Licuados del Petróleo
HISPALYT	Asociación Española de Fabricantes de Ladrillos y Tejas de Arcilla Cocida
IATA	Asociación de Transporte Aéreo Internacional
ICAO	Organización de Aviación Civil Internacional
IDAE	Instituto para la Diversificación y Ahorro Energético
IIASA	International Institute for Applied Systems Analysis
IIN	Informe sobre los Inventarios Nacionales
INE	Instituto Nacional de Estadística
INM	Instituto Nacional de Meteorología
IPCC	Panel Intergubernamental para el Cambio Climático
MAPA	Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación
MITYC	Ministerio de Industria, Turismo y Comercio
MMA	Ministerio de Medio Ambiente
NAPFUE	Nomenclatura de combustibles de CORINAIR

NUTS	Clasificación de Unidades Territoriales Administrativas de EUROSTAT
OFICEMEN	Agrupación de Fabricantes de Cemento de España
OFICO	Oficina de Compensaciones de la Energía Eléctrica
PCI	Poder Calorífico Inferior
RSU	Residuos Sólidos Urbanos
SCMCC	Secretaría del Convenio Marco sobre Cambio Climático
SEDIGAS	Asociación Española del Gas
SERCOBE	Asociación Nacional de Fabricantes de Bienes de Equipo
SIN	Sistema de Inventario Nacional
SNAP	Nomenclatura CORINAIR de actividades potencialmente contaminantes de la atmósfera
THC	Hidrocarburos totales
US EPA	Agencia de Protección Medioambiental de Estados Unidos
USDA	Departamento de Agricultura de los Estados Unidos
UNESID	Unión de Empresas Siderúrgicas
UNFCCC	Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático

## ÍNDICE

RESUMEN EJECUTIVO.....	RE.1
RE.1 Información de base sobre los inventarios de gases de efecto invernadero y el cambio climático .....	RE.1
RE.2 Resumen de las tendencias agregadas de emisiones y absorciones ..	RE.3
RE.3 Resumen de las tendencias de las emisiones por gas y sector .....	RE.6
RE.4 Evolución de otros gases de efecto invernadero indirecto y formadores de aerosoles.....	RE.9
1 INTRODUCCIÓN.....	1.1
1.1 Información de base sobre los inventarios de gases de efecto invernadero y el cambio climático .....	1.1
1.2 Descripción de los arreglos institucionales adoptados para la preparación del inventario .....	1.4
1.3 Breve descripción del proceso de preparación del inventario .....	1.5
1.4 Descripción general de las metodologías y las fuentes de datos utilizadas .....	1.10
1.5 Breve de descripción de las fuentes clave .....	1.16
1.6 Información sobre el plan de garantía y control de calidad .....	1.23
1.7 Evaluación general de la incertidumbre .....	1.30
1.8 Evaluación general de la exhaustividad .....	1.33
2 TENDENCIAS DE LAS EMISIONES .....	2.1
2.1 Descripción e interpretación de las tendencias de las emisiones agregadas .....	2.1
2.2 Descripción e interpretación de las tendencias de las emisiones por gases .....	2.10
2.3 Descripción e interpretación de las tendencias de las emisiones por sectores.....	2.12
2.4 Descripción e interpretación de las tendencias para los gases de efecto invernadero indirecto y formadores de aerosoles .....	2.17

3 ENERGÍA .....	3.1
3.1 Panorámica del sector.....	3.1
3.2 Producción de servicio público de electricidad y calor (1A1a).....	3.8
3.3 Refinerías de petróleo (1A1b) .....	3.17
3.4 Transformación de combustibles sólidos y otras industrias energéticas (1A1c).....	3.24
3.5 Combustión en la industria y en otros sectores (1A2 y 1A4).....	3.33
3.6 Tráfico aéreo nacional (1A3a) .....	3.51
3.7 Transporte por carretera (1A3b).....	3.56
3.8 Tráfico marítimo nacional (1A3d) .....	3.71
3.9 Actividades de combustión (excepto transporte, 1A1, 1A2 y 1A4) .....	3.74
3.10 Emisiones fugitivas – combustibles sólidos (1B1).....	3.79
3.11 Emisiones fugitivas – petróleo y gas natural (1B2).....	3.88
3.12 Otras fuentes.....	3.105
4 PROCESOS INDUSTRIALES .....	4.1
4.1 Panorámica del sector.....	4.1
4.2 Producción de cemento (2A1).....	4.5
4.3 Uso de piedra caliza y dolomita (2A3).....	4.7
4.4 Producción de hierro y acero (2C1).....	4.12
4.5 Procesos industrial (2 excepto 2A1, 2A2, 2A3 y 2C1).....	4.20
4.6 Producción de ácido nítrico (2B2) .....	4.27
4.7 Producción de aluminio (2C3) .....	4.30
4.8 Fabricación de HCFC-22 (2E1).....	4.35
4.9 Consumo de halocarburos y SF <sub>6</sub> (2F) .....	4.37
4.10 SF <sub>6</sub> en equipos eléctricos (2F8) .....	4.42
4.11 Otras fuentes.....	4.47
5 USO DE DISOLVENTES Y OTROS PRODUCTOS .....	5.1
5.1 Panorámica del sector.....	5.1
5.2 Uso de disolventes y otros productos (3) .....	5.2

6 AGRICULTURA .....	6.1
6.1 Panorámica del sector.....	6.1
6.2 Fermentación entérica en ganado doméstico- CH <sub>4</sub> (4A) .....	6.5
6.3 Gestión de Estiércoles - CH <sub>4</sub> (4B) .....	6.16
6.4 Suelos Agrícolas - N <sub>2</sub> O (4D).....	6.22
6.5 Gestión de Estiércoles - N <sub>2</sub> O (4B) .....	6.34
6.6 Fuentes no clave.....	6.40
7 USO DE LA TIERRA, CAMBIOS DE USO DE LA TIERRA Y SILVICULTURA .....	7.1
7.1 Introducción.....	7.1
7.2 Terrenos forestales. Bosques (5A) .....	7.5
8 RESIDUOS .....	8.1
8.1 Panorámica del sector.....	8.1
8.2 Depósito en vertederos – CH <sub>4</sub> (6A) .....	8.4
8.3 Tratamiento de las aguas residuales de origen industrial y residencial- comercial – CH <sub>4</sub> (6B).....	8.15
8.4 Incineración de residuos – CO <sub>2</sub> (6C).....	8.24
8.5 Otras fuentes.....	8.30
10 NUEVOS CÁLCULOS Y MEJORAS .....	10.1
10.1 Explicación y justificación de los nuevos cálculos.....	10.1
10.2 Implicaciones en los niveles de emisión.....	10.1
10.3 Implicaciones en las tendencias de las emisiones .....	10.13
10.4 Realización de nuevos cálculos y mejoras previstas en el inventario ..	10.19
Anexo 1 Fuentes clave .....	A1.1
Anexo 2 Metodología CO <sub>2</sub> combustibles fósiles .....	A2.1
Anexo 3 Otras descripciones metodológicas detalladas de determinados sectores.....	A3.1
Anexo 4 Enfoque de referencia .....	A4.1
Anexo 5 Evaluación de exhaustividad .....	A5.1
Anexo 6 Información adicional del NIR.....	A6.1
Anexo 7 Evaluación de incertidumbre .....	A7.1
Anexo 8 Referencia del inventario para Directiva Comercio Emisiones .....	A8.1



## **RESUMEN EJECUTIVO**

### **RE.1 INFORMACIÓN DE BASE SOBRE LOS INVENTARIOS DE GASES DE EFECTO INVERNADERO Y EL CAMBIO CLIMÁTICO.**

El presente documento constituye la edición correspondiente al año 2006 del Informe del Inventario Nacional (IIN) 1990-2004 de Gases de Efecto Invernadero (GEI) que España presenta a la Comisión de la Unión Europea, en cumplimiento de lo establecido en las Decisiones del Parlamento y Consejo Europeos 280/2004/CE y 2005/166/CE. La presentación de los inventarios se realiza siguiendo las directrices para informes quedaron plasmadas en el documento FCCC/SBSTA/2004/8 de la Secretaría del Convenio Marco sobre Cambio Climático (SCMCC) a la que España también debe presentar el IIN de acuerdo con los compromisos internacionales asumidos con este organismo. La presentación de las tablas de los inventarios en soporte magnético que acompaña a este informe (IIN) se ha realizado utilizando el software habilitado al efecto (CRF Reporter) para la cumplimentación del Formulario Común para Informes (FCI) definido en el citado documento de la SCMCC.

Por otro lado, y teniendo en cuenta que España debe informar sobre la misma materia, tanto a la Comisión de la Unión Europea, como a la Secretaría del Convenio Marco sobre Cambio Climático, resulta obvia la necesidad de asegurar que el soporte y contenido de la información de los inventarios sea común para los envíos del inventario realizados a ambas instancias internacionales, lo que se garantiza con la estructura común adoptada en el inventario español para el envío a ambas instituciones. Este formato común es el establecido en el ya citado documento de SCMCC e incluye el IIN y el conjunto de las tablas del FCI.

La Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental es la Autoridad Nacional del Sistema de Inventario Nacional de Emisiones Contaminantes a la Atmósfera conforme dispone la orden ministerial MAM/1444/2006 de 9 de mayo, y a su vez está encuadrada en la Secretaría General para la Prevención de la Contaminación y el Cambio Climático del Ministerio de Medio Ambiente. Dentro de la Dirección General de Calidad Ambiental es la Subdirección General de Calidad del Aire y Prevención de Riesgos de la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental la unidad que tiene asignada la realización del inventario y que procesa la información recogida de las distintas fuentes. Como excepción, esta Subdirección recibe de la Dirección General para la Biodiversidad, encuadrada también en el propio Ministerio de Medio Ambiente, la parte del inventario que corresponde a la categoría 5 de IPCC "Uso de la Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura", parte que se integra tanto en el IIN como en el conjunto de tablas del FCI.

En cuanto a las sustancias objeto del inventario, la información en las tablas FCI se presenta tanto en unidades de masa de cada gas como en masa de dióxido

de carbono equivalente ( $\text{CO}_2\text{-eq}$ ) para cada uno de las sustancias consideradas en el Anexo A del Protocolo de Kioto, que incluye los seis gases o grupos de gases siguientes con efecto directo sobre el calentamiento atmosférico: dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ), óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), hidrofluorocarburos (HFC); perfluorocarburos (PFC), y, hexafluoruro de azufre ( $\text{SF}_6$ ). Adicionalmente, se presentan las emisiones estimadas de los tres gases siguientes con efecto indirecto sobre el calentamiento atmosférico: óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ), monóxido de carbono (CO), compuestos orgánicos volátiles no metánicos (COVNM), así como de los óxidos de azufre ( $\text{SO}_x$ ), en términos de masa de cada gas para estas cuatro sustancias. Las absorciones por sumideros han sido estimadas con referencia al  $\text{CO}_2$  fijado como carbono por la biomasa arbórea forestal.

La edición actual del inventario actualiza, revisando en su caso, las estimaciones dadas para los años del periodo 1990-2003 en la edición anterior del inventario, al tiempo que extiende al año 2004 las series temporales. La revisión, en su caso, de las estimaciones de determinadas partidas de los inventarios ha venido motivada por diversos factores entre los que cabe mencionar: a) la propia revisión de las estadísticas y datos de base, b) los cambios en las metodologías (selección de métodos, factores y algoritmos) de estimación como consecuencia de las mejoras en el conocimiento de los procesos generadores de las emisiones, y c) eventualmente, la subsanación de errores detectados.

El informe está organizado en una serie de capítulos y anexos. A este capítulo inicial que constituye el Resumen Ejecutivo le siguen los capítulos 1 a 8, el capítulo 10 y los anexos 1 a 8. En el capítulo 1 "Introducción" se ofrece una presentación general de los objetivos, procedimientos de elaboración y características más relevantes del inventario. El capítulo 2 "Tendencias de las Emisiones de Gases de Efecto Invernadero" muestra un panorama general de la evolución de las emisiones a lo largo del período inventariado 1990-2004. Los sucesivos capítulos 3 a 8 de este informe contienen una exposición detallada de cada uno de los sectores en que se agrupan las actividades potencialmente emisoras de gases de efecto invernadero: así, el capítulo 3 trata sobre las fuentes del sector Energía, el capítulo 4 sobre las de los Procesos Industriales (excluidos los procesos de combustión), el capítulo 5 sobre las fuentes relacionadas con el Uso de Disolventes y Otros Productos, el capítulo 6 sobre las de la Agricultura, el capítulo 7 recoge información sobre emisiones por las fuentes y absorciones por sumideros relacionados con el Uso de la Tierra, Cambios del Uso de la Tierra y Silvicultura, y el capítulo 8 sobre los Residuos. El capítulo 9, eventualmente reservado a Otras Actividades, no ha sido objeto de tratamiento en el inventario al haberse encajado todas las actividades examinadas dentro de los capítulos anteriores. Tras estos capítulos sectoriales el capítulo final 10 versa sobre la realización de Nuevos Cálculos y Planes de Mejora del Inventario. El informe se completa con los Anexos 1 a 8 que recogen información adicional y de detalle no contemplada en los capítulos anteriormente reseñados. En concreto, en el anexo 1 se presenta la metodología utilizada para la determinación de las fuentes clave del inventario. El anexo 2 hace referencia al examen detallado de la metodología y datos



para la estimación de las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes de la quema de combustibles fósiles, si bien se remite a los correspondientes capítulos sectoriales para el detalle de la exposición. En el anexo 3 se recoge el detalle de otras descripciones metodológicas de categorías individuales de fuentes o sumideros que no han sido incluidos en los capítulos 3 a 8. En el anexo 4 se presenta la comparación de los enfoques de referencia y sectorial en la estimación de las emisiones de CO<sub>2</sub>, así como información pertinente sobre el balance energético nacional. En el anexo 5 se muestra de forma sintética una evaluación de la exhaustividad de la cobertura del inventario con referencia a las categorías fuente que no han sido incluidos en las estimaciones. El anexo 6 recoge por su parte información adicional que debe considerarse como parte de la presentación del IIN o que puede servir como referencia útil. El anexo 7 se presenta la evaluación de la incertidumbre de las estimaciones de las emisiones del inventario, así como una descripción de la metodología utilizada en dicha evaluación. Por último, en el anexo 8, reservado para reseñar cualquier otra información pertinente o facultativa, se ha recogido la información por defecto del inventario sobre factores de emisión de CO<sub>2</sub> y poderes caloríficos inferiores de los combustibles para que sirva como referencia, en caso de no disponer de otra información específica más adecuada a cada caso, para la aplicación de la Directiva de Comercio de Emisiones.

En los subepígrafos RE.2, RE.3 y RE.4 que siguen de este capítulo del Resumen Ejecutivo se presentan de forma sintética respectivamente: a) las tendencias agregadas de las emisiones y absorciones, b) las tendencias de las emisiones por gas y sector, y c) las tendencias de otros gases de efecto invernadero indirecto.

## **RE.2 RESUMEN DE LAS TENDENCIAS AGREGADAS DE EMISIONES Y ABSORCIONES.**

Para valorar las consecuencias que las emisiones de gases de efecto invernadero pueden ejercer sobre el calentamiento general de la atmósfera, las cifras estimadas de emisiones se presentan en términos de CO<sub>2</sub>-equivalente, ponderando las correspondientes a cada gas con los respectivos coeficientes asignados, a un horizonte de 100 años, en el Segundo Informe de Evaluación (1995) elaborado por el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC). Como periodo base de referencia se toma el año 1990 para el CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O y el año 1995 para los gases fluorados HFC, PFC y SF<sub>6</sub>. El intervalo de años inventariado se extiende de 1990 a 2004.

En la tabla RE.2.1 se muestran, tanto en términos absolutos (gigagramos de CO<sub>2</sub>-eq) como en términos de índice temporal (100 en el año base), los valores correspondientes a las emisiones brutas totales (excepción hecha de las que correspondan al sector "Uso de la Tierra y Cambios del Uso de la Tierra y Silvicultura" que, por constituir un sumidero neto, se computan independientemente más abajo con un saldo de absorciones netas). La representación gráfica del índice

temporal se ofrece en la figura RE.2.1. De la observación de los datos se desprende que las emisiones totales se sitúan en 2004 en un 47,8% por encima del año base, valor que se reduce a un 38,7% cuando se compara la media del último quinquenio, 2000-2004 con el mismo año base<sup>1</sup>. En conjunto la evolución del índice ha venido marcada por un crecimiento sostenido en el periodo inventariado, excepción hecha de los años 1993 y 1996 en que se registran descensos respecto al año anterior. En términos de pendiente de la curva, el intervalo 1990-1996 se caracteriza por un crecimiento más moderado que el correspondiente al intervalo 1996-2004. Esta variabilidad de la evolución parece estar puntualmente (puntas/valles anuales) relacionada con la mejor o peor hidraulicidad del año considerado y su implicación en la producción de electricidad de origen térmico, si bien otra serie de factores adicionales como la expansión general del consumo de combustibles y de la actividad económica están en la base del cambio de pendiente observado entre los dos subintervalos temporales antes indicados, 1990-1996 y 1996-2004.

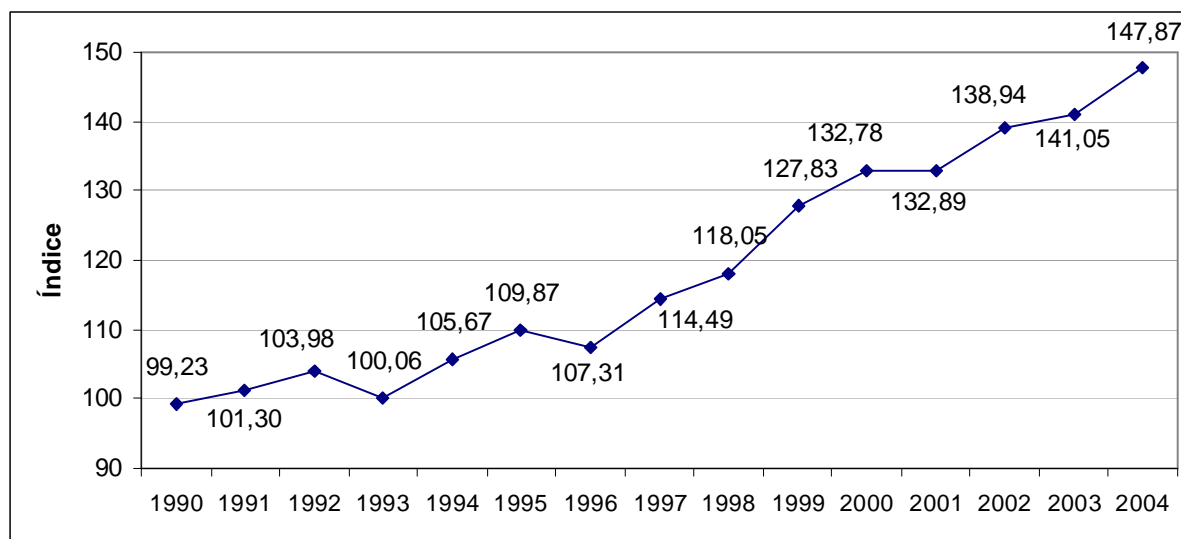
**Tabla RE.2.1.- Evolución del agregado de emisiones**

Valores absolutos (Gg CO <sub>2</sub> -eq)								
Año base	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004	
	289.385,64	287.152,37	317.941,24	384.245,69	384.552,09	402.059,54	408.168,82	427.904,58

Índice de evolución anual (año base = 100)									
Año base	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004	Quinquenio 2000-2004	
	100	99,23	109,87	132,78	132,89	138,94	141,05	147,87	138,7

<sup>1</sup> La comparación de la media quinquenal 2000-2004 con el año base es similar a la que deberá hacerse en el quinquenio 2008-2012 como valor representativo del año 2010 para su comparación con el año base.

**Figura RE.2.1.- Índice de evolución del agregado de emisiones**

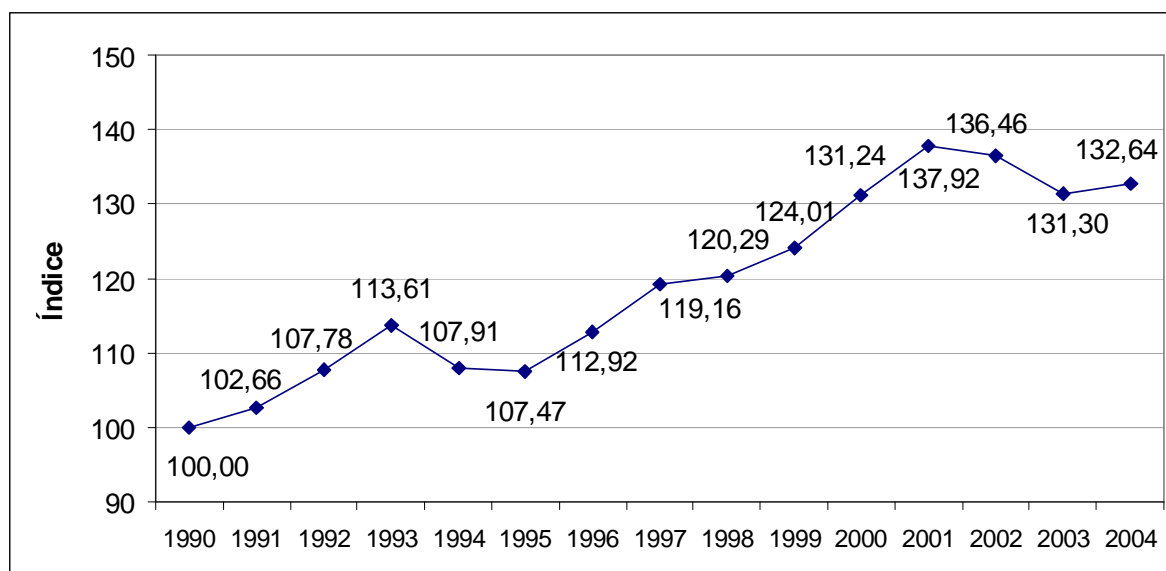
En la tabla RE.2.2 se muestran tanto en términos absolutos (gigagramos de CO<sub>2</sub>-eq) como en términos de índice temporal (100 en el año base) los valores correspondientes a las absorciones netas de CO<sub>2</sub> provenientes de las actividades de “Uso de la Tierra y Cambios del Uso de la Tierra y Silvicultura” a lo largo del período inventariado, 1990-2004, incluyendo además la información correspondiente al año base, que en este caso por no incluir gases fluorados coincide con la del año 1990. La representación gráfica del índice temporal se ofrece en la figura RE.2.2. De la observación de los datos anteriores se desprende que las absorciones netas de CO<sub>2</sub> en este sector se sitúan en 2004 en un 32,6% por encima del año base, valor muy similar al 33,9% que resulta cuando se compara la media del último quinquenio, 2000-2004 con el mismo año base. En conjunto la evolución del índice ha venido marcada por un crecimiento sostenido de las absorciones en el periodo inventariado, excepción hecha de los intervalos entre los años 1994 a 1996 y 2002 a 2004.

Tabla RE.2.2.- Evolución de las absorciones netas

Valores absolutos (Gg CO <sub>2</sub> -eq)						
1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
23,027	24,747	30,219	31,760	31,422	30,234	30,542

Índice de evolución anual (año base = 100)						
1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
100,00	107,47	131,23	137,93	136,46	131,30	132,64

Figura RE.2.2.- Índice de evolución de las absorciones netas



### **RE.3 RESUMEN DE LAS TENDENCIAS DE LAS EMISIONES POR GAS Y SECTOR.**

En la tabla RE.3.1 se recogen las estimaciones de las emisiones, por tipo de gas (excepción hecha de las que correspondan a el sector “Uso de la Tierra y Cambios del Uso de la Tierra y Silvicultura” que por constituir un sumidero neto se computan independientemente más abajo con un saldo de absorciones netas), para los seis grupos o especies ya indicados con efecto directo sobre el calentamiento: CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, HFC, PFC, y SF<sub>6</sub>. En la parte superior de la tabla se muestran las emisiones en términos absolutos (Gg CO<sub>2</sub>-eq); en la parte central las contribuciones porcentuales a las emisiones brutas totales de CO<sub>2</sub>-eq del total del inventario; y en la parte inferior la evolución en términos del índice temporal (100 en el año base).

Tabla RE.3.1.- Evolución de las emisiones por tipo de gas

Cifras en Gg CO <sub>2</sub> -eq								
GAS	Año base	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
CO <sub>2</sub>	228.561,93	228.561,93	255.724,17	307.673,09	311.552,31	330.550,90	333.836,55	354.562,35
CH <sub>4</sub>	27.466,62	27.466,62	30.122,62	34.758,54	35.516,06	36.069,42	36.111,75	36.632,76
N <sub>2</sub> O	27.770,80	27.770,80	26.508,17	33.027,73	31.776,97	31.075,68	32.749,76	31.569,84
HFC	4.645,44	2.403,18	4.645,44	8.170,02	5.284,19	3.892,39	4.995,80	4.612,49
PFC	832,51	882,92	832,51	411,71	239,77	264,02	267,31	272,04
SF <sub>6</sub>	108,34	66,92	108,34	204,60	182,79	207,13	207,66	255,11
<b>TOTAL GASES</b>	<b>289.385,64</b>	<b>287.152,37</b>	<b>317.941,24</b>	<b>384.245,69</b>	<b>384.552,09</b>	<b>402.059,54</b>	<b>408.168,82</b>	<b>427.904,58</b>

Porcentaje sobre el total de CO <sub>2</sub> -eq del inventario								
GAS	Año base	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
CO <sub>2</sub>	78,98	79,60	80,43	80,07	81,02	82,21	81,79	82,86
CH <sub>4</sub>	9,49	9,57	9,47	9,05	9,24	8,97	8,85	8,56
N <sub>2</sub> O	9,60	9,67	8,34	8,60	8,26	7,73	8,02	7,38
HFC	1,61	0,84	1,46	2,13	1,37	0,97	1,22	1,08
PFC	0,29	0,31	0,26	0,11	0,06	0,07	0,07	0,06
SF <sub>6</sub>	0,04	0,02	0,03	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06
<b>TOTAL GASES</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>

Índice de evolución anual (año base = 100)								
GAS	Año base	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
CO <sub>2</sub>	100,00	100,00	111,88	134,61	136,31	144,62	146,06	155,13
CH <sub>4</sub>	100,00	100,00	109,67	126,55	129,31	131,32	131,48	133,37
N <sub>2</sub> O	100,00	100,00	95,45	118,93	114,43	111,90	117,93	113,68
HFC	100,00	51,73	100,00	175,87	113,75	83,79	107,54	99,29
PFC	100,00	106,05	100,00	49,45	28,80	31,71	32,11	32,68
SF <sub>6</sub>	100,00	61,77	100,00	188,85	168,72	191,19	191,68	235,47
<b>TOTAL GASES</b>	<b>100,00</b>	<b>99,23</b>	<b>109,87</b>	<b>132,78</b>	<b>132,89</b>	<b>138,94</b>	<b>141,05</b>	<b>147,87</b>

Al efectuar el examen por tipo de gas, véase la citada tabla RE.3.1, es de destacar el dióxido de carbono como componente dominante, con una ponderación en torno al 80% (rango entre 78,2 y 88,8). La segunda y tercera posiciones corresponden respectivamente al metano y al óxido nitroso, manteniendo el metano su cuota en el rango 8,5%-10,1%, mientras el óxido nitroso muestra un rango de variación mayor, 7,3%-9,6%. El conjunto de los gases fluorados se muestra con un rango de participación comprendido entre 1,0% y 2,3%.

En la tabla RE.3.2 se recogen las estimaciones de las emisiones por sector de actividad, distinguiendo los siguientes grupos de la nomenclatura IPCC: Energía, Procesos Industriales, Uso de Disolventes y Otros Productos, Agricultura, y Residuos. No se incluye aquí las absorciones netas del Sector 5 "Uso de la Tierra y Cambios del Uso de la Tierra y Silvicultura", como quedó reflejado en el epígrafe RE.2. En la parte superior de la tabla se muestran las emisiones en términos absolutos (Gg CO<sub>2</sub>-eq), en la parte central las contribuciones porcentuales a las

emisiones brutas totales de CO<sub>2</sub>-eq y en la parte inferior la evolución en términos del índice temporal (100 en el año base) para cada grupo considerado.

**Tabla RE.3.2.- Evolución de las emisiones por sector de actividad**

Valores absolutos (Gg CO <sub>2</sub> -eq)								
SECTOR	Año base	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
1. Procesado de la energía	212.570,26	212.570,26	219.601,87	289.399,68	293.046,23	311.416,14	314.239,71	334.662,99
2. Procesos industriales	27.879,06	25.645,79	24.507,77	34.509,98	31.540,04	30.924,33	32.514,66	32.706,94
3. Uso de disolventes y otros productos	1.391,42	1.391,42	1.393,13	1.678,56	1.595,92	1.653,46	1.595,94	1.516,81
4. Agricultura	39.996,03	39.996,03	39.883,86	47.761,09	46.955,96	46.212,69	47.876,81	46.918,39
6. Tratamiento y eliminación residuos	7.548,87	7.548,87	7.747,55	10.896,37	11.413,94	11.852,93	11.941,71	12.099,46
<b>TOTAL SECTORES</b>	<b>289.385,64</b>	<b>287.152,37</b>	<b>293.134,19</b>	<b>384.245,69</b>	<b>384.552,09</b>	<b>402.059,54</b>	<b>408.168,82</b>	<b>427.904,58</b>

Contribución al total de CO <sub>2</sub> -eq del inventario								
SECTOR	Año base	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
1. Procesado de la energía	73,46	74,03	74,92	75,32	76,20	77,46	76,99	78,21
2. Procesos industriales	9,63	8,93	8,36	8,98	8,20	7,69	7,97	7,64
3. Uso de disolventes y otros productos	0,48	0,48	0,48	0,44	0,42	0,41	0,39	0,35
4. Agricultura	13,82	13,93	13,61	12,43	12,21	11,49	11,73	10,96
6. Tratamientos y eliminación residuos	2,61	2,63	2,64	2,84	2,97	2,95	2,93	2,83
<b>TOTAL SECTORES</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>

Índice de evolución anual (año base = 100)								
SECTOR	Año base	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
1. Procesado de la energía	100,00	100,00	103,31	136,14	137,86	146,50	147,83	157,44
2. Procesos industriales	100,00	91,99	87,91	123,78	113,13	110,92	116,63	117,32
3. Uso de disolventes y otros prod.	100,00	100,00	100,12	120,64	114,70	118,83	114,70	109,01
4. Agricultura	100,00	100,00	99,72	119,41	117,40	115,54	119,70	117,31
6. Tratamiento y eliminación residuos	100,00	100,00	102,63	144,34	151,20	157,02	158,19	160,28
<b>TOTAL SECTORES</b>	<b>100,00</b>	<b>99,23</b>	<b>101,30</b>	<b>132,78</b>	<b>132,89</b>	<b>138,94</b>	<b>141,05</b>	<b>147,87</b>

Al efectuar el examen por sector de actividad, destaca en primer lugar la contribución dominante del grupo de Energía con un peso que oscila entre 73,4% en el año base y 78,2% en el año 2004. En segundo lugar y a gran distancia del grupo anterior se sitúa el grupo Agricultura, con cuotas que oscilan entre el 13,9% del año 1990 hasta el 11,0% en el año 2004. El tercer grupo en importancia lo constituyen los Procesos Industriales (con exclusión de las actividades de combustión que se recogen en el grupo Energía), y cuya contribución disminuye desde el 9,6% en el año base a 7,6% en el año 2004. El grupo Residuos experimenta un leve crecimiento pasando su contribución del 2,6% en el año base al 2,8% en 2004. Finalmente, el grupo Uso de Disolventes y Otros Productos presenta ya una contribución marginal que se sitúa entre el 0,3%-0,5% del total.

## **RE.4 EVOLUCIÓN DE OTROS GASES DE EFECTO INVERNADERO INDIRECTO Y FORMADORES DE AEROSOL.**

Además de los gases de efecto invernadero directo ya citados ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ , HFC, PFC y  $\text{SF}_6$ ) en el inventario se recogen tres gases ( $\text{NO}_x$ , CO y COVNM), que por ser precursores de la formación de ozono troposférico, contribuyen de forma indirecta al efecto invernadero, y un gas ( $\text{SO}_2$ ) que al contribuir a la formación de aerosoles incide (reduciendo) el calentamiento atmosférico.

En la tabla RE.4.1 se muestra la evolución, para los años 1990, 1995 y 2000-2004 de las emisiones estimadas de estos cuatro gases ( $\text{NO}_x$ , CO, COVNM y  $\text{SO}_2$ ) expresadas, para cada uno de ellos, en la parte superior de la tabla en gigagramos del correspondiente gas, y en la parte inferior en forma de índice temporal tomando como base 100 el año 1990.

**Tabla RE.4.1.- Evolución de las emisiones de  $\text{NO}_x$ , CO, COVNM y  $\text{SO}_2$**

Valores absolutos (Gg $\text{CO}_2$ -eq)							
GAS	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
$\text{NO}_x$	1.216,60	1.325,84	1.453,40	1.439,77	1.495,68	1.493,24	1.534,61
CO	3.658,58	3.218,85	2.692,08	2.601,32	2.477,94	2.405,87	2.384,10
COVNM	1.170,03	1.107,26	1.165,41	1.139,14	1.122,33	1.123,82	1.123,82
$\text{SO}_2$	2.180,13	1.809,14	1.479,23	1.456,88	1.562,30	1.287,24	1.287,24

Índice de evolución anual (año base = 100)							
GAS	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
$\text{NO}_x$	100,00	108,98	119,46	118,34	122,94	122,74	126,14
CO	100,00	87,98	73,58	71,10	67,73	65,76	65,16
COVNM	100,00	94,64	99,61	97,36	95,92	96,05	96,05
$\text{SO}_2$	100,00	82,98	67,85	66,83	71,66	59,04	59,04





## **1.- INTRODUCCIÓN**

### **1.1 INFORMACIÓN DE BASE SOBRE LOS INVENTARIOS DE GASES DE EFECTO INVERNADERO Y EL CAMBIO CLIMÁTICO.**

El presente documento constituye la edición correspondiente al año 2006 del Informe del Inventario Nacional (IIN) 1990-2004 de Gases de Efecto Invernadero (GEI) que España presenta a la Comisión de la Unión Europea, en cumplimiento de lo establecido en las Decisiones del Parlamento y Consejo Europeos 280/2004/CE y 2005/166/CE. La presentación de los inventarios se realiza siguiendo las directrices para informes quedaron plasmadas en el documento FCCC/SBSTA/2004/8 de la Secretaría del Convenio Marco sobre Cambio Climático (SCMCC) a la que España también debe presentar el IIN de acuerdo con los compromisos internacionales asumidos con este organismo. La presentación de las tablas de los inventarios en soporte magnético que acompaña a este informe (IIN) se ha realizado utilizando el software habilitado al efecto (CRF Reporter) para la cumplimentación del Formulario Común para Informes (FCI) definido en el citado documento de la SCMCC.

Por otro lado, y teniendo en cuenta que España debe informar sobre la misma materia, tanto a la Comisión de la Unión Europea, como a la Secretaría del Convenio Marco sobre Cambio Climático, resulta obvia la necesidad de asegurar que el soporte y contenido de la información de los inventarios sea común para los envíos del inventario realizados a ambas instancias internacionales, lo que se garantiza con la estructura común adoptada en el inventario español para el envío a ambas instituciones. Este formato común es el establecido en el ya citado documento de SCMCC e incluye el IIN y el conjunto de las tablas del FCI.

La Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental es la Autoridad Nacional del Sistema de Inventario Nacional de Emisiones Contaminantes a la Atmósfera conforme dispone la orden ministerial MAM/1444/2006 de 9 de mayo, y a su vez está encuadrada en la Secretaría General para la Prevención de la Contaminación y el Cambio Climático del Ministerio de Medio Ambiente. Dentro de la Dirección General de Calidad Ambiental es la Subdirección General de Calidad del Aire y Prevención de Riesgos de la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental la unidad que tiene asignada la realización del inventario y que procesa la información recogida de las distintas fuentes. Como excepción, esta Subdirección recibe de la Dirección General para la Biodiversidad, encuadrada también en el propio Ministerio de Medio Ambiente, la parte del inventario que corresponde a la categoría 5 de IPCC "Uso de la Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura", parte que se integra tanto en el IIN como en el conjunto de tablas del FCI.

En cuanto a las sustancias objeto del inventario, la información de las tablas FCI se presenta tanto en unidades de masa de cada gas como en masa de dióxido

de carbono equivalente (CO<sub>2</sub>-eq) para cada uno de las sustancias consideradas en el Anexo A del Protocolo de Kioto, que incluye los seis gases o grupos de gases siguientes con efecto directo sobre el calentamiento atmosférico: dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), hidrofluorocarburos (HFC), perfluorocarburos (PFC), y, hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>). Adicionalmente, se presentan las emisiones estimadas de los tres gases siguientes con efecto indirecto sobre el calentamiento atmosférico: óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), monóxido de carbono (CO), compuestos orgánicos volátiles no metánicos (COVNM), así como de los óxidos de azufre (SO<sub>x</sub>), en términos de masa de cada gas para estas cuatro sustancias. Las absorciones por sumideros han sido estimadas con referencia al CO<sub>2</sub> fijado como carbono por la biomasa arbórea forestal.

Esta edición del inventario actualiza, revisando en su caso, las estimaciones dadas para los años del periodo 1990-2003 en la edición anterior, al tiempo que extiende al año 2004 las series temporales. La revisión, en su caso, de las estimaciones de determinadas partidas de los inventarios ha venido motivada por diversos factores entre los que cabe mencionar: a) la propia revisión de las estadísticas y datos de base, b) los cambios en las metodologías (selección de métodos, factores y algoritmos) de estimación como consecuencia de las mejoras en el conocimiento de los procesos generadores de las emisiones, y c) eventualmente, la subsanación de errores detectados.

La elaboración periódica de inventarios de emisiones de contaminantes a la atmósfera se inició en España hace dos décadas al objeto de cumplir los compromisos de información contraídos en el marco de la Unión Europea y en diversos Convenios Internacionales, así como para servir de fuente de información para el diseño y revisión de políticas y medidas.

Hoy en día, los datos del inventario nacional permiten atender las obligaciones y necesidades de información derivadas de los compromisos internacionales que esquemáticamente se reseñan en el cuadro 1.1.1:

### **Cuadro 1.1.1.- Resumen compromisos internacionales de información sobre inventarios de emisiones**

- Convenio de Ginebra sobre Contaminación Atmosférica Transfronteriza y a Larga Distancia y sus Protocolos derivados. Informe anual y estimación de emisiones de contaminantes acidificantes y precursores de ozono, metales pesados, partículas y contaminantes orgánicos persistentes.
- Convenio Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático y Protocolo de Kioto. Informe anual y estimación de emisiones de gases de efecto invernadero.
- Unión Europea:
  - o Directiva 2001/81/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de octubre de 2001, sobre techos nacionales de emisión de determinados contaminantes atmosféricos. Informe anual y estimación de emisiones de dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, compuestos orgánicos volátiles y amoníaco.
  - o Decisión 280/2004/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 11 de febrero de 2004, relativa a un mecanismo para el seguimiento de las emisiones de efecto invernadero en la Comunidad y para la aplicación del Protocolo de Kioto. Informe anual y estimaciones de emisiones.

De igual manera, en el ámbito nacional los inventarios de emisiones constituyen una fuente esencial de información para el conocimiento del estado del medio ambiente, el diseño de políticas ambientales y la evaluación de su efectividad o el desarrollo de estudios e investigaciones ambientales sociales y económicas entre otras finalidades. Asimismo sirve de información de base para la elaboración de las cuentas ambientales del Instituto Nacional de Estadística.

Para poder cumplir estas obligaciones una condición primordial que debe respetarse es que la elaboración de los inventarios se lleve a cabo conforme los criterios exigidos en cada momento. Ello obliga a someter a los inventarios y a su procedimiento de elaboración a un continuo proceso de mejora y reajuste conforme van evolucionando las directrices y metodologías exigidas en cada caso. En este contexto, una de las novedades más relevantes a la que está siendo preciso adaptarse es a la del establecimiento de un Sistema de Inventario Nacional (SIN).

Conforme lo previsto en el Protocolo de Kioto, Art. 5.1 y de acuerdo también con lo dispuesto en la Decisión 280/2004/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de febrero de 2004, relativa a un mecanismo para el seguimiento de las emisiones de gases de efecto invernadero en la Comunidad y para la aplicación del Protocolo de Kioto, en su Art. 4.4, los Estados miembros deberán establecer, a más tardar el 31 de diciembre de 2005, un Sistema de Inventario Nacional para la

estimación de las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero por las fuentes y la absorción de dióxido de carbono por los sumideros.

Para implantar el SIN los Estados deben establecer y mantener todos los arreglos institucionales, jurídicos y de procedimiento necesarios para poder cumplir las funciones previstas en las directrices de tal modo que se garantice la transparencia, coherencia, comparabilidad, exhaustividad y exactitud de los inventarios y que se cuente con la capacidad suficiente para la ejecución oportuna de todas las funciones.

España, en cumplimiento de estas disposiciones, ha procedido a implantar el SIN, es decir a establecer los arreglos institucionales, jurídicos y de procedimiento necesarios, partiendo de los elementos previamente existentes e incorporando los ajustes precisos.

Además, aunque los requisitos fijados para la elaboración del SIN de gases de efecto invernadero son más exigentes que los que se vienen aplicando para el resto de los inventarios de emisiones a la atmósfera, España no se limita a aplicar el SIN exclusivamente para la elaboración de los inventarios concernientes al Protocolo de Kioto sino que, por razones de coherencia, optimización de recursos y eficacia ha previsto implantar un SIN que cubra todas las obligaciones mencionadas en el cuadro 1.1.1. Por lo tanto todos los arreglos institucionales, jurídicos y de procedimiento a los que se hace referencia en este documento han de entenderse como de aplicación a la elaboración de todos los inventarios de emisiones contaminantes a la atmósfera citados en el cuadro 1.1.1.

## **1.2 DESCRIPCIÓN DE LOS ARREGLOS INSTITUCIONALES ADOPTADOS PARA LA PREPARACIÓN DEL INVENTARIO**

### **Marco normativo**

Los inventarios de emisiones de contaminantes a la atmósfera son considerados una estadística con fines estatales y como tal, conforme al artículo 149.1.31 de la Constitución, se realizan sobre la base de la competencia exclusiva del Estado para la elaboración de estadísticas para fines estatales. En este sentido, el marco normativo de referencia viene dado por la Ley 12/1989 de 9 de mayo, de la Función Estadística Pública y por el Plan Estadístico Nacional 2005-2008, aprobado por Real Decreto 1911/2004, de 17 de septiembre.

Respecto a la obtención de datos, la Ley 12/1989 establece dos regímenes diferenciados para la regulación de las estadísticas en función de que exijan datos de forma obligatoria o de que los particulares puedan aportar o no la información voluntariamente. Los inventarios de emisiones, por formar parte del Plan Estadístico Nacional y por cuanto su realización constituye una obligación para el Estado español por exigencia de la normativa de la Unión Europea, se engloban en el

primero de los dos regímenes, es decir aquel en la que la aportación de datos por los particulares es obligatoria.

Dentro de este marco normativo la elaboración de los inventarios ya se venía realizando hasta la fecha por la Subdirección General de Calidad del Aire y Prevención de Riesgos de la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental del Ministerio de Medio Ambiente en colaboración con distintos Departamentos Ministeriales y organismos públicos con competencias sectoriales en actividades que generan emisiones contaminantes a la atmósfera.

### **Entidad nacional única**

De acuerdo con lo dispuesto en las directrices para los SIN, cada Estado debe designar una entidad nacional única que asuma la responsabilidad general del inventario. Aunque en España, como se indica más arriba, ya existía un centro directivo encargado de realizar los inventarios, a fin de dar respuesta concreta a la exigencia del SIN la orden del Ministerio de Medio Ambiente ORDEN MAM/1444/2006 de 9 de mayo designa a la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental del Ministerio de Medio Ambiente como Autoridad Nacional del Sistema de Inventario Nacional de Emisiones de Contaminantes a la Atmósfera

### **1.3 BREVE DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE PREPARACIÓN DEL INVENTARIO**

El inventario nacional de emisiones está concebido como un inventario único susceptible de ser presentado en una diversidad de formatos de salida. Uno de estos formatos es el que corresponde a la presentación de las emisiones de gases de efecto invernadero que se realiza tanto para la Comisión de la Unión Europea como para la Secretaría del Convenio Marco sobre de Cambio Climático.

La Subdirección General de Calidad del Aire y Prevención de Riesgos es la que procesa la información recogida de las distintas fuentes proveedoras de información de base para el inventario.

La recopilación de la información se organiza en función de la naturaleza de las actividades (fuentes) emisoras y de la disponibilidad de datos sobre las mismas. Las fuentes emisoras se tratan, en función de su significación, como superficiales o puntuales.

Las fuentes superficiales se componen en general de diversas unidades emisoras (actividades del sector primario como las agrícola-ganaderas y las extractivas, instalaciones industriales, establecimientos y unidades comerciales y residenciales, espacios naturales) que por su reducida significación individual o por la forma en que se presenta su información de base han de tratarse de forma agregada.

Las fuentes puntuales por su significación para el inventario deben de tratarse de forma individualizada para lo cual se recibe la información directamente de las propias

plantas o instalaciones. La relación de instalaciones que se han analizado de manera individualizada es la siguiente:

- Centrales térmicas convencionales
- Refinerías de petróleo
- Fabricación de ácido sulfúrico
- Fabricación de ácido nítrico
- Plantas integrales de hierro y acero
- Fabricación de pasta de papel
- Fabricación de automóviles (en cuanto a las líneas de pintado)
- Plantas de fabricación de alúmina-aluminio
- Instalaciones de incineración de residuos sólidos urbanos.

Básicamente, en el proceso de recogida de información se utilizan uno o varios de los siguientes canales:

- Cuestionarios a plantas. Esta vía se articula principalmente para recoger la información de los grandes focos puntuales.
- Cuestionarios a asociaciones empresariales e institutos tecnológicos sectoriales. Esta vía se aplica especialmente a las fuentes superficiales tratadas a nivel de conjunto de sector de actividad.
- Información recibida de diversos Departamentos de la Administración. Dada su importancia se ilustra en la figura 1.3.1 el esquema organizativo de aportación de información para el inventario por parte de los diversos Departamentos Ministeriales.
- Fuentes de información estadística general y sectorial.
- Estudios sectoriales-medioambientales.
- Entrevistas a expertos de determinados sectores.

Figura 1.3.1.- Aportación de información por departamentos ministeriales.



### Órganos y entidades colaboradoras

Siendo indispensable la existencia de una entidad que asuma la responsabilidad general del inventario, es evidente que, dado el elevado número y la complejidad de las tareas que conlleva su elaboración, también es imprescindible la participación de muy diversos organismos en su planificación, desarrollo y aprobación.

Esquemáticamente cabría clasificar en cuatro grupos los organismos y entidades que participan en la elaboración del inventario:

- Departamentos Ministeriales (Economía y Hacienda, Fomento, Interior, Industria, Turismo y Comercio, Medio Ambiente, y Agricultura, Pesca y Alimentación)
- Departamentos universitarios, centros tecnológicos y de investigación.
- Asociaciones empresariales.
- Empresas particularmente significativas por la importancia de las emisiones de sus plantas.

Estos órganos y entidades participan, según cada caso, en una o más fases del proceso de elaboración del inventario.

En general los departamentos ministeriales, asociaciones sectoriales y empresas participan aportando información sobre datos de actividad y otros aspectos relativos a emisiones y sumideros. Por su parte los centros tecnológicos y de investigación colaboran con evaluaciones o análisis puntuales. A la entidad nacional única le corresponde la recopilación y tratamiento de la información y la estimación de las emisiones.

No obstante, esta división general de tareas no es del todo rígida ya que en muchas ocasiones para abordar cuestiones concretas y para llevar a cabo tareas de revisión la entidad nacional requiere la colaboración del resto de las partes.

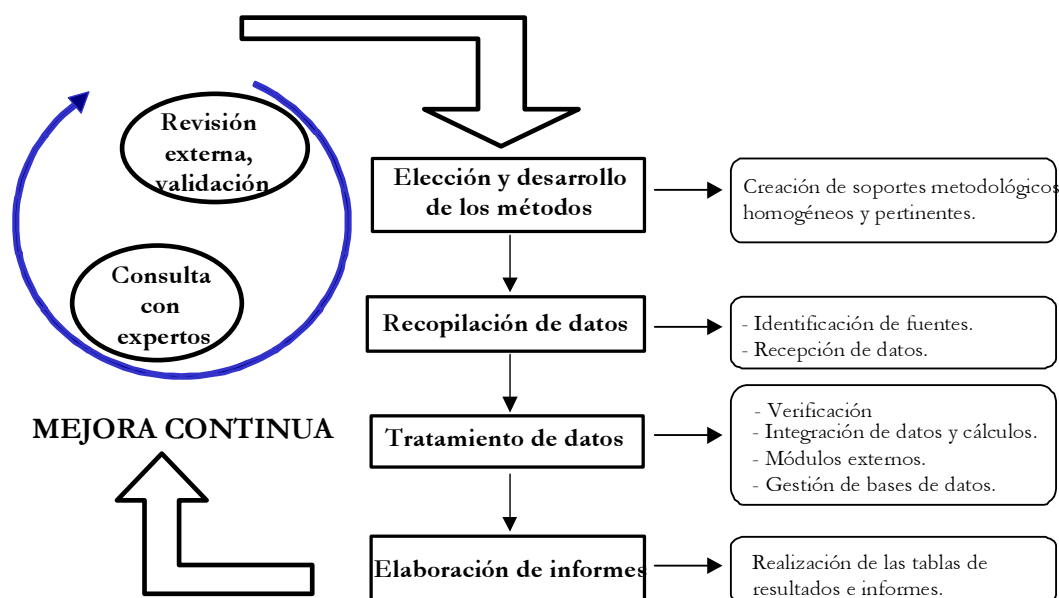
### **Proceso de elaboración del inventario**

Para procesar la información, se utiliza una combinación de los enfoques abajo-arriba (es decir desde el nivel detallado al nivel agregado) y arriba-abajo (del nivel agregado al nivel detallado). En general, el enfoque abajo-arriba utiliza, siempre que se halla disponible, información contrastada en los niveles más desagregados de las jerarquías sectoriales de la nomenclatura de actividades potencialmente emisoras de contaminantes base del inventario (nomenclatura SNAP) y territoriales (nomenclatura NUTS de EUROSTAT). Sobre la base de esa información de partida, se procede a obtener por agregación sucesiva las estimaciones para los niveles superiores hasta llegar al máximo nivel.

Este primer enfoque se utiliza en los grandes focos puntuales y en buen número de las fuentes superficiales (por ejemplo, emisiones de las industrias extractivas, cultivos agrícolas y ganadería). El segundo enfoque, arriba-abajo, se emplea en la parte restante de las fuentes superficiales.

En cuanto al proceso propiamente dicho de elaboración del inventario, éste se desarrolla, según se ilustra en la figura 1.3.2, a lo largo de una serie de etapas que van desde el diseño metodológico, pasando por la recopilación y tratamiento de la información, hasta la presentación de los resultados.



**Figura 1.3.2.- Esquema del proceso de elaboración de los inventarios**

### Archivo de la documentación

Toda la documentación generada a lo largo del inventario queda recogida en un registro, evidenciando las operaciones realizadas y resultados obtenidos. Este registro se conserva en el formato electrónico o papel, de manera que se evite su manipulación, deterioro o pérdida.

Se sigue un procedimiento estandarizado que comprende:

- Organización y puesta en servicio de la documentación a medida que vaya siendo generada por el proyecto.
- Clasificación y mantenimiento de los documentos con información sustantiva en archivo estructurado.
- Descripción de la documentación, contenido y palabras clave para facilitar su consulta posterior.
- Instalación física que garantiza su fácil recuperación y conservación.

Así pues el archivo lo componen los datos de base y documentación asociada, la cual está basada en las relaciones entre categorías SNAP, entidades y documentos, agrupándose estos, formando series documentales en orden

cronológico. Asimismo comprenden los diversos informes enviados y la base de datos del inventario en sí.

Esta base de datos así como la información más relevante se encuentra duplicada por motivos prácticos de organización del trabajo, así como por seguridad en la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental, (Ministerio de Medio Ambiente) y en la asistencia técnica específica.

Todo este sistema de gestión de información está enfocado para cumplir los objetivos de salvaguarda de información y acceso rápido y preciso a la misma.

## **1.4 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS METODOLOGÍAS Y LAS FUENTES DE DATOS UTILIZADAS**

### **1.4.1 PRINCIPIOS DE DESARROLLO DEL INVENTARIO**

A continuación se comenta el desarrollo dado en esta edición 2006 a los principios que deben tenerse en cuenta en la elaboración de los inventarios según figuran expuestos en el documento FCCC/SBSTA/2004/8 de la Secretaría de la Convención Marco sobre Cambio Climático.

#### **Homogeneidad temporal**

Una característica importante del proceso de la elaboración de los inventarios ha sido el énfasis puesto para garantizar que, en la medida de lo posible, la serie temporal 1990-2004 fuera homogénea a lo largo de los años con la metodología actualizada de "Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, versión revisada en 1996", y con la Guía IPCC de Buenas Prácticas para la Elaboración de los Inventarios, editada en 2000, y la Guía IPCC de Buenas Prácticas para la estimación de las emisiones y absorciones relacionadas con el Uso de la Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura, editada en 2003. Las emisiones y absorciones ahora estimadas por tipo de gas han sido expresadas en términos de CO<sub>2</sub>-equivalente con los factores de ponderación de poder de calentamiento atmosférico (a horizonte de 100 años) de la edición revisada IPCC de 1995.

#### **Realización de nuevos cálculos**

El objetivo de coherencia temporal anteriormente mencionado ha motivado la realización de nuevos cálculos de las series enviadas en la entrega de 2005 que abarcaba el período 1990-2003. Esta revisión, cuya cuantificación se presenta en el capítulo 10 de este informe (IIN) y en las tablas 8(a) del CRF Reporter, ha contribuido sin duda alguna a una mejora significativa de la fiabilidad de las cifras de emisiones y de las tendencias temporales de ellas derivadas. La información básica

para el año 2004 es, en parte, provisional (cifras de avance en algunos sectores), por lo que se anticipa que las estimaciones realizadas para dicho año serán presumiblemente recalculadas cuando se disponga de los datos definitivos.

### Coherencia

La coherencia en la estimación de las emisiones de CO<sub>2</sub> derivadas de las actividades de combustión ha sido especialmente tenida en cuenta a lo largo de todo el proceso de tratamiento de las actividades que utilizan combustibles fósiles. La cantidad de combustibles utilizados con fines energéticos ha sido contrastada con el Balance Energético Nacional según aparece en las publicaciones “Energy Balance Sheets” de EUROSTAT y “Energy Statistics” de la Agencia Internacional de la Energía. Las emisiones de CO<sub>2</sub> derivadas de la combustión de la biomasa se reseñan dentro de los *ítems Pro-memoria (Memo ítems)* aunque siguiendo la metodología IPCC no se computan en el total nacional de emisiones de CO<sub>2</sub>. El *enfoque de referencia*, mostrado en las Tablas 1.A(b) y 1.A(c) del CRF, puede, en este sentido, considerarse como un test de coherencia para la estimación de las emisiones de CO<sub>2</sub> derivadas de los procesos de combustión aunque, por la propia definición de la cobertura de sus variables de actividad, las emisiones estimadas con este enfoque arrojan, lógicamente, resultados generalmente más altos que los obtenidos para las actividades exclusivamente de combustión siguiendo el enfoque nacional.

Asimismo, la revisión en profundidad que se ha realizado en esta edición 2006 del inventario para el sector de la Agricultura se ha aplicado de manera homogénea para todo el periodo inventariado, 1990-2004, asegurando de esta manera la coherencia temporal de las series revisadas de este sector.

Otros aspectos relacionados con la coherencia de las restantes actividades se tratan en detalle en los correspondientes capítulos sectoriales 3 a 8 de este informe.

### Exhaustividad

La exhaustividad se ha evaluado según la tipología de status de estimación recomendada por la metodología IPCC: *NO* (no ocurren), *NE* (no estimadas); *NA* (no se aplica); *IE* (incluidas en otra parte); *C* (confidencial), *0* (inferior a la mitad de la unidad utilizada). Como valoración general puede decirse que el objetivo de exhaustividad se ha conseguido satisfactoriamente, con la salvedad de que para los sumideros de CO<sub>2</sub> sólo se ha podido, hasta el momento, estimar la categoría de “*cambios en bosques y otros depósitos de biomasa leñosa*”, y de que para los gases fluorados (HFC, PFC, SF<sub>6</sub>) no se han podido estimar las emisiones potenciales por carencias de información detallada específica sobre los flujos de comercio exterior (importaciones e importaciones) por tipo de gas.

### Incertidumbre/calidad de la estimación

La valoración de la incertidumbre se ha realizado siguiendo el enfoque de nivel 1 (Tier 1) según la metodología expuesta en el documento “Guía IPCC de Buenas Prácticas” y que de manera detallada se presenta en el Anexo 7 de este informe.

### Transparencia

Desde un punto de vista formal, la cumplimentación de las tablas de base (background) del CRF Reporter con la inclusión de las variables de actividad, emisiones estimadas y factores de emisión implícitos, así como en su caso de la información complementaria que figura en dichas tablas, constituye el avance más significativo hacia la consecución de la transparencia informativa en la elaboración de los inventarios. Adicionalmente, los requerimientos de transparencia se atienden con la documentación y archivo de las fuentes de información de base que, más allá de lo que lógicamente puede ser reflejado en las tablas de base, han sido utilizadas en la realización de los inventarios.

#### 1.4.2 METODOLOGÍA GENERAL

Los datos mostrados en el conjunto de tablas CRF Reporter de esta edición contienen toda la información relevante sobre las emisiones/captaciones de gases de efecto invernadero directo e indirecto producidas en España en el periodo 1990-2004.

Seguidamente se realiza una breve descripción de los trabajos desarrollados para la elaboración del inventario GEI y, en especial, de cómo se han cumplimentado las tablas CRF Reporter a partir de la información del Sistema de Inventario Nacional.

Los enfoques para la estimación de las emisiones recomendados tanto en las “Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, versión revisada en 1996” como en la “Guía de IPCC de Buenas Prácticas y Control de Incertidumbre en las emisiones nacionales de gases de efecto invernadero, editada en 2000”, y en la “Guía IPCC de Buenas Prácticas para la estimación de las emisiones y absorciones relacionadas con el Uso de la Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura”, editada en 2003, se adoptaron para todas aquellas actividades para las cuales dichos enfoques se consideraban los más ajustados, teniendo en cuenta los recursos y datos disponibles. En los casos en que se disponía de un enfoque nacional juzgado más adecuado que el enfoque IPCC alternativo, se adoptó, conforme a las propias recomendaciones de IPCC, el enfoque nacional. Así, con respecto a los cruces de tipo de gas y actividad emisora se han adoptado los enfoques que seguidamente se indican en el apartado siguiente.

## Metodologías aplicadas por categoría de actividad IPCC

### *Energía: Procesos de Combustión*

Se ha aplicado, para la estimación de las emisiones de CO<sub>2</sub>, siempre que ha habido información disponible el balance de masas de carbono, tomando para las características de los combustibles los parámetros nacionales más específicos, facilitados en su caso por las propias fuentes emisoras, caso de los Grandes Focos Puntuales, o derivados de las especificaciones de los combustibles estándar

Para los restantes contaminantes se han utilizado:

- Factores de emisión de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O tomados, para las fuentes de combustión estacionarias y fuentes móviles (excepto tráfico por carretera), en su práctica totalidad de las referencias de IPCC, EMEP/CORINAIR, CITEPA, y API (American Petroleum Institute) Compendium.
- Factores de emisión de COVNM y CO tomados, para las fuentes de combustión estacionarias y fuentes móviles (excepto tráfico por carretera), en su práctica totalidad de EMEP/CORINAIR.
- Factores de emisión y algoritmos de estimación, para el tráfico por carretera, tomados de COPERT III para todos los contaminantes inventariados de este modo de transporte.
- Estimaciones disponibles basadas en medidas directas, casos principalmente del SO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub> de los Grandes Focos Puntuales.
- Estimaciones basadas en balance de masas, caso principalmente del SO<sub>2</sub> en las emisiones de fuentes móviles, y de fuentes estacionarias sin tecnologías de desulfuración.

### *Energía: Emisiones Fugitivas*

En esta categoría de actividades se han utilizado métodos nacionales cuando, como en los casos siguientes, se ha contado con información sobre procesos, factores de emisión, o algoritmos de estimación considerados más ajustados a la actividad del sector en España:

- Emisiones de CO<sub>2</sub> en los procesos (no combustivos) de transformación de combustibles, principalmente en coquerías y refino de petróleo.
- Emisiones de CH<sub>4</sub> en la minería y uso del carbón.

- Emisiones de CH<sub>4</sub>, COVNM, y CO<sub>2</sub> en el transporte y distribución de gas natural y otros combustibles gaseosos (aire metanado/propanado, propano, gas de fábrica).

En las restantes actividades de este sector, se han utilizado factores de emisión de IPCC o de EMEP/CORINAIR, según cual se considerara más representativo. A esta categoría pertenecen, por ejemplo:

- Las emisiones de CH<sub>4</sub> y COVNM generadas en las actividades de producción nacional de petróleo y gas natural, así como las emisiones fugitivas de ambos contaminantes generadas en las operaciones de carga-descarga y almacenamiento de crudo y productos petrolíferos en las terminales marítimas.

### *Procesos Industriales*

Las emisiones de los tres gases principales con efecto invernadero (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O) procedentes de las actividades de este sector se han estimado siguiendo la metodología IPCC. En el caso importante de las emisiones de CO<sub>2</sub>, originadas en los procesos de descarbonación, se han utilizado los factores según tipo de carbonato, cuando se disponía de la cuantificación de los distintos carbonatos contenidos en las entradas-salidas de materia en los procesos correspondientes; y, en caso de que no se dispusiera de tal información por tipo de carbonato, se han utilizado factores referidos al agregado de materia carbonatada tratada en proceso, según la información disponible en cada sector.

Para los gases de efecto invernadero indirecto así como para los óxidos de azufre se ha seguido una combinación de métodos nacionales completados, en ausencia de tal información, con factores de emisión de EMEP/CORINAIR.

Para la estimación de las emisiones de gases fluorados (HFC, PFC y SF<sub>6</sub>), se adoptó la metodología de IPCC denominada *enfoque real (actual approach)*. El *enfoque potencial (potential approach)* complementario no se consideró viable ya que en el nivel máximo de desagregación de la nomenclatura de comercio exterior no se pueden identificar (y también resulta tremendamente complejo hacerlo en la propia cadena de importadores-distribuidores-exportadores) las transacciones comerciales por tipo de gas individual, es decir de:

- HFC-23; HFC-32; HFC-125; HFC-134a; HFC-143a; HFC-227ea, HFC-236fa dentro del grupo de los HFC;
- CF<sub>4</sub>; C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>; C<sub>3</sub>F<sub>8</sub>; C<sub>4</sub>F<sub>10</sub>; dentro del grupo de los PFC; y
- SF<sub>6</sub>

### *Uso de Disolventes y Otros Productos*

En este grupo, en el cual la propia metodología IPCC remite en gran número de actividades a EMEP/CORINAIR, se han utilizado métodos nacionales complementados con factores EMEP/CORINAIR.

### *Agricultura*

En el grupo de actividades agrícolas debe diferenciarse el tratamiento metodológico por subsectores y en su caso tipo de gas. Así se tiene que:

- En la estimación de las emisiones de CH<sub>4</sub> provenientes de la fermentación entérica del ganado, se ha seguido la metodología IPCC, con enfoque avanzado (tier 2) para el vacuno y ovino, y enfoque simple (tier 1) para el resto de animales.
- Para la estimación de las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O provenientes de la gestión de estiércoles, se ha seguido la metodología IPCC, apoyada en estimaciones nacionales sobre la distribución de los sistemas de gestión de estiércoles. Un tratamiento similar, metodología IPCC soportada con factores de emisión nacionales, se ha seguido para la estimación de las emisiones de CH<sub>4</sub> en el cultivo del arroz.
- En el caso de las emisiones de N<sub>2</sub>O provenientes de los suelos agrícolas, se ha utilizado la metodología IPCC apoyada, en cuanto a la determinación de parámetros y variables básicas de actividad, en resultados de estudios nacionales.
- La estimación de las emisiones de contaminantes generados en la quema de residuos agrícolas se ha realizado: a) para el CH<sub>4</sub>, CO, N<sub>2</sub>O y NO<sub>x</sub>, utilizando la metodología IPCC; y b) para el SO<sub>x</sub> y COVNM utilizando la metodología IPCC de cálculo de carbono contenido en la planta y el factor de emisión de EMEP/CORINAIR.
- En la estimación de las emisiones de NO<sub>x</sub> de suelos se ha utilizado la metodología EMEP/CORINAIR al no disponerse de una alternativa en IPCC.

### *Cambios de Uso del Suelo y Silvicultura*

La estimación de las captaciones netas de CO<sub>2</sub> correspondientes a esta categoría IPCC se obtiene por diferencia entre las captaciones de la biomasa forestal arbórea y las pérdidas de dicha biomasa por talas de madera. El cómputo, que se muestra en la tabla 5.A del CRF Reporter, se ha realizado, siguiendo la metodología IPCC, con información tomada del Segundo y Tercer Inventario Forestal Nacional, en lo que concierne al crecimiento neto de la biomasa forestal arbórea, del Anuario de Estadística Agraria, en lo que concierne a las cortas de madera, y de

otras fuentes bibliográficas nacionales, en lo que concierne a la caracterización de los parámetros de las especies arbóreas así como a las prácticas de manejo y seguimiento forestal.

### *Residuos*

Las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O, emitidos en las actividades de tratamiento y eliminación de residuos se han estimado siguiendo la metodología IPCC. La actividad más relevante en las emisiones ha sido la de depósito en vertedero de los residuos sólidos urbanos, diferenciando entre depósitos en vertederos controlados y no controlados. La estimación de la emisión de metano, debida a la degradación anaerobia de la fracción orgánica de los residuos, se ha estimado siguiendo la ecuación cinética de primer orden de IPCC. Por lo que se refiere a las actividades de tratamiento de las aguas residuales urbanas y no urbanas, se han seguido también las guías IPCC para la estimación de las emisiones de CH<sub>4</sub> en las líneas de tratamiento de aguas y en las líneas de tratamiento de lodos. Otras fuentes estimadas en el sector se refieren a las emisiones de N<sub>2</sub>O por el consumo humano de proteínas, estimación realizada según IPCC, y la incineración de residuos cuya estimación de las emisiones se ha realizado según las guías de EMEP/CORINAIR.

### Tratamiento del carbono almacenado en productos combustibles

El consumo de productos combustibles para uso no-energético aparece contabilizado en el balance de combustibles bajo el epígrafe homónimo. Las cantidades de cada tipo de combustible reseñadas en dicho epígrafe se incorporan en el análisis del *enfoque de referencia* (*reference approach*) haciendo de cada una de ellas el oportuno desdoblamiento en dos fracciones: a) la que queda almacenada en productos; y b) la que presumiblemente se libera a corto plazo dando lugar a las correspondientes emisiones de CO<sub>2</sub>, según el mencionado *enfoque de referencia*.

### Tratamiento de los bunkers internacionales de combustibles

Para la estimación *pro-memoria*, es decir fuera del total nacional, de las emisiones correspondientes al tráfico marino y aéreo internacionales se han tomado como variables de actividad las cifras de consumo de combustibles que en los balances energéticos aparecen asignadas a los respectivos tráficos internacionales: bunkers marinos internacionales y la navegación aérea internacional.

## **1.5 BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FUENTES CLAVE**

Con el objetivo de optimizar la asignación de recursos para mejorar la exactitud y precisión de las estimaciones del inventario de emisiones, es necesario priorizar los procedimientos de aseguramiento y control de calidad sobre las actividades que,



desde el punto de vista de su contribución a la incertidumbre de las estimaciones del inventario, se revelan como fuentes clave o prioritarias.

En este sentido, la Guía de Buenas Prácticas de IPCC define una fuente de emisión como clave si tal fuente o sumidero puede ejercer una influencia significativa en la estimación ya sea en el valor absoluto o de la tendencia de la estimación del conjunto de inventario.

Desde un punto de vista operativo la citada Guía establece dos enfoques o niveles para abordar la identificación de las fuentes clave. El enfoque de nivel 1 se orienta a determinar la influencia que, ya sea en valor absoluto o en la tendencia de la serie, una fuente de emisión puede ejercer sobre la incertidumbre de la estimación global del inventario, pero sin necesidad de acudir a procedimientos formales de análisis de la incertidumbre. El enfoque de nivel 2 hace un planteamiento similar pero contando con que se dispone de la información previa derivada de un análisis formal de la incertidumbre. En la edición actual del inventario, la identificación de fuentes clave se ha realizado con el enfoque de nivel 1.

Cuando se utiliza ese primer enfoque se debe distinguir entre la identificación de una fuente como clave bien sea en valor absoluto, bien en tendencia o en ambos conceptos. Para la identificación en valor absoluto, se parte de la fijación de un umbral (habitualmente del 95%) para la función de distribución acumulada de las emisiones según actividades del inventario, habiendo ordenado estas en sentido de contribución decreciente (en términos de emisiones de CO<sub>2</sub>-eq). Se puede considerar que el conjunto de las actividades incluidas en la función de distribución acumulada dentro de aquel umbral permite garantizar un porcentaje del orden del 90% de la incertidumbre conjunta del inventario<sup>2</sup>. Para la identificación en tendencia, el enfoque de nivel 1 fija también un umbral del 95%, pero establecido en este caso sobre la contribución de las actividades a la métrica de la tendencia<sup>3</sup>.

<sup>2</sup> Estudios desarrollados y publicados en "Methodological Choice in Inventory Preparation. Suggestions for Good Practice Guidance" (Flugsrud,1999), comparando las fracciones acumuladas de las valoraciones de nivel/tendencia con las fracciones de incertidumbre en inventarios de diversos países, mostraban que una aproximación razonable al 90% de la incertidumbre total del inventario era cubierta seleccionando un umbral del 95% en las valoraciones.

<sup>3</sup> Las métricas respectivas para el valor absoluto y para la tendencia corresponden a las fórmulas (1) y (2) siguientes:

$$(1) \quad L_{x,t} = \frac{E_{x,t}}{E_t}$$

$$(2) \quad T_{x,t} = L_{x,t} * \left| \frac{(E_{x,t} - E_{x,0})}{E_{x,t}} - \frac{(E_t - E_0)}{E_t} \right|$$

donde:

$L_{x,t}$  es la valoración de nivel para la categoría x en el año t

$T_{x,t}$  es la valoración de tendencia para la categoría x en el año t

Además de la calificación, según proceda, de una fuente como clave respecto al valor absoluto y/o la tendencia, en términos cuantitativos, son de interés también en algunos casos juicios cualitativos respecto a aquellas fuentes que, adicionalmente a los criterios de nivel y/o tendencia, merecen atención por otros posibles motivos como candidatas a ejercer una influencia significativa sobre las estimaciones globales del inventario. En este caso se encuentran, entre otras, las siguientes categorías: el uso de HFC en las actividades de frío y refrigeración en las cuales se dispone de información escasa sobre la variable de actividad; y la asignación de consumos de combustibles a las actividades militares y el encuadre de tales consumos dentro del balance de combustibles del inventario nacional. Estas dos actividades serán objeto de investigación especial en las próximas ediciones del inventario.

Volviendo a la identificación cuantitativa de fuentes clave, puede decirse que los criterios adoptados en la presente edición responden a los principios establecidos en la Guía de Buenas Prácticas de IPCC, que en todo caso deja un amplio margen para incorporar consideraciones nacionales. Entre los elementos específicamente nacionales, se han considerado relevantes para la identificación de las fuentes clave, con el objetivo de permitir un análisis más pormenorizado de actividades significativas del inventario, los siguientes:

- Las emisiones de CO<sub>2</sub> por combustión estacionaria dentro del Sector Energía se han desglosado cruzando el tipo de combustible con las siguientes subcategorías: centrales térmicas (1A1a), refinerías de petróleo (1A1b), transformación de combustibles sólidos (1A1c) y otras fuentes (1A2+1A4).
- Dentro del tráfico por carretera, las emisiones de CO<sub>2</sub> se han desagregado en función del tipo de combustible, analizando por separado las emisiones asociadas a vehículos diesel de las emisiones correspondientes al parque de gasolina.
- Con relación a las emisiones fugitivas en el Sector Energía, se han diferenciado las emisiones para cada una de las subcategorías que la componen, combustibles sólidos (1B1) y productos petrolíferos y gas (1B2), por tipo de contaminante, CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub>.
- Para asegurar un análisis exhaustivo del inventario se ha ampliado el índice de categorías expuestas en la tabla 7.1 de la citada Guía adaptándola a la relación de fuentes emisoras nacionales de

---

$E_{x,t}$  y  $E_{x,0}$  son las estimaciones de emisiones para la categoría  $x$  en el año  $t$  y año 0, respectivamente

0 es el año base (i.e. 1995 para los compuestos fluorados y 1990 para el resto de contaminantes)

contaminantes con poder de calentamiento. En el conjunto de nuevas categorías incluidas con este objeto cabe señalar la presencia de actividades identificadas como fuentes clave por su valor absoluto y/o su tendencia, entre otras:

- Uso de dolomita y piedra caliza (2A3) por el gas CO<sub>2</sub>.
- Otros procesos industriales, donde se excluyen la producción de cemento (2A1) y cal (2A2), el uso de dolomita y piedra caliza (2A3), y la siderurgia (2C1), por el gas CO<sub>2</sub>.
- Consumo de halocarburos y SF<sub>6</sub> (2F) por los gases HFC y PFC.
- Uso de disolventes y de otros productos (3) por el gas CO<sub>2</sub>.
- Emisiones de suelos agrícolas asociadas a producción animal (4D2) por N<sub>2</sub>O.

Conviene hacer notar aquí que la relación de posibles fuentes emisoras fijada en el apartado *Fuentes clave* del CRF Reporter muestra diferente nivel de desagregación al contemplado en este informe en la determinación de fuentes clave. Al encontrarse en el CRF Reporter más agregadas las categorías y no hacerse distinción por tipo de combustible no resultaba factible reproducir los resultados obtenidos en este informe.

Una vez presentado el enfoque del análisis y comentado el nivel de desagregación se pasa a mostrar en la tabla 1.5.1 la síntesis de resultados obtenidos en la identificación de fuentes de emisión clave ya sea por la tendencia o por el nivel. En la tabla, por sectores de IPCC, se indica en primer lugar el código IPCC y la descripción de la actividad, en segundo lugar el combustible asociado si se tratara de una actividad de combustión, en tercer lugar el gas asociado que confiere a esa actividad su carácter de fuente clave en las emisiones del inventario. La parte más sustantiva de la tabla recoge su identificación como fuente clave según el criterio de su contribución al nivel, a la tendencia o a ambos. La información de la tabla se completa con la columna de comentarios.

Por último interesa señalar que en el desarrollo de los capítulos sectoriales (capítulo 3 “Energía”; capítulo 4 “Procesos Industriales”; capítulo 5 “Uso de disolventes y otros productos”; capítulo 6 “Agricultura”; capítulo 8 “Residuos”) del inventario se incluye el análisis de todas las fuentes clave aquí identificadas y que una presentación general se muestra en el Anexo 1 de este informe.

Tabla 1.5.1.- Fuentes clave: síntesis contribución de las actividades al inventario

CATEGORÍAS DE FUENTES IPCC		Combustible	Gas	Categoría Fuentes Clave	Criterio (1) Nivel Tendencia		Comentarios	
ENERGÍA								
1A1a	Producción Electricidad y Calor CCTT Servicio Público	Gaseoso	CO <sub>2</sub>	SI	SI	SI	Nivel en 1997-2004	Tendencia en 1993-1995, 1997-2004
1A1a	Producción Electricidad y Calor CCTT Servicio Público	Sólido	CO <sub>2</sub>	SI	SI	SI	Nivel en 1990-2004	Tendencia en 1990-1994, 1996-2004
1A1a	Producción Electricidad y Calor CCTT Servicio Público	Líquido	CO <sub>2</sub>	SI	SI	SI	Nivel en 1990-2004	Tendencia en 1990-1992, 1994-2004
1A1a	Producción Electricidad y Calor CCTT Servicio Público	Otros	CO <sub>2</sub>	SI		SI		Tendencia en 1997
1A1b	Refino de petróleo	Gaseoso	CO <sub>2</sub>	SI		SI		Tendencia en 1997-2000, 2002-2004
1A1b	Refino de petróleo	Líquido	CO <sub>2</sub>	SI	SI	SI	Nivel en 1990-2004	Tendencia en 1990-92, 1994-96, 1998-2004
1A1c	Transformación de combustibles sólidos	Gaseoso	CO <sub>2</sub>	SI		SI		Tendencia en 1991, 1994, 1996
1A1c	Transformación de combustibles sólidos	Sólido	CO <sub>2</sub>	SI	SI	SI	Nivel en 1990-1994	Tendencia en 1992-2004
1A1c	Transformación de combustibles sólidos	Líquido	CO <sub>2</sub>	SI		SI		Tendencia en 1991, 1994-2000
1A2+1A4	Combustión Estacionaria - Otras fuentes	Gaseoso	CO <sub>2</sub>	SI	SI	SI	Nivel en 1990-2004	Tendencia en 1990-2004
1A2+1A4	Combustión Estacionaria - Otras fuentes	Sólido	CO <sub>2</sub>	SI	SI	SI	Nivel en 1990-2004	Tendencia en 1990-2004
1A2+1A4	Combustión Estacionaria - Otras fuentes	Líquido	CO <sub>2</sub>	SI	SI	SI	Nivel en 1990-2004	Tendencia en 1990-2004
1A2+1A4	Combustión Estacionaria - Otras fuentes	Otros	CO <sub>2</sub>					
1A1+1A2+1A4	Combustión Estacionaria		CH <sub>4</sub>	SI		SI		Tendencia en 1999
1A1+1A2+1A4	Combustión Estacionaria		N <sub>2</sub> O	SI	SI	SI	Nivel en 1996-1998	Tendencia en 1994-1996
1A3a	Aviación Civil		CO <sub>2</sub>	SI	SI	SI	Nivel en 1990-2004	Tendencia en 1990-1997, 2002
1A3a	Aviación Civil		CH <sub>4</sub>					
1A3a	Aviación Civil		N <sub>2</sub> O					
1A3b	Transporte por Carretera	Gasolina	CO <sub>2</sub>	SI	SI	SI	Nivel en 1990-2004	Tendencia en 1990-2004
1A3b	Transporte por Carretera	Gasóleo	CO <sub>2</sub>	SI	SI	SI	Nivel en 1990-2004	Tendencia en 1990-2004
1A3b	Transporte por Carretera		CH <sub>4</sub>					
1A3b	Transporte por Carretera		N <sub>2</sub> O	SI	SI	SI	Nivel en 1997-2004	Tendencia en 1993-2004
1A3d	Tráfico Marítimo Nacional		CO <sub>2</sub>	SI	SI	SI	Nivel en 1990-1996, 1999-2004	Tendencia en 1993-1994, 1997-1998
1A3d	Tráfico Marítimo Nacional		CH <sub>4</sub>					
1A3d	Tráfico Marítimo Nacional		N <sub>2</sub> O					
1A3c+1A3e	Otros Transportes		CO <sub>2</sub>					
1A3c+1A3e	Otros Transportes		CH <sub>4</sub>					
1A3c+1A3e	Otros Transportes		N <sub>2</sub> O					
1B1	Emisiones Fugitivas Combustibles Sólidos		CO <sub>2</sub>					
1B1	Emisiones Fugitivas Combustibles Sólidos		CH <sub>4</sub>	SI	SI	SI	Nivel en 1990--1997	Tendencia en 1991-2004
1B2	Emisiones Fugitivas Petróleo y Gas Natural		CO <sub>2</sub>	SI	SI	SI	Nivel en 1990-2004	Tendencia en 1993-1994
1B2	Emisiones Fugitivas Petróleo y Gas Natural		CH <sub>4</sub>	SI		SI		Tendencia en 1991-1992

(1). Identificación del criterio (nivel, tendencia) por el cual la fuente de emisión se considera clave.

Tabla 1.5.1 (Continuación)- Fuentes clave: síntesis contribución de las actividades al inventario

CATEGORÍAS DE FUENTES IPCC		Combustible	Gas	Categoría Fuentes Clave	Criterio (1) Nivel Tendencia		Comentarios	
PROCESOS INDUSTRIALES								
2A1	Producción de Cemento		CO <sub>2</sub>	SI	SI	SI	Nivel en 1990-2004	Tendencia en 1990-2004
2A2	Producción de Cal		CO <sub>2</sub>					
2A3	Uso de piedra caliza y dolomita		CO <sub>2</sub>	SI	SI	SI	Nivel en 1995-2004	Tendencia en 1991-1993
2C1	Producción de Hierro y Acero		CO <sub>2</sub>	SI	SI	SI	Nivel en 1990-1994, 1998, 2000, 2002, 2004	Tendencia en 1992, 1995-2003
2-2A1-2A2-2A3-2C1	Otros Procesos Industriales		CO <sub>2</sub>	SI	SI	SI	Nivel en 1990-2004	Tendencia en 1992-1994
2	Procesos Industriales		CH <sub>4</sub>					
2B2	Producción de Ácido Nítrico		N <sub>2</sub> O	SI	SI	SI	Nivel en 1990-2003	Tendencia en 1990-2004
2C3	Producción de Aluminio		PFC	SI		SI		Tendencia en 1990, 1999-2004
2E1	Fabricación de HCFC-22 (Emisión de HFC-23)		HFC	SI	SI	SI	Nivel en 1990-2001	Tendencia en 1990-1995, 1997-1998, 2001-2004
2E2+2E3	Producción de Halocarburos y SF6 (excluido HCFC-22)		HFC & PFC					
2F	Consumo de Halocarburos y SF6		HFC & PFC	SI	SI	SI	Nivel en 2000-2004	Tendencia en 1997-2004
2F7	Equipamiento Eléctrico		SF <sub>6</sub>	SI		SI		Tendencia en 1990
USO DE DISOLVENTES Y OTROS PRODUCTOS								
3	Uso de Disolventes y de Otros Productos		CO <sub>2</sub>	SI		SI		Tendencia en 1993-1995
3	Uso de Disolventes y de Otros Productos		N <sub>2</sub> O					
AGRICULTURA								
4A	Fermentación Entérica en Ganado Doméstico		CH <sub>4</sub>	SI	SI	SI	Nivel en 1990-2004	Tendencia en 1990, 1992, 1994-2004
4B	Gestión de Estiércol		CH <sub>4</sub>	SI	SI	SI	Nivel en 1990-2004	Tendencia en 1990-1998
4B	Gestión de Estiércol		N <sub>2</sub> O	SI	SI		Nivel en 1990-2004	
4C	Cultivo de Arroz		CH <sub>4</sub>					
4D1	Suelos Agrícolas - Emisiones Directas		N <sub>2</sub> O	SI	SI	SI	Nivel en 1990-2004	Tendencia en 1990-1995, 1997-2004
4D2	Suelos Agrícolas - Producción Animal		N <sub>2</sub> O	SI	SI		Nivel en 1990-1992, 1995-1999, 2003	
4D3	Suelos Agrícolas - Emisiones Indirectas		N <sub>2</sub> O	SI	SI	SI	Nivel en 1990-2004	Tendencia en 1990-1995, 1997-2004
4D4	Suelos Agrícolas - Otros		N <sub>2</sub> O					
4F	Quema en Campo de Residuos Agrícolas		CH <sub>4</sub>					
4F	Quema en Campo de Residuos Agrícolas		N <sub>2</sub> O					
RESIDUOS								
6A	Depósito en Vertederos		CO <sub>2</sub>	SI		SI		Tendencia en 1992, 1996
6A	Depósito en Vertederos		CH <sub>4</sub>	SI	SI	SI	Nivel en 1990-2004	Tendencia en 1990-2004
6B	Tratamiento de Aguas Residuales		CH <sub>4</sub>	SI	SI		Nivel en 1993-1999, 2001-2004	
6B	Tratamiento de Aguas Residuales		N <sub>2</sub> O					
6C	Incineración de Residuos		CO <sub>2</sub>	SI		SI		Tendencia en 1991-1992, 1995-2004
6C	Incineración de Residuos		CH <sub>4</sub>					
6C	Incineración de Residuos		N <sub>2</sub> O					

(1). Identificación del criterio (nivel, tendencia) por el cual la fuente de emisión se considera clave.



## **1.6 INFORMACIÓN SOBRE EL PLAN DE GARANTÍA Y CONTROL DE CALIDAD.**

### **Objetivos**

La elaboración del inventario nacional de emisiones es un proceso complejo que conlleva la obtención, manipulación, explotación y archivo de una gran cantidad y variedad de fuentes de información. Además la estimación de las emisiones depende crucialmente tanto de los propios datos de base, aportados por las diversas fuentes, como de las propias metodologías de cálculo consideradas.

Resulta por ello evidente la necesidad de contar con un sistema que controle y garantice la calidad de todo el proceso buscando la máxima exactitud y mínima incertidumbre. Esto se debe lograr de una forma equilibrada, de manera que no comprometa la presentación en plazo de los distintos informes y se pueda llevar a cabo con unos recursos razonables. El mismo sistema debe prever mecanismos de control y revisión, dentro de un proceso de mejora continua.

La implantación del Sistema de Garantía y Control de Calidad asegura la trazabilidad, exhaustividad, coherencia, comparabilidad y puntualidad de todo el proceso, integrándose en el mismo y convirtiéndose en una parte más del propio Sistema de Inventario Nacional. Sus principales objetivos son:

- Asegurar la preparación de los distintos informes requeridos por los diversos foros a los que da servicio, con una óptima exactitud e incertidumbre, y conforme a los criterios de contenido, forma y plazo exigidos.
- Proporcionar los datos de base requeridos en los distintos formatos, incluyendo explicaciones y justificando debidamente las posibles modificaciones y ajustes retrospectivos.

Para ello se ha realizado un esfuerzo especial en desarrollar procedimientos de control:

- En la recopilación, tratamiento y validación de los datos de base.
- En la elección de métodos, procedimientos y factores a emplear en las estimaciones.
- En la determinación de las incertidumbres en las estimaciones.
- En la búsqueda y eliminación de incoherencias y errores.
- En el archivo y conservación de la información.

## **Sistema de Control de Calidad**

Considerando las orientaciones del IPCC sobre buenas prácticas y gestión de incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, el Sistema de Garantía y Control de Calidad, se organiza de la siguiente manera:

### Organismo responsable:

La Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental, (Ministerio de Medio Ambiente), cuenta con asistencia técnica específica para la realización de las tareas que conlleva el Sistema Inventario Nacional, la cual tiene asignadas claramente responsabilidades y tareas y cuenta con personal específico cualificado, dedicado a la implantación del sistema de control y aseguramiento de calidad.

### Plan de Calidad:

Se aplica al inventario de contaminantes un plan de calidad orientado a seguir los principios generales de buenas prácticas comúnmente aceptados de manera que se asegure la coherencia, precisión, transparencia, comparabilidad y confidencialidad, así como la disponibilidad de consulta de la información y su archivo.

El desarrollo e implantación de dicho plan está suponiendo unos mayores esfuerzos en las etapas iniciales así como una mayor intensidad en las comprobaciones. Tras esta primera fase y una vez puesto a punto, se podrá aumentar la periodicidad de las revisiones, si bien efectuando un seguimiento más detallado de las categorías que experimenten cambios tecnológicos significativos.

El plan de calidad afecta a todos los bloques del proceso de realización del inventario y en él se recogen los objetivos, métodos de cálculo estandarizados, diseño de la realización del inventario (fases y métodos, así como bibliografía a utilizar en cada fase) y cronograma que distribuye tiempo y recursos.

La aplicación del plan a los diversos procesos del inventario contempla los elementos que esquemáticamente han sido resumidos en el cuadro 1.6.1.



**Cuadro 1.6.1.- Esquema y aplicación del plan de calidad a los procedimientos de elaboración del inventario**

Elección y desarrollo de métodos		Creación de soportes metodológicos homogéneos y pertinentes		Registro del plan de diseño; fases de realización del inventario; metodologías y técnicas a aplicar Registro de las modificaciones del plan de diseño que puedan ocurrir en el desarrollo del inventario Registro de las referencias utilizadas
Asegurar: <ul style="list-style-type: none"> <li>la cobertura exhaustiva del tratamiento de las fuentes de emisión</li> <li>la estandarización de la presentación del inventario</li> <li>la comparación con métodos de estimación alternativos</li> <li>la revisión interna o externa</li> </ul>				
Recopilación de datos		Identificación de fuentes Recepción de datos		Registro de la información entrada para el inventario
Asegurar: <ul style="list-style-type: none"> <li>la trazabilidad de la recopilación de la información de base</li> <li>la conformidad con los objetivos del plan de diseño</li> </ul>				
Tratamiento de datos		Integración de datos y cálculos Módulos externos Gestión de bases de datos		Empleo de los soportes metodológicos elegidos. Archivo de las modificaciones efectuadas en los métodos de cálculo Archivo de las modificaciones efectuadas en la información de la base de datos
Asegurar: <ul style="list-style-type: none"> <li>la verificación de los resultados</li> <li>el análisis de sensibilidad de los resultados a las modificaciones de los métodos de cálculo</li> </ul>				
Elaboración de informes		Realización de las tablas de resultados e informes		Mantenimiento del registro de los datos plasmados en tablas e informes
Asegurar la posibilidad de contraste de variaciones originadas por recálculos en sucesivas ediciones				

El plan incluye una serie de procedimientos generales que son de aplicación a todas las fuentes de manera exhaustiva. Asimismo se otorga una atención específica para las fuentes más significativas.

### Procedimientos de control de calidad generales (nivel 1)

Se aplican a todas las categorías de fuentes de inventarios una serie de técnicas generales que se concentran en el tratamiento, manejo, documentación, archivo y presentación. Los exámenes se realizan mediante confrontaciones, nuevos cálculos o inspecciones visuales. Los sistemas de cálculo electrónico se revisan periódicamente para asegurar la integridad. La periodicidad y profundidad con que se revisan las diversas categorías de fuentes queda recogida en el plan de calidad.

Los procedimientos generales que se aplican se recogen en las siguientes tablas:

ACTIVIDAD	PROCEDIMIENTO
Comprobación de errores de transcripción en entrada de datos	Para los datos de actividad que se introducen en el inventario a nivel desagregado (sectorial o geográfico) se verifica, si en la información primaria existe también el dato agregado, que la suma de los datos desagregados grabados coincide con el total agregado de la fuente primaria. Cuando en la fuente primaria no se dispone de la cantidad agregada, se hace una segunda grabación para su comprobación. En ambos casos, si se detectan discrepancias, se investigan las diferencias, que pueden finalmente resolverse o quedar documentadas como tales.
Comprobación de que los algoritmos de estimación operan correctamente	Al aplicarse un nuevo algoritmo de estimación se comprueba, para una muestra representativa de casos, que opera correctamente, efectuando una comparación de los resultados con procedimientos de cálculo paralelo.
Comprobación de la corrección de las unidades en que aparecen expresadas variables y parámetros	Se comprueba que las unidades de las variables y parámetros a introducir vienen expresadas en las unidades en que, para dichas magnitudes, aparecen ya registradas en la base de datos.
Comprobación de integridad de la estructura de la base de datos	La base de datos del inventario se ha diseñado conforme al modelo del esquema relacional. En la descripción del esquema se han documentado las tablas, los atributos de las mismas, las claves primarias y externas, las restricciones de dominio, y demás elementos que permiten asegurar en conjunto la integridad del sistema.
Comprobación de coherencia de información común para distintas fuentes	Cuando se usa información común que afecta a varias fuentes (población, temperatura, etc.) ésta se reproduce a partir de una misma variable de la base de datos (es decir, no se repite la entrada de la información común).
Comprobación de la corrección del flujo de datos en las diversas etapas de proceso	En el flujo de datos se pueden distinguir operaciones de arriba-abajo y de abajo-arriba. En ambos casos se comprueba que las desagregaciones

ACTIVIDAD	PROCEDIMIENTO
	o agregaciones de datos se adecuan a la estructura jerárquica de la nomenclatura base del inventario y de las nomenclaturas para informes. Adicionalmente se comprueba la corrección de los flujos horizontales de datos.
Comprobación de la documentación interna	La documentación del inventario se archiva de manera centralizada en las dependencias de la Subdirección General de Calidad del Aire y Prevención de Riesgos que elabora el inventario y, en el caso de publicaciones de carácter general, en el Centro de Documentación del Ministerio de Medio Ambiente. Esta documentación hace referencia, tanto a los datos de actividad, como a las referencias metodológicas.
Comprobación de cambios metodológicos o de datos que implican nuevos cálculos	Cuando se produce un cambio metodológico o un cambio en la serie de datos utilizados en el algoritmo de estimación se realiza un nuevo cálculo de las emisiones para toda la serie temporal desde el año 1990 hasta el último año de referencia del inventario, y se documentan los cambios realizados.
Comprobación de exhaustividad	<p>El examen de la exhaustividad se realiza contra la nomenclatura SNAP de actividades base del inventario y se contrasta que, para todas esas categorías de actividad, se solicita e incorpora la información pertinente. En caso de carencia de información se documenta la situación.</p> <p>Para las categorías que constan de diversas unidades (plantas) se investiga al principio de la elaboración del inventario si se han producido altas y bajas de unidades encuadradas en cada categoría examinada. Con esta información se acomoda la solicitud de información por unidades al colectivo en operación en los años para los que se elabora el inventario.</p>
Comprobación de homogeneidad temporal de la serie	Para contrastar la homogeneidad temporal de la serie se determinan por consulta sus tasas de variación interanuales y se marcan selectivamente aquellos años y valores en que las tasas difieren significativamente de la pauta normal de la serie. Estos valores atípicos se investigan específicamente.
Comparación con estimaciones del año anterior	Una vez disponible la nueva serie del inventario se realizan comprobaciones por áreas prioritarias con relación a las estimaciones homólogas de la edición anterior del inventario. Los valores que difieren de una edición a otra se investigan específicamente.

### Procedimientos de control de calidad por tipo de fuente (nivel 2):

Están orientados a tipos específicos de datos usados en los métodos de estimación de fuentes individuales, especialmente:

- Categorías principales de fuentes.
- Categorías de fuentes en las que se han producido importantes revisiones metodológicas y de datos.
- Categorías de fuentes en las que se emplean métodos de estimación de nivel superior.

Estas actividades específicas de control de calidad, cuya presentación en detalle se realiza en los correspondientes capítulos sectoriales (Capítulo 3 “Energía”, Capítulo 4 “Procesos Industriales”, Capítulo 5 “Uso de disolventes y otros productos”, Capítulo 6 “Agricultura, Capítulo 7 “Usos de la Tierra y Cambios de usos de la Tierra y Silvicultura” y capítulo 8 “Residuos”), y que en cierta medida se encuentran todavía en fase de desarrollo, comprenden las tareas que esquemáticamente se señalan en el cuadro 1.6.2.

### Cuadro 1.6.2.- Actividades específicas de control de calidad

#### *Control de calidad de los datos de emisiones, de factores de emisión y algoritmos de estimación de las emisiones*

- evaluación de la aplicabilidad de los factores de emisión por defecto del IPCC a las circunstancias nacionales
- obtener factores de emisión representativos de las circunstancias nacionales para las categorías principales de fuentes
- comprobar los datos de mediciones directas: empleo de métodos normalizados, calibración de equipos.
- efectuar exámenes de realidad: comparar valores de mediciones directas con lugares similares, comparar valores con referencias por defecto o tendencias históricas
- examen de coherencia y exhaustividad: exámenes de variaciones anuales a nivel de subcategoría de fuente
- realizar exámenes del orden de magnitud
- comparar los datos con cálculos de referencia si fuera posible
- documentar los procesos

#### *Control de calidad de los datos de actividad*

- comprobar los controles de calidad de los datos de actividad procedentes de fuentes de datos secundaria o externa.
- evaluar las incertidumbres en caso de detectarse insuficiencias en los controles anteriores
- comparar los datos de actividad con tendencias, referencias, otras fuentes, etc. e identificar y documentar todo cambio
- identificar errores y comprobar la coherencia de los datos de actividad de lugares específicos

#### *Control de calidad de las estimaciones de la incertidumbre*

- emplear métodos probabilísticos en datos medidos o dictámenes de expertos a falta de datos medidos
- documentar los supuestos en los que se basen las estimaciones de incertidumbre

### Sistema de Garantía de Calidad

La garantía de calidad del inventario se basa en la revisión objetiva del mismo, preferentemente por personal ajeno al mismo, evaluando su calidad, y aprovechando este proceso para la identificación de áreas susceptibles de mejora dentro de un proceso de optimización continua.

Durante la preparación del inventario, hay personal específicamente dedicado a la revisión y control de calidad, centrándose en las categorías de fuentes principales o aquellas que han sufrido cambios en métodos de estimación o datos. El objetivo de estas revisiones es identificar y corregir los posibles problemas antes de presentar el inventario.

Adicionalmente se realizan revisiones en profundidad por expertos que participan en organismos de inventarios de países similares, en grupos de trabajo de referencia de categorías principales de fuentes, o de las propias secretarías o paneles de los Convenios o Protocolos en cuestión. El inventario remitido al Convenio Marco de Cambio Climático fue revisado en profundidad durante la semana del 29 de septiembre al 3 de octubre de 2003 por un equipo de expertos de su Secretaría. También se ha presentado voluntariamente a revisión en 2006 el inventario que se remite al Convenio de Ginebra para su revisión.

Adicionalmente están previstos arreglos institucionales para asegurar que se efectúen regularmente auditorías externas que evalúen periódicamente el cumplimiento de las especificaciones de los controles de calidad expuestos. Asimismo se realizan comparaciones geográficas cruzadas con inventarios de otros países, en colaboración con grupos de trabajo de inventarios de otros países europeos.

### **Tratamiento de la confidencialidad**

Los inventarios de emisiones de contaminantes a la atmósfera son considerados una estadística con fines estatales y como tal, conforme al artículo 149.1.31 de la Constitución, se realizan sobre la base de la competencia exclusiva del Estado para la elaboración de estadísticas para fines estatales. En este sentido, el marco normativo de referencia viene dado por la Ley 12/1989 de 9 de mayo, de la Función Estadística Pública y por el Plan Estadístico Nacional 2005-2008, aprobado por Real Decreto 1911/2004, de 17 de septiembre.

En este contexto, la información solicitada para el inventario sigue las normas del secreto estadístico de acuerdo con lo establecido en el Plan Estadístico Nacional 2005-2008.

### **1.7 EVALUACIÓN GENERAL DE LA INCERTIDUMBRE.**

Los resultados presentados más arriba en el capítulo de Resumen Ejecutivo y los que se presentan más adelante en el capítulo de Tendencias de las Emisiones y en los capítulos sectoriales 3 a 8 de este informe se refieren en primera instancia a las estimaciones de los valores centrales de las emisiones por cruce de actividades y contaminantes. La agregación de las emisiones, ponderadas según los potenciales de calentamiento de cada gas considerado, se refleja en la estimación del valor central de la emisión conjunta del inventario. El valor central, constituye, sin embargo, sólo un indicador del nivel de la variable aleatoria que es la emisión estimada de cada fuente contaminante y gas. Para caracterizar la precisión de la estimación interesa establecer métodos de determinación de la incertidumbre de dicha estimación. La Guía de Buenas Prácticas de IPCC ofrece dos enfoques para la cuantificación de la incertidumbre de cada actividad y gas, así como para la determinación de la incertidumbre de la emisión ponderada del inventario. El enfoque de nivel 1, que es el que se ha adoptado para la estimación de la

incertidumbre en esta edición del inventario, aborda la determinación de la incertidumbre utilizando las ecuaciones de propagación del error en dos etapas.

En la primera etapa se estima, de forma aproximada, la incertidumbre de la emisión de una categoría fuente y gas teniendo en cuenta que tal emisión se puede representar como producto de una variable de actividad por un factor de emisión, y teniendo en cuenta la combinación de las incertidumbres de esos dos factores componentes según se expresa en la ecuación siguiente:

$$U_E = \sqrt{U_A^2 + U_F^2} \quad [1.7.1]$$

donde:

$U_E$  representa la incertidumbre asociada a la emisión

$U_A$  representa la incertidumbre asociada a la variable de actividad

$U_F$  representa la incertidumbre asociada al factor de emisión

y donde  $U_E$ ,  $U_A$  y  $U_F$  expresan, en forma de porcentaje, los ratios (coeficientes de incertidumbre) cuyo numerador es la mitad del intervalo de confianza del 95% de la variable considerada y el denominador el valor esperado de la variable.

En la segunda etapa se estima, de forma aproximada, la incertidumbre de un agregado a partir de las incertidumbres de los componentes, fuentes de actividad por contaminante, que integran el inventario. Esta estimación de la incertidumbre se efectúa en términos del nivel y en términos de la tendencia, diferencia entre emisiones del año de referencia y el año base, según se expresa en la ecuación [1.7.2].

$$U_{E_{total}} = \frac{\sqrt{(U_{E_1} \cdot E_1)^2 + (U_{E_2} \cdot E_2)^2 + \dots + (U_{E_n} \cdot E_n)^2}}{E_1 + E_2 + \dots + E_n} \quad [1.7.2]$$

donde:

$U_{E_{total}}$  representa la incertidumbre asociada al agregado de emisiones

$U_{E_i}$  representa la incertidumbre asociada a cada emisión componente

$E_i$  representa el valor esperado de cada emisión componente

y donde  $U_{E_{total}}$  y  $U_{E_i}$  expresan, en forma de porcentaje, los ratios (coeficientes de incertidumbre) cuyo numerador es la mitad del intervalo de confianza del 95% de la variable considerada y el denominador el valor esperado de la variable.

Para la estimación de la incertidumbre de la tendencia, diferencia entre el año de referencia y el año base, se han definido dos tipos de sensibilidad para valorar tales diferencias:

- Sensibilidad tipo A.

Representa el cambio en la diferencia en las emisiones del inventario entre el año base y el año de referencia, expresado como porcentaje, resultante de un aumento del 1% en las emisiones de una fuente y gas dados tanto en el año base como en el año de referencia.

- Sensibilidad tipo B.

Representa el cambio en la diferencia en las emisiones del inventario entre el año base y el año de referencia, expresado como porcentaje, resultante de un aumento del 1% en las emisiones de una fuente y gas dados sólo en el año de referencia.

Conceptualmente, la sensibilidad de tipo A surge de incertidumbres que afectan por igual al año base y al año de referencia, mientras que la sensibilidad de tipo B surge de incertidumbres que afectan sólo al año de referencia. Las incertidumbres que están correlacionadas a lo largo de los años se asocian normalmente con la sensibilidad de tipo A, mientras las incertidumbres que no están correlacionadas a lo largo de los años se asocian a la sensibilidad tipo B. Estos dos tipos de sensibilidades introducen simplificaciones en el análisis de la correlación. Para hacer operativo el algoritmo se asume, por defecto, que las incertidumbres de los factores de emisión corresponden a la sensibilidad tipo A, están normalmente correlacionados a lo largo de los años; mientras las variables de actividad corresponden a la sensibilidad tipo B, no están correlacionadas a lo largo de los años, salvo mención en contrario como se verá más adelante en la aplicación del algoritmo al caso del presente inventario. Una vez que han sido calculadas las incertidumbres de las emisiones según cada uno de los dos tipos de sensibilidad indicados, pueden ser sumadas ponderadamente usando la ecuación de propagación del error para obtener la incertidumbre conjunta en la tendencia.

El procedimiento de nivel 1 se ha aplicado según la definición y relaciones entre variables (columnas) de la Tabla 6.1, Sección 6.3.2, de la Guía de Buenas Prácticas de IPCC implementada sobre una hoja de cálculo, que se reproduce en el Anexo 6 de este informe.

Para ilustrar la estimación de la incertidumbre se han seleccionado como representativos los años 2002 y 2003, es decir los más próximos de la serie del periodo inventariado, 1990-2004, excluido el último año de la misma, año 2004, para el cual parte de la información de base es provisional e incide en una elevación de la incertidumbre asociada a la estimación de sus emisiones. Como síntesis de resultados de la cuantificación de incertidumbre se presenta la tabla 1.7.1, de cuya observación pueden extraerse las siguientes conclusiones:



- a) La banda de confianza al 95% para el nivel de las emisiones del agregado del inventario es del orden del 7% en torno al valor central del año de referencia, y en concreto del 6,9% para el año 2002 y del 6,5% para el año 2003.
- b) La banda de confianza al 95% para el índice de evolución de las emisiones del año de referencia respecto al año base es del orden de 3%, y en concreto del 3,2% para el año 2002 y del 3,3% para el año 2003.

**Tabla 1.7.1.- Bandas de confianza 95% del nivel y la tendencia de las emisiones del inventario**

Año	Valores absolutos (Gg CO <sub>2</sub> -e)					Índice de evolución sobre año base = 100				
	Valor central	Cota inferior		Cota superior		Valor central	Cota inferior		Cota superior	
		Valor	%	Valor	%		Valor	%	Valor	%
Año base	289.386	263.630	-8,9	315.141	8,9	100	NA	NA	NA	NA
Año 2002	402.060	374.317	-6,9	429.802	6,9	138,94	134,49	-3,2	143,38	3,2
Año 2003	408.169	381.638	-6,5	434.700	6,5	141,05	136,39	-3,3	145,70	3,3

## **1.8 EVALUACIÓN GENERAL DE LA EXHAUSTIVIDAD.**

La exhaustividad se ha evaluado según la tipología de status de estimación recomendada por la metodología IPCC: *NO* (no ocurren), *NE* (no estimadas); *NA* (no se aplica); *IE* (incluidas en otra parte); *C* (confidencial), *O* (inferior a la mitad de la unidad utilizada).

En la evaluación de la exhaustividad por actividades se ha seguido un criterio conservador en la asignación de las etiquetas *NE* (no estimadas) en relación con las asignaciones alternativas *NO* (no ocurren) y *NA* (no se aplica). Así, *NO* se ha asignado sólo cuando existe certeza de que la actividad en sí misma no se da en el territorio nacional, y *NA* se ha reservado para los casos en que existe un conocimiento fundado de que no se da emisión en el cruce seleccionado de actividad emisora y gas emitido; en los restantes casos en que no se ha realizado estimación y no se han asignado otras etiquetas se ha hecho referencia a la situación con la etiqueta *NE*, aunque en buen número de estos casos pueda no haber emisión positiva (en general son casos en que no consta información sobre factores o algoritmos de estimación de las emisiones).

Para una presentación detallada por actividades y gases de las etiquetas de status se remite a las tablas correspondientes del CRF Reporter.

Como valoración general puede decirse que el objetivo de exhaustividad se ha conseguido satisfactoriamente, con las siguientes salvedades. Para el sector de "Usos de la tierra, y cambios de usos de la tierra y silvicultura" sólo se ha podido, hasta el momento, estimar las absorciones y emisiones (con absorción neta) de CO<sub>2</sub> de la categoría de "*cambios en bosques y otros depósitos de biomasa leñosa*". Para los gases fluorados (HFC, PFC, SF<sub>6</sub>) no se han podido estimar las emisiones

potenciales por carencias de información detallada específica sobre los flujos de comercio exterior (importaciones e importaciones) por tipo de gas. Para los consumos de combustibles en las actividades militares no se ha podido establecer su encuadre dentro del balance de combustibles del inventario nacional. En el Anexo 5 “Evaluación de exhaustividad” de este informe se presentan las tablas de detalle de estas excepciones a la exhaustividad de la cobertura del inventario.

## **2.- TENDENCIAS DE LAS EMISIONES**

### **2.1 DESCRIPCIÓN E INTERPRETACIÓN DE LAS TENDENCIAS DE LAS EMISIONES AGREGADAS**

En este epígrafe se examinan en primer lugar las tendencias de las emisiones agregadas sin descontar las absorciones netas que se originan en el sector “Uso de la Tierra y Cambios del Uso de la Tierra y Silvicultura”, y en segundo lugar se presenta la información sobre absorciones, emisiones y absorciones netas que resultan del balance de los flujos de sumideros y fuentes de carbono, y por tanto de CO<sub>2</sub>, de dicho sector.

Para valorar las consecuencias que las emisiones (y absorciones) de gases de efecto invernadero pueden ejercer sobre el calentamiento general de la atmósfera, las cifras estimadas de emisiones se presentan en términos de CO<sub>2</sub>-equivalente (CO<sub>2</sub>-eq), ponderando las correspondientes a cada gas con los respectivos coeficientes asignados, a un horizonte de 100 años, en el Segundo Informe de Evaluación sobre el Cambio Climático (1995) elaborado por el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC)<sup>4</sup>. El intervalo de años inventariado en esta edición se extiende de 1990 a 2004. Como periodo de referencia (año base) para examinar la evolución temporal de las emisiones se toma el año 1990 para el CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O y el año 1995 para los gases fluorados HFC, PFC y SF<sub>6</sub>, por lo que el año base es en sí un híbrido de los dos anteriores y no corresponde a un año natural concreto.

#### **Emisiones**

En la tabla 2.1.1 se muestran, tanto en términos absolutos (gigagramos de CO<sub>2</sub>-eq) como en términos de índice temporal (100 en el año base), los valores correspondientes a las emisiones brutas totales (excepción hecha de las que corresponden al sector “Uso de la Tierra y Cambios del Uso de la Tierra y Silvicultura” que, por constituir un sumidero neto, se computan separadamente más abajo con un saldo de absorciones netas). La representación gráfica del índice temporal se ofrece en la figura 2.1.1. De la observación de los datos se desprende que las emisiones totales se sitúan en 2004 en un 47,8% por encima del año base,

---

<sup>4</sup> Aunque con la publicación en el año 2001 del Tercer Informe de Evaluación sobre el Cambio Climático se dispone de una actualización de los correspondientes coeficientes de ponderación de los distintos gases que inciden en el calentamiento atmosférico, a efectos de la valoración del cumplimiento de los compromisos internacionales vigentes sobre control de las emisiones de estos gases se mantienen los potenciales de calentamiento atmosférico asignados en el Segundo Informe de Evaluación de IPCC (1995).

valor que se reduce a un 38,7% cuando se compara la media del último quinquenio, 2000-2004 con el mismo año base<sup>5</sup>. En conjunto la evolución del índice ha venido marcada por un crecimiento sostenido en el periodo inventariado, excepción hecha de los años 1993 y 1996 en que se registran descensos respecto al año anterior. En términos de pendiente de la curva, el intervalo 1990-1996 se caracteriza por un crecimiento más moderado que el correspondiente al intervalo 1996-2004. Esta variabilidad en la evolución parece estar puntualmente (puntas/valles anuales) relacionada con la mejor o peor hidraulicidad del año considerado y su implicación en la producción de electricidad de origen térmico, si bien otra serie de factores adicionales como la expansión general del consumo de combustibles y de la actividad económica en general están en la base del cambio de pendiente observado entre los dos sub-intervalos temporales antes indicados, 1990-1996 y 1996-2004.

**Tabla 2.1.1.- Evolución del agregado de emisiones**

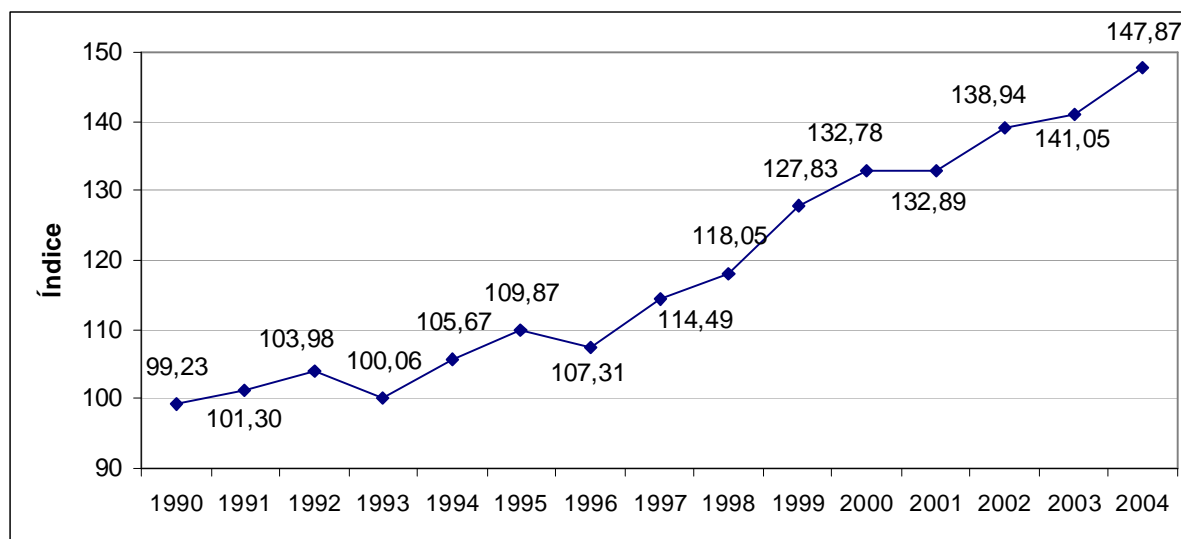
**Valores absolutos (Gg CO<sub>2</sub>-eq)**

Año base	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004	
	289.385,64	287.152,37	317.941,24	384.245,69	384.552,09	402.059,54	408.168,82	427.904,58

**Índice de evolución anual (año base = 100)**

Año base	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004	Quinquenio 2000-2004
100	99,23	109,87	132,78	132,89	138,94	141,05	147,87	138,7

<sup>5</sup> La comparación de la media quinquenal 2000-2004 con el año base es similar a la que deberá hacerse en el quinquenio 2008-2012 como valor representativo del año 2010 para su comparación con el año base.

**Figura 2.1.1.- Índice de evolución anual**

Para ofrecer una panorámica de la contribución que a estas emisiones agregadas del inventario, siempre en términos de CO<sub>2</sub>-eq, aportan los distintos sectores y categorías de actividad se presentan en las tablas 2.1.2.a (valores absolutos) y en la tabla 2.1.2.b (valores porcentuales) la evolución temporal de las correspondientes cifras absolutas y porcentajes. Como puede observarse, la energía es el sector dominante y a lo largo del periodo inventariado aumenta incluso su participación relativa sobre el total. Tras la energía, y a gran distancia, siguen por este orden la agricultura y los procesos industriales (excluida de estos la combustión industrial que se computa dentro de la energía) que reflejan un cierto descenso en su ponderación sobre el total pero mantienen en términos generales sus posiciones relativas. El sector de tratamiento de residuos aparece nuevamente distanciado respecto a la contribución de los dos anteriores, pero muestra un mantenimiento e incluso ligero crecimiento en su contribución al total del agregado del inventario; y por lo que respecta a las actividades de uso de disolventes y otros productos se constata su peso marginal en el conjunto. Toda esta información puede verse con un mayor grado de detalle (con desglose por sector de actividad y gas) en el Anexo 6 del presente informe.

**Tabla 2.1.2.a.- Emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente  
(Gg de CO<sub>2</sub> equivalente)**

	Año base	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
<b>Total (Emisión Bruta)</b>	<b>289.385,64</b>	<b>287.152,37</b>	<b>317.941,24</b>	<b>384.245,69</b>	<b>384.552,09</b>	<b>402.059,54</b>	<b>408.168,83</b>	<b>427.904,58</b>
<b>1. Procesado de la energía</b>	<b>212.570,26</b>	<b>212.570,26</b>	<b>241.053,02</b>	<b>289.399,68</b>	<b>293.046,23</b>	<b>311.416,14</b>	<b>314.239,71</b>	<b>334.662,99</b>
A. Actividades de combustión	208.358,38	208.358,38	236.848,36	285.156,02	289.001,14	307.246,21	310.520,02	330.572,54
1. Industrias del sector energético	77.694,28	77.694,28	86.811,20	105.710,46	99.972,29	113.611,54	106.495,86	115.917,72
2. Industrias manufactureras y de la construcción	46.729,24	46.729,24	53.628,70	58.420,45	62.747,96	64.191,19	67.907,21	73.289,27
3. Transporte	57.536,17	57.536,17	67.028,47	87.002,65	91.277,73	93.462,64	98.045,20	102.011,37
4. Otros sectores	26.398,69	26.398,69	29.379,99	34.022,45	35.003,15	35.980,84	38.071,75	39.354,19
5. Otros								
B. Emisiones fugitivas de los combustibles	4.211,88	4.211,88	4.204,66	4.243,66	4.045,09	4.169,93	3.719,69	4.090,45
1. Combustibles sólidos	1.837,14	1.837,14	1.483,70	1.262,88	1.113,25	1.077,56	1.115,18	1.081,76
2. Petróleo y gas natural	2.374,74	2.374,74	2.720,96	2.980,78	2.931,83	3.092,37	2.604,51	3.008,69
<b>2. Procesos Industriales</b>	<b>27.879,06</b>	<b>25.645,79</b>	<b>27.441,51</b>	<b>34.509,98</b>	<b>31.540,04</b>	<b>30.924,33</b>	<b>32.514,66</b>	<b>32.706,94</b>
A. Productos minerales	15.668,85	15.668,85	16.249,71	19.405,00	19.804,84	20.539,49	21.136,26	21.624,01
B. Industria química	3.757,14	3.757,14	3.228,29	3.122,39	2.888,13	2.724,26	2.767,81	2.518,45
C. Producción metalúrgica	3.698,95	3.749,71	3.209,40	3.566,55	3.326,79	3.495,82	3.329,94	3.607,69
D. Otras industrias								
E. Producción de halocarburos y SF <sub>6</sub>	4.637,88	2.403,18	4.637,88	6.394,51	2.992,80	1.170,65	1.749,17	786,53
F. Consumo de halocarburos y SF <sub>6</sub>	116,24	66,92	116,24	2.021,53	2.527,49	2.994,11	3.531,49	4.170,26
G. Otros								
<b>3. Uso de disolventes y de otros productos</b>	<b>1.391,42</b>	<b>1.391,42</b>	<b>1.346,57</b>	<b>1.678,56</b>	<b>1.595,92</b>	<b>1.653,46</b>	<b>1.595,94</b>	<b>1.516,81</b>
<b>4. Agricultura</b>	<b>39.996,03</b>	<b>39.996,03</b>	<b>39.495,66</b>	<b>47.761,09</b>	<b>46.955,96</b>	<b>46.212,69</b>	<b>47.876,81</b>	<b>46.918,39</b>
A. Fermentación entérica	11.779,63	11.779,63	12.043,91	13.362,29	13.710,22	13.797,02	13.993,06	13.705,92
B. Gestión del estiércol	8.695,38	8.695,38	9.781,38	11.210,73	11.448,32	11.467,85	11.317,96	11.858,77
C. Cultivo de arroz	227,45	227,45	137,22	294,90	291,30	285,94	297,89	297,89
D. Suelos agrícolas	19.064,04	19.064,04	17.373,77	22.790,69	21.494,66	20.647,45	22.254,25	21.042,16
E. Quemas planificadas de sabanas								
F. Quema en campo de residuos agrícolas	229,53	229,53	159,38	102,48	11,45	14,43	13,65	13,65
G. Otros								
<b>5. Cambios de uso del suelo y silvicultura</b>								
<b>6. Tratamiento y eliminación de residuos</b>	<b>7.548,87</b>	<b>7.548,87</b>	<b>8.604,49</b>	<b>10.896,37</b>	<b>11.413,94</b>	<b>11.852,93</b>	<b>11.941,71</b>	<b>12.099,46</b>
A. Depósito en vertederos	4.065,57	4.065,57	5.421,09	7.137,15	7.452,95	7.712,71	7.820,07	7.972,40
B. Tratamiento de aguas residuales	2.312,54	2.312,54	2.491,99	2.903,34	2.985,30	3.105,69	3.168,78	3.268,64
C. Incineración de residuos	916,87	916,87	286,33	336,12	432,32	433,31	336,45	233,64
D. Otros	253,88	253,88	405,08	519,77	543,37	601,22	616,40	624,78
<b>7. Otros</b>								

**Tabla 2.1.2.b.- Distribución porcentual por sectores de las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente**

	Año base	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
<b>Total (Emisión Bruta)</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>
<b>1. Procesado de la energía</b>	<b>73,46</b>	<b>74,03</b>	<b>75,82</b>	<b>75,32</b>	<b>76,20</b>	<b>77,46</b>	<b>76,99</b>	<b>78,21</b>
A. Actividades de combustión	72,00	72,56	74,49	74,21	75,15	76,42	76,08	77,25
1. Industrias del sector energético	26,85	27,06	27,30	27,51	26,00	28,26	26,09	27,09
2. Industrias manufactureras y de la construcción	16,15	16,27	16,87	15,20	16,32	15,97	16,64	17,13
3. Transporte	19,88	20,04	21,08	22,64	23,74	23,25	24,02	23,84
4. Otros sectores	9,12	9,19	9,24	8,85	9,10	8,95	9,33	9,20
5. Otros								
B. Emisiones fugitivas de los combustibles	1,46	1,47	1,32	1,10	1,05	1,04	0,91	0,96
1. Combustibles sólidos	0,63	0,64	0,47	0,33	0,29	0,27	0,27	0,25
2. Petróleo y gas natural	0,82	0,83	0,86	0,78	0,76	0,77	0,64	0,70
<b>2. Procesos Industriales</b>	<b>9,63</b>	<b>8,93</b>	<b>8,63</b>	<b>8,98</b>	<b>8,20</b>	<b>7,69</b>	<b>7,97</b>	<b>7,64</b>
A. Productos minerales	5,41	5,46	5,11	5,05	5,15	5,11	5,18	5,05
B. Industria química	1,30	1,31	1,02	0,81	0,75	0,68	0,68	0,59
C. Producción metalúrgica	1,28	1,31	1,01	0,93	0,87	0,87	0,82	0,84
D. Otras industrias								
E. Producción de halocarburos y SF <sub>6</sub>	1,60	0,84	1,46	1,66	0,78	0,29	0,43	0,18
F. Consumo de halocarburos y SF <sub>6</sub>	0,04	0,02	0,04	0,53	0,66	0,74	0,87	0,97
G. Otros								
<b>3. Uso de disolventes y de otros productos</b>	<b>0,48</b>	<b>0,48</b>	<b>0,42</b>	<b>0,44</b>	<b>0,42</b>	<b>0,41</b>	<b>0,39</b>	<b>0,35</b>
<b>4. Agricultura</b>	<b>13,82</b>	<b>13,93</b>	<b>12,42</b>	<b>12,43</b>	<b>12,21</b>	<b>11,49</b>	<b>11,73</b>	<b>10,96</b>
A. Fermentación entérica	4,07	4,10	3,79	3,48	3,57	3,43	3,43	3,20
B. Gestión del estiércol	3,00	3,03	3,08	2,92	2,98	2,85	2,77	2,77
C. Cultivo de arroz	0,08	0,08	0,04	0,08	0,08	0,07	0,07	0,07
D. Suelos agrícolas	6,59	6,64	5,46	5,93	5,59	5,14	5,45	4,92
E. Quemas planificadas de sabanas								
F. Quema en campo de residuos agrícolas	0,08	0,08	0,05	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00
G. Otros								
<b>5. Cambios de uso del suelo y silvicultura</b>								
<b>6. Tratamiento y eliminación de residuos</b>	<b>2,61</b>	<b>2,63</b>	<b>2,71</b>	<b>2,84</b>	<b>2,97</b>	<b>2,95</b>	<b>2,93</b>	<b>2,83</b>
A. Depósito en vertederos	1,40	1,42	1,71	1,86	1,94	1,92	1,92	1,86
B. Tratamiento de aguas residuales	0,80	0,81	0,78	0,76	0,78	0,77	0,78	0,76
C. Incineración de residuos	0,32	0,32	0,09	0,09	0,11	0,11	0,08	0,05
D. Otros	0,09	0,09	0,13	0,14	0,14	0,15	0,15	0,15
<b>7. Otros</b>								

## Absorciones

En la tabla 2.1.3 se muestran en los tres primeros bloques los valores correspondientes respectivamente a las absorciones de carbono (mostradas con signo negativo y expresadas en Gg de C), a las emisiones de carbono (expresadas en Gg de C) y (como saldo neto de las dos anteriores) a las absorciones netas de carbono (mostradas con signo negativo y expresadas en Gg de C y en Gg de CO<sub>2</sub>) provenientes de las actividades de "Uso de la Tierra y Cambios del Uso de la Tierra y Silvicultura". Las absorciones, primer bloque de la tabla, se desglosan a su vez por origen distinguiendo entre los tres siguientes tipos de sumidero: bosque que se mantiene como bosque (FF), cultivo que pasa a bosque (CF), y pastizal que pasa a

bosque (GF). El cuarto bloque de la citada tabla y la figura 2.1.2 recogen respectivamente los valores y la representación gráfica del índice temporal (base 100 en el año 1990) de las absorciones netas. De la observación de los datos anteriores se desprende que las absorciones netas de CO<sub>2</sub> se sitúan en 2004 en un 32,6% por encima del año base, valor muy similar al 33,9% que resulta cuando se compara la media del último quinquenio, 2000-2004, con el mismo año base. En conjunto la evolución del índice ha venido marcada por un crecimiento sostenido de las absorciones en el periodo inventariado, excepción hecha de los intervalos entre los años 1994 a 1996 y 2002 a 2004.

**Tabla 2.1.3.- Evolución de las absorciones, emisiones y absorciones netas**

**Absorciones (Gg de C)**

Sumideros	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
FF	-11.079	-11.531	-12.586	-12.736	-12.887	-13.038	-13.188
CF	0	-200	-90	-59	-43	-52	0
GF	-300	-151	-211	-243	-260	-261	-300
Total	-11.379	-12.183	-12.887	-13.038	-13.190	-13.351	-13.488

**Emisiones (Gg de C)**

Fuentes	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
FF	5.099	5.434	4.645	4.377	4.621	5.105	5.159
CF							
GF							
Total	5.099	5.434	4.645	4.377	4.621	5.105	5.159

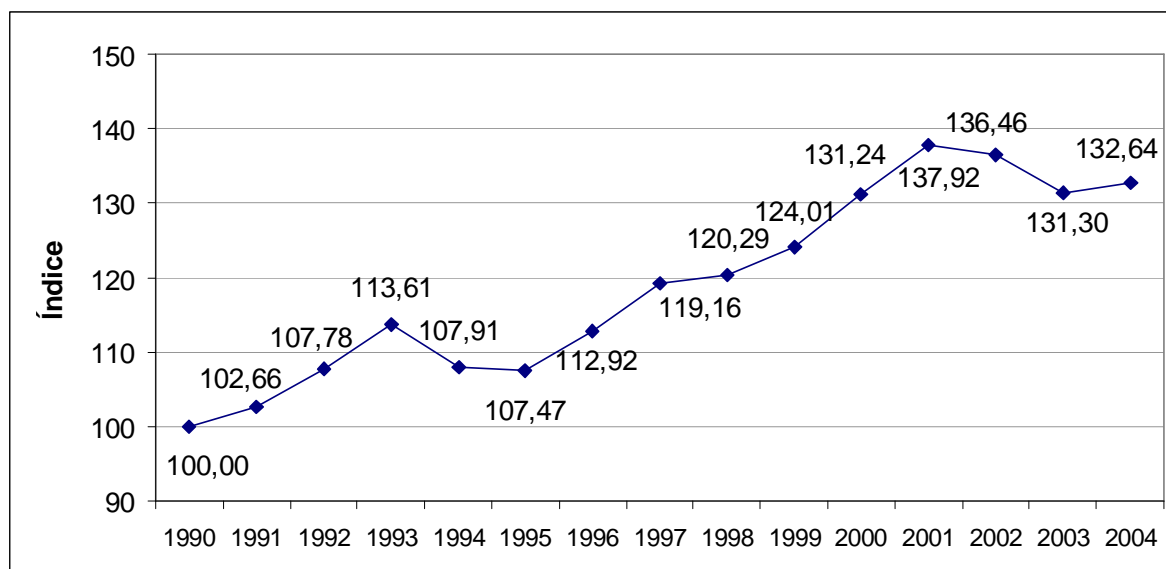
**Absorciones netas (Gg de C y de Gg CO<sub>2</sub>-eq)**

Expresadas en	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
Gg de C	-6.280	-6.749	-8.241	-8.661	-8.569	-8.245	-8.329
Gg de CO <sub>2</sub> -eq	-23.027	-24.747	-30.219	31.760	-31.423	-30.234	-30.542

**Índice de evolución absorciones netas (año 1990 = 100)**

1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004	Quinquenio 2000-2004
100,00	107,47	131,23	137,93	136,46	131,30	132,64	133,91



**Figura 2.1.2.- Índice de evolución de las absorciones netas**

## **2.2 DESCRIPCIÓN E INTERPRETACIÓN DE LAS TENDENCIAS DE LAS EMISIONES POR GASES**

En la tabla 2.2.1 se recogen las estimaciones de las emisiones, por tipo de gas, para los seis grupos o especies de gases con efecto directo sobre el calentamiento: CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, HFC, PFC, y SF<sub>6</sub><sup>6</sup>. En la parte superior de la tabla se muestran las emisiones en valores absolutos (Gg CO<sub>2</sub>-eq); en la parte central las contribuciones (porcentuales) a las emisiones totales de CO<sub>2</sub>-eq del total del inventario, y en la parte inferior la evolución en términos del índice temporal (año base = 100).

<sup>6</sup> No se computan las emisiones que correspondan al sector "Uso de la Tierra y Cambios del Uso de la Tierra y Silvicultura".

**Tabla 2.2.1.- Evolución de las emisiones por tipo de gas**

Cifras en Gg CO <sub>2</sub> -eq								
GAS	Año base	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
CO <sub>2</sub>	228.561,93	228.561,93	255.724,17	307.673,09	311.552,31	330.550,90	333.836,55	354.562,35
CH <sub>4</sub>	27.466,62	27.466,62	30.122,62	34.758,54	35.516,06	36.069,42	36.111,75	36.632,76
N <sub>2</sub> O	27.770,80	27.770,80	26.508,17	33.027,73	31.776,97	31.075,68	32.749,76	31.569,84
HFC	4.645,44	2.403,18	4.645,44	8.170,02	5.284,19	3.892,39	4.995,80	4.612,49
PFC	832,51	882,92	832,51	411,71	239,77	264,02	267,31	272,04
SF <sub>6</sub>	108,34	66,92	108,34	204,60	182,79	207,13	207,66	255,11
<b>TOTAL GASES</b>	<b>289.385,64</b>	<b>287.152,37</b>	<b>317.941,24</b>	<b>384.245,69</b>	<b>384.552,09</b>	<b>402.059,54</b>	<b>408.168,82</b>	<b>427.904,58</b>

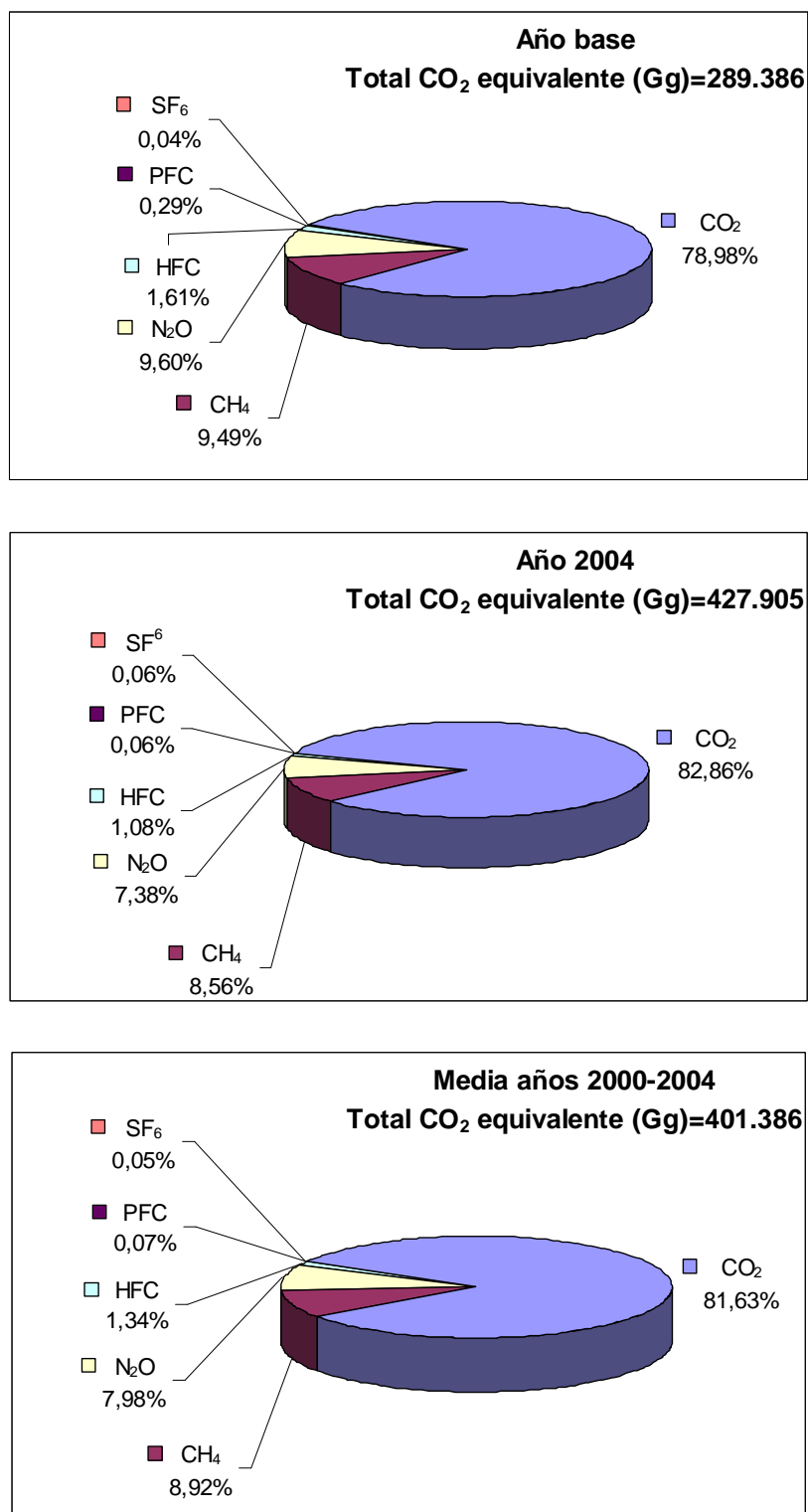
Porcentaje sobre el total de CO <sub>2</sub> -eq del inventario								
GAS	Año base	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
CO <sub>2</sub>	78,98	79,60	80,43	80,07	81,02	82,21	81,79	82,86
CH <sub>4</sub>	9,49	9,57	9,47	9,05	9,24	8,97	8,85	8,56
N <sub>2</sub> O	9,60	9,67	8,34	8,60	8,26	7,73	8,02	7,38
HFC	1,61	0,84	1,46	2,13	1,37	0,97	1,22	1,08
PFC	0,29	0,31	0,26	0,11	0,06	0,07	0,07	0,06
SF <sub>6</sub>	0,04	0,02	0,03	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06
<b>TOTAL GASES</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>

Índice de evolución anual (año base = 100)								
GAS	Año base	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
CO <sub>2</sub>	100,00	100,00	111,88	134,61	136,31	144,62	146,06	155,13
CH <sub>4</sub>	100,00	100,00	109,67	126,55	129,31	131,32	131,48	133,37
N <sub>2</sub> O	100,00	100,00	95,45	118,93	114,43	111,90	117,93	113,68
HFC	100,00	51,73	100,00	175,87	113,75	83,79	107,54	99,29
PFC	100,00	106,05	100,00	49,45	28,80	31,71	32,11	32,68
SF <sub>6</sub>	100,00	61,77	100,00	188,85	168,72	191,19	191,68	235,47
<b>TOTAL GASES</b>	<b>100,00</b>	<b>99,23</b>	<b>109,87</b>	<b>132,78</b>	<b>132,89</b>	<b>138,94</b>	<b>141,05</b>	<b>147,87</b>

Como puede apreciarse en la tabla 2.2.1, el dióxido de carbono constituye el gas dominante, con una ponderación a lo largo del período inventariado en torno al 80%, con un 79% del año base y llegando hasta cerca del 83,0% en el año 2004. Las dos siguientes posiciones las ocupan el metano y el óxido nitroso, con contribuciones relativamente similares pero en general mayores para el primero que para el segundo, pasando el metano del 9,5% al 8,6% y el óxido nitroso del 9,6% al 7,4% entre el año base y el 2004. El conjunto de los gases fluorados se muestra con un rango de participación comprendida entre 1,0% y 2,3%.

Los cambios en estas contribuciones relativas a lo largo del tiempo quedan plasmados en la figura 2.2.1 para los tres cortes temporales siguientes: año base, año 2004 y media del quinquenio 2000-2004. Al comparar los tres paneles de esta figura puede observarse cómo el CO<sub>2</sub> incrementa su participación relativa en casi 4 puntos porcentuales al comparar el año base con el año 2004, y con un nivel un punto inferior al del último año para la media del último quinquenio. En contraste,

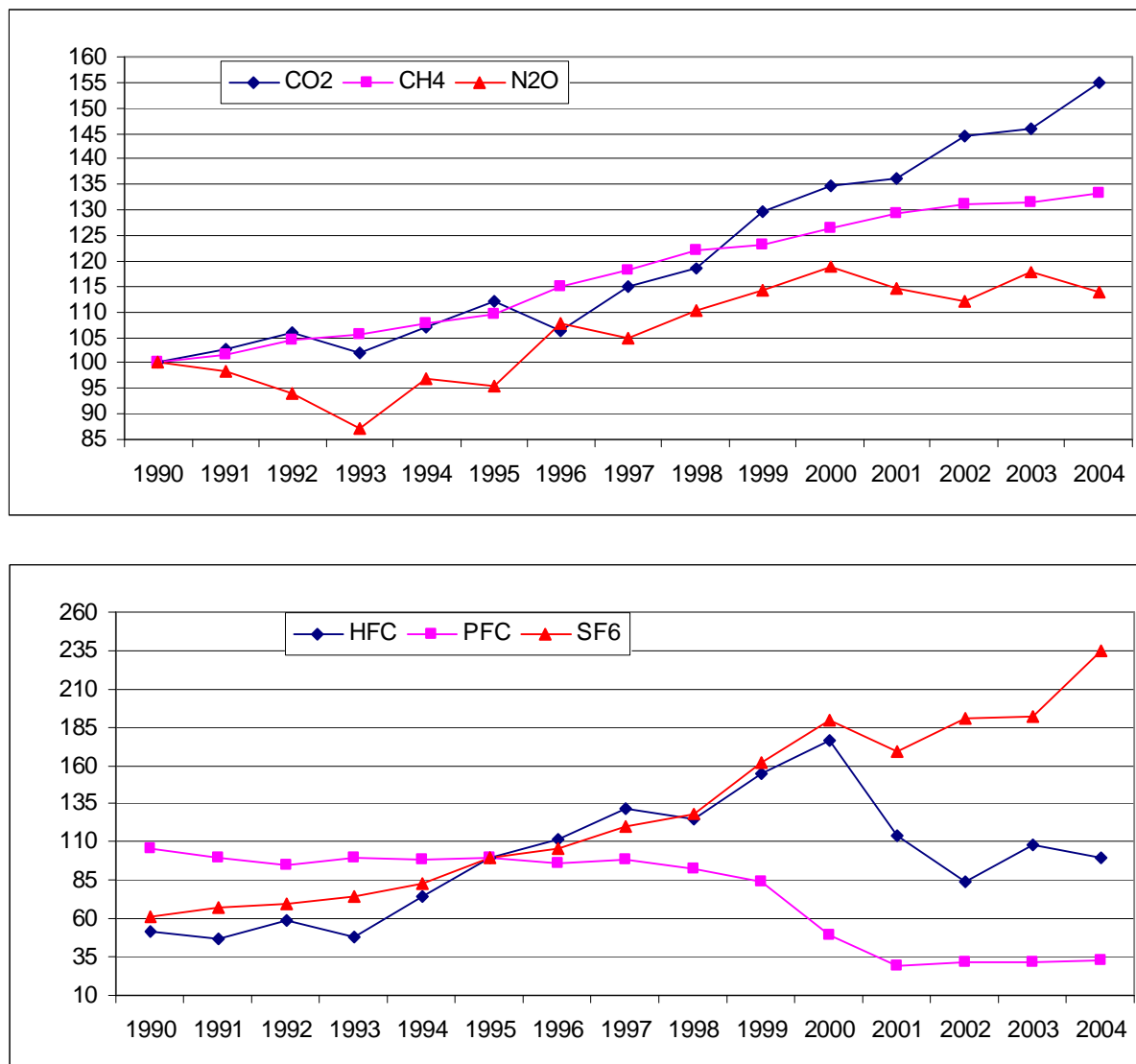
puede observarse una variación pequeña para el CH<sub>4</sub>, con un rango de oscilación entre los extremos de aquellos cortes temporales del 0,6%, pues su horquilla para dichos períodos varía desde el 9,5% al 8,9%. El N<sub>2</sub>O refleja una mayor caída porcentual que el CH<sub>4</sub>, pasando del 9,6% en el año base a un 7,4% en 2004, con un intermedio de 8,0% en el último quinquenio. En cuanto a los gases fluorados, se observan diferencias entre sus componentes (HFC, PFC y SF<sub>6</sub>), pero en su conjunto su participación desciende desde cerca del 2,0% en el año base al 1,2% en 2004, pasando por el 1,5% como media de los últimos cinco años. En todo caso, los gases fluorados han mantenido a lo largo del período inventariado un nivel bajo de contribución a las emisiones totales del inventario.

**Figura 2.2.1.- Contribución por tipo de gas a las emisiones**

La evolución de los índices temporales de las emisiones de los distintos gases, cuyos valores se muestran en la parte inferior de la tabla 2.2.1, se visualizan en la figura 2.2.2 siguiente. En el panel superior de la misma se recoge el trazado de los índices de las emisiones de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O, tomando como base 100 el año 1990. En el panel inferior se incluye el índice de evolución de los grupos/especies de gases fluorados HFC y PFC y del SF<sub>6</sub>, tomando en este caso como base 100 el año 1995. Al observar la evolución del CO<sub>2</sub> se pueden apreciar los mínimos relativos a los años 1993 y 1996, así como el incremento de la pendiente al pasar del subintervalo 1990-1996 al 1996-2004, pautas que se reflejan en gran medida en la evolución ya comentada del índice agregado, y que finalmente sitúan en el año 2004 el nivel de en un 55,0% por encima del valor del año base. La evolución del CH<sub>4</sub> muestra una tendencia más uniforme a lo largo de todo el período, llegando a situarse al final del mismo en un 33,4% por encima del nivel del año base. El N<sub>2</sub>O sigue una evolución distinta a la de los dos gases anteriores con un descenso medio en el subintervalo 1990-1995, pasando a crecer en los años siguientes hasta el año 2000, a partir del cual la serie temporal muestra un descenso del nivel medio, situándose en 2004 en un 13,7% por encima del año base.

En cuanto a los gases fluorados, cuyos gráficos se muestran en el panel inferior de la figura 2.2.2, se aprecian diferencias en las evoluciones de los distintos gases. Para los PFC, se presenta una evolución estable ligeramente decreciente entre 1990 y 1999, con un descenso significativo entre 1999 y 2001, y con vuelta a la estabilidad entre 2001 y 2004, situándose su nivel en 2004 en un 67,3% por debajo del año base. Esta pauta está determinada por la evolución de las emisiones de PFC en la fabricación de aluminio primario, principalmente por la sustitución a partir de 1999 (y posterior eliminación) en una planta de una serie de producción que utilizaba la tecnología de ánodos precocidos de picado lateral por otra de picado central con una mayor eficiencia en el proceso (menor número de efectos ánodos por cuba y día) y el consecuente descenso en las emisiones de PFC.

Por otro lado las evoluciones de las emisiones de los HFC y SF<sub>6</sub> muestran, tras un período de convergencia en 1990-1995 y una evolución paralela entre 1995 y 2000, una divergencia posterior entre 2001 y 2004 al presentar un incremento sostenido el SF<sub>6</sub> y una caída brusca en los HFC, finalizando el primero en este último año con un incremento con respecto al año base del 135,%, mientras los HFC muestran un descenso, en similar periodo, del 0,7%. El descenso en las emisiones de los HFC a partir del año 2001 está motivado por la construcción y puesta en servicio en una de las plantas de fabricación de HCFC-22 de una instalación para la reducción de las emisiones de HFC-23 mediante su compresión, condensación, licuación y almacenamiento, con un envío posterior a un gestor exterior para su tratamiento.

**Figura 2.2.2.- Índices temporales de las emisiones por gas**

### **2.3 DESCRIPCIÓN E INTERPRETACIÓN DE LAS TENDENCIAS DE LAS EMISIONES POR SECTORES**

En la tabla 2.3.1 se recogen las estimaciones de las emisiones por sector de actividad, distinguiendo los siguientes grupos de la nomenclatura IPCC: Energía, Procesos Industriales, Uso de Disolventes y Otros Productos, Agricultura, y Residuos. Se hace una reseña *pro-memoria* del grupo de Uso de la Tierra y Cambios del Uso de la Tierra y Silvicultura, sin incluir sus cifras en el cómputo de las

emisiones brutas<sup>7</sup>. En la parte superior de la tabla se muestran las emisiones en valores absolutos (Gg CO<sub>2</sub>-eq), en la parte central las contribuciones (porcentuales) a las emisiones totales de CO<sub>2</sub>-eq del total del inventario, y en la parte inferior la evolución en términos del índice temporal (año base = 100).

**Tabla 2.3.1.- Evolución de las emisiones por sector de actividad**

Valores absolutos (Gg CO <sub>2</sub> -eq)								
SECTOR	Año base	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
1. Procesado de la energía	212.570,26	212.570,26	219.601,87	289.399,68	293.046,23	311.416,14	314.239,71	334.662,99
2. Procesos industriales	27.879,06	25.645,79	24.507,77	34.509,98	31.540,04	30.924,33	32.514,66	32.706,94
3. Uso de disolventes y otros productos	1.391,42	1.391,42	1.393,13	1.678,56	1.595,92	1.653,46	1.595,94	1.516,81
4. Agricultura	39.996,03	39.996,03	39.883,86	47.761,09	46.955,96	46.212,69	47.876,81	46.918,39
6. Tratamiento y eliminación residuos	7.548,87	7.548,87	7.747,55	10.896,37	11.413,94	11.852,93	11.941,71	12.099,46
<b>TOTAL SECTORES</b>	<b>289.385,64</b>	<b>287.152,37</b>	<b>293.134,19</b>	<b>384.245,69</b>	<b>384.552,09</b>	<b>402.059,54</b>	<b>408.168,82</b>	<b>427.904,58</b>
5. Cambio uso suelo y silvicultura	-23.027,25	-23.027,25	-23.640,47	-30.219,86	-31.760,12	-31.422,67	-30.234,23	-30.542,53

Contribución al total de CO <sub>2</sub> equivalente								
SECTOR	Año base	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
1. Procesado de la energía	73,46	74,03	74,92	75,32	76,20	77,46	76,99	78,21
2. Procesos industriales	9,63	8,93	8,36	8,98	8,20	7,69	7,97	7,64
3. Uso de disolventes y otros productos	0,48	0,48	0,48	0,44	0,42	0,41	0,39	0,35
4. Agricultura	13,82	13,93	13,61	12,43	12,21	11,49	11,73	10,96
6. Tratamientos y eliminación residuos	2,61	2,63	2,64	2,84	2,97	2,95	2,93	2,83
<b>TOTAL SECTORES</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>

Índice de evolución anual (año base = 100)								
SECTOR	Año base	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
1. Procesado de la energía	100,00	100,00	103,31	136,14	137,86	146,50	147,83	157,44
2. Procesos industriales	100,00	91,99	87,91	123,78	113,13	110,92	116,63	117,32
3. Uso de disolventes y otros prod.	100,00	100,00	100,12	120,64	114,70	118,83	114,70	109,01
4. Agricultura	100,00	100,00	99,72	119,41	117,40	115,54	119,70	117,31
6. Tratamiento y eliminación residuos	100,00	100,00	102,63	144,34	151,20	157,02	158,19	160,28
<b>TOTAL SECTORES</b>	<b>100,00</b>	<b>99,23</b>	<b>101,30</b>	<b>132,78</b>	<b>132,89</b>	<b>138,94</b>	<b>141,05</b>	<b>147,87</b>

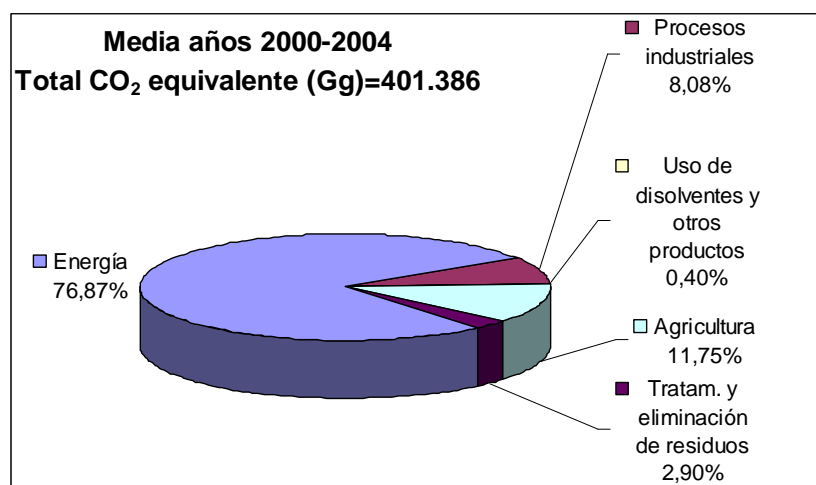
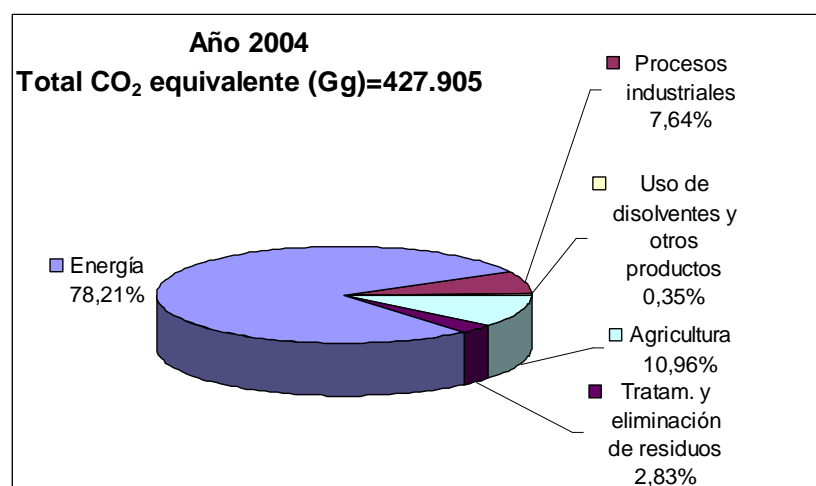
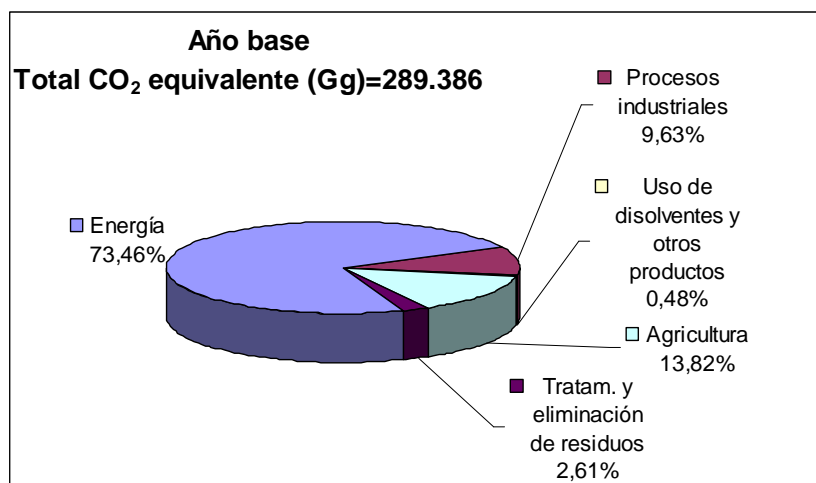
Al efectuar el examen por sector de actividad, destaca en primer lugar la contribución dominante del grupo de Energía con un porcentaje que aumenta desde el 73,5% del año base al 78,2% en el año 2004. Debe tenerse en cuenta que este grupo recoge, además de las emisiones de la combustión de fuentes fijas y móviles las emisiones evaporativas procedentes de las actividades de extracción, transporte y distribución de combustibles, las cuáles son también relevantes para gases

<sup>7</sup> Los valores negativos reseñados pro-memoria del grupo Uso de la Tierra y Cambios del Uso de la Tierra y Silvicultura corresponden al saldo neto de absorciones (emisiones-absorciones) de CO<sub>2</sub> de este grupo.

distintos del CO<sub>2</sub>, como es el caso del CH<sub>4</sub>. En segundo lugar y a gran distancia de la Energía se sitúa el grupo Agricultura, con cuotas que se sitúan en el 13,8% para el año base y descienden al 11,0% en el año 2004. El tercer grupo en importancia lo constituyen los Procesos Industriales (con exclusión de las actividades de combustión que se recogen en el grupo Energía), y cuya contribución disminuye desde el 9,6% en el año base a 7,6% en el año 2004. El grupo Residuos se mantiene relativamente estable oscilando su contribución del entre el 2,6% en el año base y 2,8% en 2004. Finalmente, el grupo Uso de Disolventes y Otros Productos presenta una contribución ya marginal que se sitúa entre el 0,3%-0,5% del total.

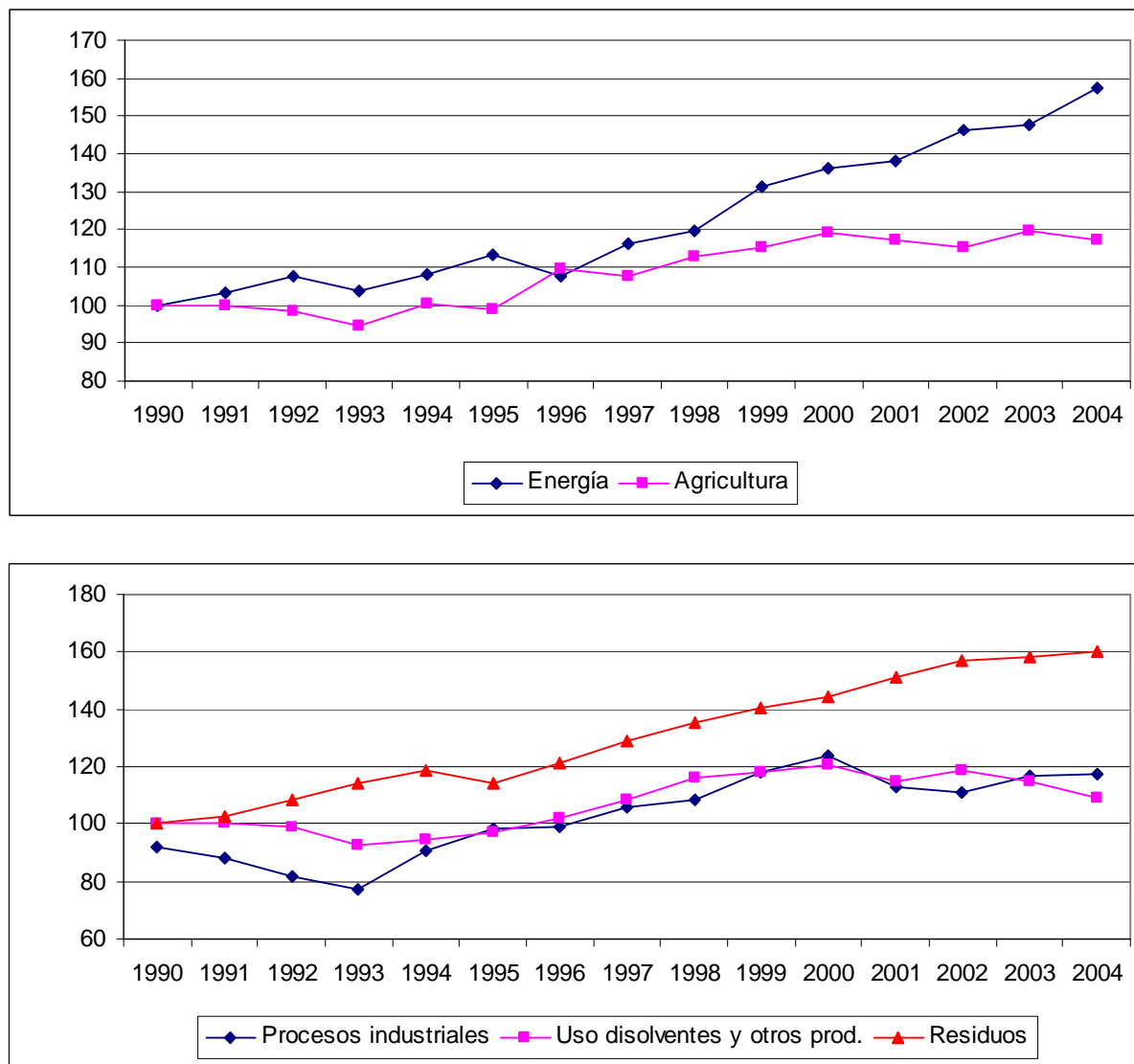
Los cambios en estas contribuciones relativas a lo largo del tiempo quedan plasmados en la figura 2.3.1 para los tres cortes temporales siguientes: año base, año 2004 y media del quinquenio 2000-2004. Al comparar los tres paneles de esta figura puede observarse cómo el sector Energía incrementa su participación relativa en 3,4 puntos porcentuales al comparar el año base con la media del quinquenio 2000-2004, y posteriormente se incrementa en 1,3 puntos adicionales desde el nivel de la media del quinquenio 2000-2004 hasta el nivel del año 2004. Por lo que respecta al sector agrícola su contribución relativa desciende en más de 3 puntos entre el año base y el 2004, situándose en la media del último quinquenio cerca de un punto por debajo del nivel del último año. El grupo Procesos Industriales también muestra un descenso relativo del orden de 2 puntos porcentuales entre el año base y el 2004, con una ligera caída de 0,4 puntos entre la media del último quinquenio y el último año del período. El sector Residuos mantiene su cuota de nivel, como ya se ha dicho, relativamente estable, mostrando un incremento de 0,3 puntos entre el año base y el año 2004, y una posición intermedia para la media del último quinquenio. En cuanto al grupo Uso de Disolventes, la contribución ha descendido muy ligeramente en un 0,1% entre los años extremos del período inventariado.



**Figura 2.3.1.- Contribución por sector de actividad a las emisiones**

La evolución de los índices temporales de las emisiones de los distintos gases, cuyos valores se muestran en la parte inferior de la tabla 2.3.1, se visualizan en la figura 2.3.2 siguiente. En el panel superior de la misma se recoge el trazado de los índices de las emisiones de los sectores Energía y Agricultura, y en el panel inferior se incluyen los de los sectores Procesos Industriales, Usos de Disolventes y Otros Productos, y Residuos; tomando para todos ellos como base 100 el año 1990. Por lo que respecta al sector energético se reproducen en gran medida los perfiles más arriba comentados con relación al agregado de emisiones (figura 2.1.1) y al CO<sub>2</sub> (figura 2.2.2) lo que se justifica por la estrecha relación entre las emisiones de CO<sub>2</sub> y el sector de la Energía y de ambos con el agregado de emisiones. En el sector de Agricultura se aprecia una estabilidad entre los años 1990 y 1995, a la que sigue, en el periodo 1997-2000, una pauta de crecimiento sostenido, seguida de un ligero descenso para la media de los años siguientes. La evolución de este sector está básicamente determinada por las emisiones de CH<sub>4</sub> procedentes de la fermentación entérica y las de N<sub>2</sub>O de suelos agrícolas. El sector de Residuos es el que muestra la tendencia al alza más intensa y uniforme a lo largo de todo el periodo inventariado, 1990-2004, tendencia básicamente dominada por la evolución de las emisiones de CH<sub>4</sub> en los vertederos. Por su parte en la evolución de los Procesos Industriales, al tramo descendente inicial 1990-1993, cuya principal causa es el descenso que se produce en la producción de cemento, le sigue un periodo de crecimiento sostenido 1993-2000, y un descenso y recuperación final en 2001-2004 motivado por la evolución de las emisiones de PFC y HFC en este periodo y que ya se ha comentado en el epígrafe 2.2. Por último, el sector de Uso de Disolventes y Otros Productos muestra, tras la fase estable de los años 1990-1992, un incremento sostenido a lo largo de los años 1993-2000, y un descenso medio del nivel en los años siguientes, aunque su muy reducido nivel absoluto lo hace irrelevante respecto a la evolución del agregado. En resumen, se pueden distinguir, por un lado las evoluciones de los sectores de tratamiento de residuos y de procesamiento de la energía, ambos con tasas de crecimiento de sus emisiones muy elevadas, del 57,4% y el 60,3% respectivamente si se compara el nivel de 2004 con el del año base; y, por otro lado, las evoluciones más moderadas de los procesos industriales y de la agricultura, cuyas tasas de crecimiento homólogas se sitúan ambas en el 17,3%. El sector de uso de disolventes y otros productos, con una tasa de variación del 9,0% entre los años inicial y final del periodo inventariado tiene, como se ha dicho, una repercusión casi nula sobre la tasa de variación del agregado.

En todo caso, para ver con más detalle las causas que afectan a la evolución de los diferentes sectores, se remite a los capítulos 3 a 8 donde se realiza una exposición detallada de las actividades potencialmente emisoras de gases de efecto invernadero, así como al Anexo 6 en el que se presenta con desglose por gas y sector las cifras de emisiones para los años 1990, 1995 y 2000-2004.

**Figura 2.3.2.- Índices temporales de las emisiones por sector de actividad**

## **2.4 DESCRIPCIÓN E INTERPRETACIÓN DE LAS TENDENCIAS PARA LOS GASES DE EFECTO INVERNADERO INDIRECTO Y FORMADORES DE AEROSOLES**

En el inventario de gases de efecto invernadero se estiman, junto a las emisiones de gases con efecto directo sobre el calentamiento que ya han sido comentados anteriormente, los cuatro gases siguientes: óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ), monóxido de carbono ( $\text{CO}$ ), compuestos orgánicos volátiles excepto metano (COVNM), y dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ). De estos gases, los tres primeros ( $\text{NO}_x$ ,  $\text{CO}$  y COVNM) tienen un efecto indirecto sobre el calentamiento ya que al ser precursores de la formación del ozono troposférico inciden positivamente sobre el calentamiento al provocar incrementos en la concentración de dicho ozono. Por su parte, el  $\text{SO}_2$

tiene una implicación negativa sobre el forzamiento radiativo al contribuir a la formación de aerosoles en la atmósfera, lo que a su vez tiende a enfriar la superficie terrestre.

En la tabla 2.4.1 se muestra la evolución de estos cuatro gases en valores absolutos expresados en gigagramos de cada gas (parte superior de la tabla) y en índices de evolución temporal con base 100 en el año 1990 (parte inferior de la tabla), visualizándose la trayectoria de estos últimos en la figura 2.4.1.

En cuanto al  $\text{NO}_x$  sus emisiones proceden mayoritariamente de los procesos de combustión, de fuentes estacionarias y móviles, ocupando un lugar ya muy secundario los procesos industriales y la agricultura. A pesar de los avances tecnológicos experimentados en importantes fuentes generadoras de este gas (generación de energía, vehículos de transporte, etc.) que han repercutido en una reducción de los estándares de emisión (emisiones por unidad de producto), la expansión de la actividad de los sectores energía y transporte ha más que contrarrestado el efecto de ganancia tecnológica, y las emisiones absolutas han experimentado un crecimiento del 26,1% entre el año 1990 y el año 2004.

Las emisiones de CO se originan por la oxidación incompleta de los combustibles en los procesos de combustión y sus emisiones proceden mayoritariamente del sector energía (que como se sabe incluye la combustión en el transporte). Es en el sector transporte donde se han conseguido notables reducciones en los estándares de emisión por la penetración de nuevas tecnologías (catalizadores) en el equipamiento de los vehículos de gasolina y también por el aumento relativo de los vehículos diesel respecto a los de gasolina. Las emisiones de este gas han experimentado un descenso del 34,8% entre los años inicial y final del período inventariado.

Las emisiones de COVNM tienen como orígenes mayoritarios los sectores de energía, y uso de disolventes y, ya a un nivel más secundario, los procesos industriales y el resto de sectores. A lo largo del período inventariado ha ido disminuyendo la contribución relativa del sector energía debido fundamentalmente a las reducciones en los estándares de emisión en los automóviles (introducción de catalizadores) y también por aumento relativo de los vehículos diesel respecto a los de gasolina. Mejoras importantes también se han registrado en el uso de disolventes, tanto por la reducción en componentes orgánicos volátiles de los productos utilizados como por las mejoras en la aplicación de los productos y la gestión de los efluentes. En conjunto y entre los años 1990 y 2004 las emisiones de este gas se han reducido en un 4,4%.

En cuanto al  $\text{SO}_2$  es el sector energía el absolutamente dominante en la generación de las emisiones de este gas, con porcentajes por encima del 99% a lo largo de los años del período inventariado. La reducción principal dentro de este sector se ha conseguido al haberse operado un cambio muy importante hacia el uso de combustibles con mínimo contenido de azufre. Así pues la reducción de

emisiones de este gas, la mayor de los cuatro gases considerados en este epígrafe, se cifra en un 37,6% al pasar del año 1990 al 2004.

Toda esta información puede verse con un mayor grado de detalle (con desglose por sector de actividad y gas) en el Anexo 6 del presente informe.

**Tabla 2.4.1.- Evolución de las emisiones de NO<sub>x</sub>, CO, COVNM y SO<sub>2</sub>**

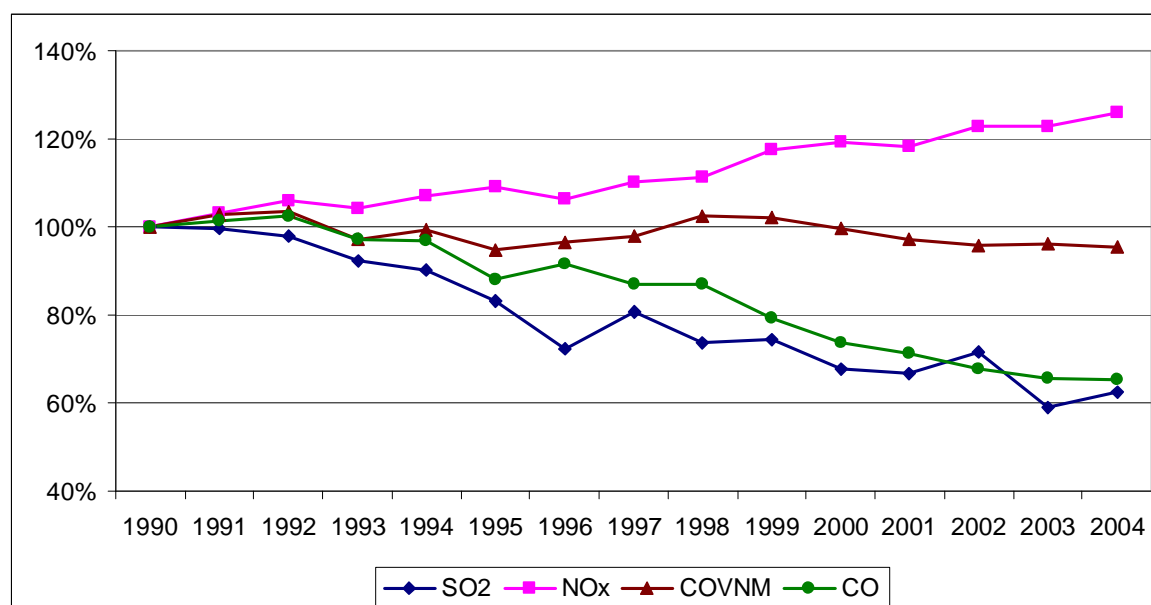
**Valores absolutos (Gigagramos)**

GAS	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
NO <sub>x</sub>	1.216,60	1.325,84	1.453,40	1.439,77	1.495,68	1.493,24	1.534,61
CO	3.658,58	3.218,85	2.692,08	2.601,32	2.477,94	2.405,87	2.384,10
COVNM	1.170,03	1.107,26	1.165,41	1.139,14	1.122,33	1.123,82	1.118,71
SO <sub>2</sub>	2.180,13	1.809,14	1.479,23	1.456,88	1.562,30	1.287,24	1.359,58

**Índice de evolución anual (año base = 100)**

GAS	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
NO <sub>x</sub>	100,0%	109,0%	119,5%	118,3%	122,9%	122,7%	126,1%
CO	100,0%	88,0%	73,6%	71,1%	67,7%	65,8%	65,2%
COVNM	100,0%	94,6%	99,6%	97,4%	95,9%	96,1%	95,6%
SO <sub>2</sub>	100,0%	83,0%	67,9%	66,8%	71,7%	59,0%	62,4%

**Figura 2.4.1.- Índices temporales de las emisiones de NO<sub>x</sub>, CO, COVNM y SO<sub>2</sub>**





## **3.- ENERGÍA**

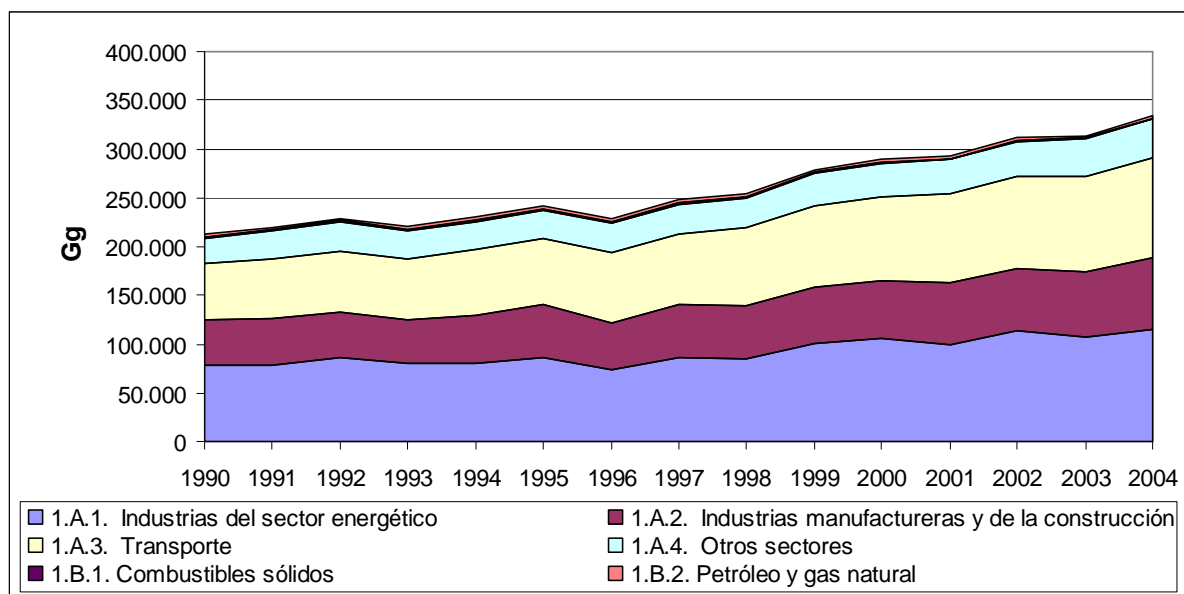
### **3.1 PANORÁMICA DEL SECTOR**

Las emisiones de la energía representaron en el año 2004 un 78,21% de las emisiones totales españolas de CO<sub>2</sub> equivalente (CO<sub>2</sub>-eq), lo que supone un incremento respecto del año base, en el que representaban un 73,46% del total. Por otro lado, las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente en este sector han registrado un incremento del 57,44% a lo largo del periodo inventariado 1990-2004, pasando de 212.570 gigagramos (Gg) de CO<sub>2</sub>-eq en 1990 a 334.663 Gg en el año 2004. En la tabla 3.1.1 se presentan en términos de CO<sub>2</sub> equivalente las emisiones del sector de energía con desglose por categorías componentes según la nomenclatura CRF, distinguiéndose entre las actividades de combustión (categorías 1A1 a 1A4) y las emisiones fugitivas de combustibles (categorías 1B1 y 1B2).

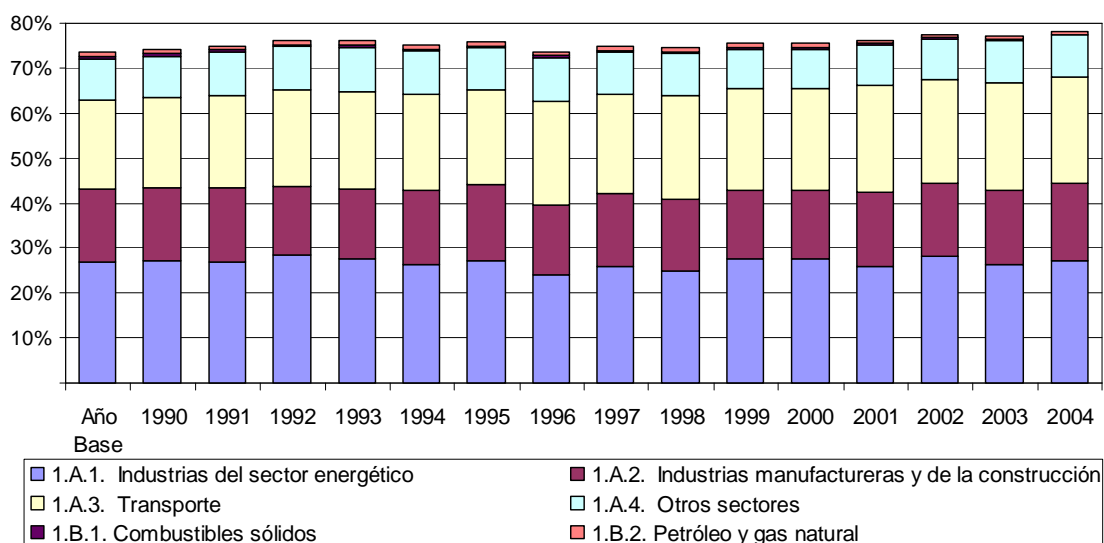
**Tabla 3.1.1.- Emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente**  
(cifras en Gg)

	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
<b>1.A Actividades de combustión</b>	<b>208.358</b>	<b>236.848</b>	<b>285.156</b>	<b>289.001</b>	<b>307.246</b>	<b>310.520</b>	<b>330.573</b>
1.A.1 Industrias del sector energético	77.694	86.811	105.710	99.972	113.612	106.496	115.918
1.A.2 Industrias manufactureras y de la construcción	46.729	53.629	58.420	62.748	64.191	67.907	73.289
1.A.3 Transporte	57.536	67.028	87.003	91.278	93.463	98.045	102.011
1.A.4 Otros sectores	26.399	29.380	34.022	35.003	35.981	38.072	39.354
<b>1.B Emisiones fugitivas de los combustibles</b>	<b>4.212</b>	<b>4.205</b>	<b>4.244</b>	<b>4.045</b>	<b>4.170</b>	<b>3.720</b>	<b>4.090</b>
1.B.1 Combustibles sólidos	1.837	1.484	1.263	1.113	1.078	1.115	1.082
1.B.2 Petróleo y gas natural	2.375	2.721	2.981	2.932	3.092	2.605	3.009
<b>Total Energía</b>	<b>212.570</b>	<b>241.053</b>	<b>289.400</b>	<b>293.046</b>	<b>311.416</b>	<b>314.240</b>	<b>334.663</b>

Como puede observarse, la mayoría de las emisiones de este sector proceden de las actividades de combustión (por encima del 98%), constituyendo las emisiones fugitivas una fuente de emisiones menor tanto en el sector como en el total del inventario. Es por ello por lo que la evolución de las emisiones del sector está determinada por las actividades de combustión. En la figura 3.1.1 se presenta la evolución de las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente del sector con desglose por cada una de sus categorías.

**Figura 3.1.1.- Evolución de las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente**

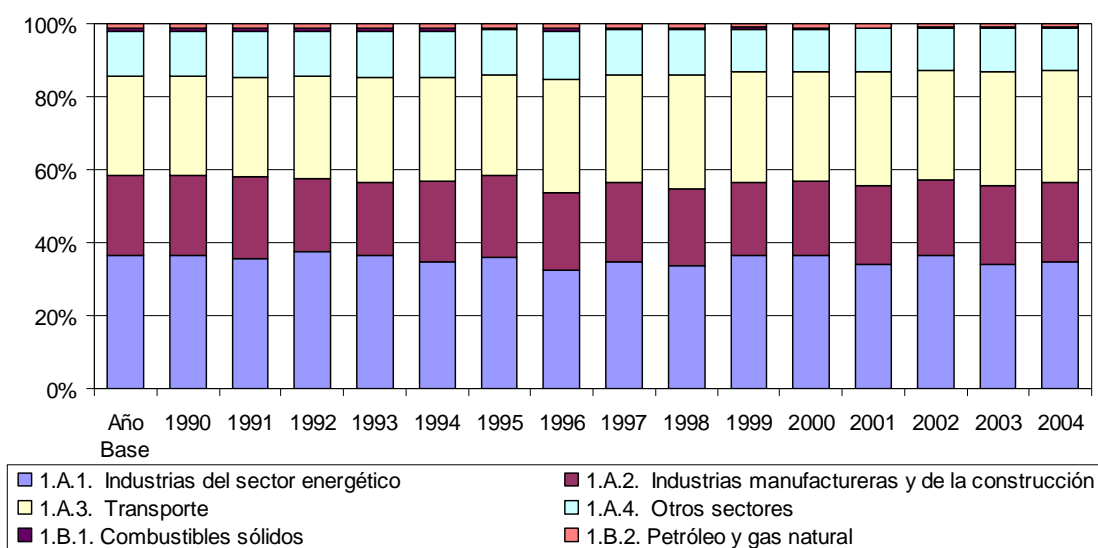
En la figura 4.1.2 se muestra la contribución de las distintas categorías fuente del sector de la energía a las emisiones totales de CO<sub>2</sub> equivalente a lo largo del periodo 1990-2004. Como puede observarse la contribución conjunta del sector es superior al 70% del total de emisiones, alcanzando su cuota más alta en el año 2004 (78,2%).

**Figura 3.1.2.- Porcentaje de las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente por categoría respecto al total del inventario**



En la figura 4.1.3 se muestra la distribución por categoría fuente de las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente del sector energía. Como puede observarse en la figura, las principales categorías que contribuyen a las emisiones de este sector son las correspondientes a las industrias de la energía y al transporte (26,09% y 24,02% respectivamente en el año 2004), seguidas por las industrias manufactureras y de la construcción (16,64% en el año 2004) y la combustión en otros sectores (9,33% en el año 2004). Tal y como se ha mencionado previamente, las emisiones correspondientes a las categorías de emisiones fugitivas de combustibles tienen una importancia testimonial (inferior al 1% en 2004) dentro del sector, si bien cabe destacar por un lado la evolución descendiente de la contribución de las emisiones de los combustibles sólidos en contraposición a la evolución creciente de las correspondientes a los combustibles líquidos y gaseosos, siendo esto un reflejo del incremento que se produce del consumo de gas natural y de los combustibles derivados del petróleo con respecto al de los carbones.

**Figura 3.1.3.- Porcentaje de las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente por categoría respecto al total del sector**



a) Fuentes de información básicas (variables de actividad, algoritmos y factores de emisión)

Las variables de actividad más relevantes para este sector son los consumos de combustibles y la asignación de los mismos a las distintas categorías del sector.

En el inventario se asume un principio de coherencia con el balance nacional de combustibles, en las versiones de EUROSTAT y Agencia Internacional de la Energía (AIE), en cuanto a los totales de cada tipo de combustible. No obstante, en el desglose sectorial, se elabora para el inventario una información propia, derivada

en gran parte de los casos de información directa procedente de las plantas de los sectores a los que se envía cuestionario individualizado; los totales de consumo de cada tipo de combustible, obtenidos por esta vía, tienen preferencia frente a los obtenidos por medio del tratamiento de información más agregada. Asimismo, para algunos otros sectores, se hace una estimación del consumo de combustibles a partir de sus ratios específicos de consumo teniendo en cuenta la información facilitada sobre sus variables de actividad (entre otros el consumo de la flota pesquera nacional o la maquinaria agrícola y forestal)

Por lo que respecta a los tipos de combustible se parte de la nomenclatura NAPFUE de EMEP/CORINAIR complementada en su caso por la de IPCC. Adicionalmente, para algunos combustibles muy relevantes para el cómputo de las emisiones de CO<sub>2</sub> se llega a un análisis individualizado por plantas energético-industriales, lo que permite efectuar la estimación de las emisiones mediante un balance de carbono.

En cuanto a los algoritmos de estimación de las emisiones, se parte, en la medida de lo posible, del balance de carbono para estimar las emisiones de CO<sub>2</sub> (metodología IPCC basada en contenido de carbono del combustible y factor de oxidación del carbono a CO<sub>2</sub>), si bien cuando para un combustible no se dispone de esta información se opta por una aproximación al factor de CO<sub>2</sub> final basándose en características estándar de los combustibles (esencialmente el poder calorífico inferior). Para el CH<sub>4</sub> y el N<sub>2</sub>O, en los que la metodología del balance de masas no es operativa, se han tomado factores de emisión procedentes de referencias bibliográficas, entre las que cabe destacar el Manual de Referencia 1996 de IPCC, la Guía de Buenas Prácticas de IPCC, el Libro Guía de EMEP/CORINAIR, y otras fuentes sectoriales (American Petroleum Institute, API) o institucionales (Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique, CITEPA).

La mención a las fuentes de información específicas para las actividades clave de este sector se hace más abajo al presentar cada una de las actividades en particular.

b) Exhaustividad, transparencia y coherencia temporal

Las emisiones estimadas de los tres gases principales con efecto directo de calentamiento atmosférico (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O) cubren la inmensa mayoría de las categorías CRF del sector energía. En el sector se incluyen también las emisiones procedentes de las plantas de incineración de residuos sólidos urbanos cuando se realiza valorización energética de los mismos. No obstante, podrían considerarse como limitaciones de la aplicación del principio de exhaustividad, la no inclusión diferenciada de las emisiones correspondientes al uso militar de la energía, las emisiones de CO<sub>2</sub> provenientes de la extracción y manipulación de los carbones, las emisiones (venteos y antorchas) provenientes de la producción de petróleo y gas natural y las emisiones de la incineración de residuos industriales, si bien para una

parte de este tipo de residuos se contabilizan las emisiones en aquellas plantas en que se hace una valorización energética de los mismos.

En el sector de energía se hace una aplicación intensiva de la recogida de información vía cuestionario individualizado a las plantas consideradas como grandes focos puntuales, entre las que cabe citar las de los sectores siguientes: centrales térmicas de servicio público, incineradoras de residuos sólidos urbanos, refinerías de petróleo, transformación de combustibles sólidos (coquerías en la siderurgia integral), plantas siderúrgicas integrales, fabricación de alúmina y aluminio primario y fábricas de pasta de papel. Para dichas plantas se explota la información de base que permite el análisis desglosado de los consumos de combustibles y la composición de los mismos en términos de contenidos de carbono y poderes caloríficos. Esta información es rastreable, salvado en su caso el requerimiento de confidencialidad que algunos sectores han levantado para la revisión de los inventarios nacionales. Para los sectores y actividades en que se ha tratado la información utilizando fuentes no individualizadas por planta, se dispone en la mayoría de los casos relevantes de un desglose sectorial y provincial (NUTS3) de la misma, que permite un análisis detallado de la información de acuerdo con el enfoque *bottom-up*.

En lo que sigue de esta sección se examinan en detalle las fuentes clave del sector de la energía. Para el periodo 1990-2004 se han identificado las siguientes fuentes clave:

- Plantas de servicio público de electricidad y calor (1A1a) por emisiones de CO<sub>2</sub>. Para combustibles sólidos y líquidos por su nivel de emisión a lo largo de todo el periodo 1990-2004, y para combustibles gaseosos por su nivel en el periodo 1997-2004. Por la tendencia, para los combustibles sólidos en los años 1990-1994 y 1996-2004; para los combustibles líquidos en los años 1990-1992 y 1994-2004; para los combustibles gaseosos en los años 1993-1995 y 1997-2004; y para otros combustibles (producción de electricidad llevada a cabo en las plantas incineradoras de residuos sólidos urbanos como parte de la estrategia de valorización energética de los mismos) en el año 1997.
- Refinerías de petróleo (1A1b) por emisiones de CO<sub>2</sub>. Para los combustibles líquidos por su nivel de emisión a lo largo del periodo 1990-2004 y por su tendencia en los años 1990-1992, 1993-1996 y 1998-2004; y para los combustibles gaseosos por su tendencia en los años 1997-2000 y 2002-2004.
- Transformación de combustibles sólidos y otras industrias energéticas (1A1c) por emisiones de CO<sub>2</sub>. Para los combustibles sólidos por su nivel de emisión en los años 1990-1994 y por su tendencia en el periodo 1992-2004; para los combustibles líquidos por su tendencia en los años 1991 y 1994-2000; y para los combustibles gaseosos por su tendencia en los años 1991, 1994 y 1996.

- Combustión estacionaria (1A2 y 1A4) por su nivel de emisión de CO<sub>2</sub> y por su tendencia a lo largo del periodo 1990-2004, tanto en combustibles sólidos, líquidos como gaseosos.
- Tráfico aéreo nacional (1A3a) por su nivel de emisión de CO<sub>2</sub> en todo el periodo 1990-2004 y por su tendencia en 1990-1997 y en el año 2002.
- Transporte por carretera (1A3b): para el CO<sub>2</sub> por su nivel de emisión y por su tendencia en todo el periodo 1990-2004, tanto para gasolina como para gasóleo; y por lo que se refiere a N<sub>2</sub>O por su nivel en 1997-2004 y por su tendencia en 1993-2004.
- Tráfico marítimo nacional (1A3d) por su nivel de emisión de CO<sub>2</sub> en 1990-1996, y 1999-2004 y por su tendencia en 1993-1994 y 1997-1998.
- Combustión estacionaria (1A1, 1A2 y 1A4) por su nivel de emisión de N<sub>2</sub>O en el periodo 1996-1998 y por su tendencia en 1994-1996; y para el CH<sub>4</sub> por su tendencia en el año 1999.
- Emisiones fugitivas – combustibles sólidos (1B1): para el CH<sub>4</sub> por su nivel de emisión en 1990-1997, y por su tendencia en el periodo 1991-2004.
- Emisiones fugitivas – petróleo y gas natural (1B2): para el CO<sub>2</sub> por su nivel en todos los años del periodo 1990-2004, y por su tendencia en los años 1993 y 1994; y para el CH<sub>4</sub> por su tendencia en los años 1991 y 1992.

Como síntesis de lo anterior se presenta a continuación la tabla 3.1.2 que recoge para las categorías clave de este sector la contribución de las emisiones al nivel y a la tendencia, el número de orden de la categoría en la relación de fuentes clave<sup>8</sup>, así como los valores absolutos en términos de CO<sub>2</sub> equivalente, referidos todos ellos al año 2004.

---

<sup>8</sup> Orden determinado por la contribución de las emisiones de la categoría al nivel o a la tendencia

Tabla 3.1.2.- Fuentes clave: contribución al nivel y a la tendencia

Actividad IPCC		Gas	CO <sub>2</sub> -eq (Gg) (2004)	Contribución Nivel (2004)			Contribución Tendencia (2004)		
Código	Descripción			%	Fuente clave	Nº orden	%	Fuente clave	Nº orden
1A1a	Plantas de servicio público de electricidad y calor – Sólidos	CO <sub>2</sub>	75.245	17,58	SI	1	5,81	SI	7
1A1a	Plantas de servicio público de electricidad y calor – Líquidos	CO <sub>2</sub>	11.877	2,78	SI	10	1,70	SI	13
1A1a	Plantas de servicio público de electricidad y calor – Gaseosos	CO <sub>2</sub>	12.239	2,86	SI	8	6,58	SI	5
1A1a	Plantas de servicio público de electricidad y calor – Otros	CO <sub>2</sub>	643	0,15	NO	37	0,26	NO	28
1A1b	Refino de petróleo – Líquidos	CO <sub>2</sub>	12.057	2,82	SI	9	2,27	SI	10
1A1b	Refino de petróleo – Gaseosos	CO <sub>2</sub>	1.341	0,31	NO	30	0,72	SI	21
1A1c	Transformación de comb. sólidos y otras ind. energéticas – Sólidos	CO <sub>2</sub>	1.105	0,26	NO	33	0,92	SI	19
1A3a	Tráfico aéreo nacional	CO <sub>2</sub>	5.890	1,38	SI	16	0,13	NO	38
1A3b	Transporte por carretera - Gasolina	CO <sub>2</sub>	24.556	5,74	SI	5	7,81	SI	4
1A3b	Transporte por carretera – Gasóleo	CO <sub>2</sub>	65.598	15,33	SI	2	16,70	SI	2
1A3b	Transporte por carretera	N <sub>2</sub> O	2.478	0,58	SI	20	0,84	SI	20
1A3d	Tráfico marítimo nacional	CO <sub>2</sub>	2.419	0,57	SI	21	0,11	NO	43
1A2 + 1A4	Combustión estacionaria en la industria y en otros sectores – Sólidos	CO <sub>2</sub>	5.955	1,39	SI	15	9,69	SI	3
1A2 + 1A4	Combustión estacionaria en la industria y en otros sectores – Líquidos	CO <sub>2</sub>	57.913	13,53	SI	3	5,90	SI	6
1A2 + 1A4	Combustión estacionaria en la industria y en otros sectores – Gaseosos	CO <sub>2</sub>	46.713	10,92	SI	4	18,30	SI	1
1A1 + 1A2 + 1A4	Combustión estacionaria	N <sub>2</sub> O	1.661	0,39	NO	27	0,12	NO	42
1B1	Emisiones fugitivas – Comb. sólidos	CH <sub>4</sub>	1.009	0,24	NO	34	0,95	SI	18
1B2	Emisiones fugitivas – Petróleo y gas natural	CO <sub>2</sub>	2.177	0,51	SI	23	0,23	NO	31
1B2	Emisiones fugitivas – Petróleo y gas natural	CH <sub>4</sub>	832	0,19	NO	36	0,06	NO	47

En los epígrafes restantes de este capítulo se examinan las actividades (según categoría IPCC) o conjunto de actividades (combinación de más de una categoría IPCC) del sector de la energía, habiendo tenido en cuenta para esta agrupación la identificación previamente reseñada de fuentes clave; en algunos casos se han agrupado dos o más fuentes clave por conveniencia de la exposición y, en todo caso, se hace también en el epígrafe final una presentación (si bien más resumida) de las fuentes no claves del sector.

## **3.2 PRODUCCIÓN DE SERVICIO PÚBLICO DE ELECTRICIDAD Y CALOR (1A1a)**

### **3.2.1 DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD**

Se integran aquí las plantas de generación de electricidad y calor de servicio público, que suponen una de las contribuciones principales a las emisiones del conjunto del inventario. Nótese que se incluyen aquí junto a las centrales térmicas convencionales las plantas de incineración de residuos sólidos urbanos en las que se realiza valorización energética (producción de electricidad)

En las centrales térmicas dominan mayoritariamente las instalaciones de calderas, y, entre éstas, aquéllas con potencia superior a los 300 MWt. Además de las calderas son significativas las instalaciones de motores y turbinas de gas.

En la tabla 3.2.1 se muestran las emisiones de gases de efecto invernadero por tipo de combustible, siendo el CO<sub>2</sub> el gas que confiere a esta fuente su naturaleza de clave. En la tabla 3.2.2 se complementa la información anterior expresando el conjunto de las emisiones de los tres gases (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O) en términos de CO<sub>2</sub> equivalente. En esta misma tabla se presentan el índice de evolución temporal (base 100 año 1990) de las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente, y las contribuciones de las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente de esta categoría sobre el total del inventario y del sector "Energía". En dichas tablas no figuran las emisiones de CO<sub>2</sub> originadas por la quema de biomasa ya que de acuerdo con la metodología IPCC no deben computarse en el inventario, aunque sí han sido estimadas pro-memoria y reflejadas como tales en el CRF Reporter.

**Tabla 3.2.1.- Emisiones**  
(cifras en Gg)

	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
<b>CO<sub>2</sub></b>							
Líquidos	6.007	7.880	11.162	12.321	14.095	10.995	11.877
Sólidos	57.787	63.397	75.442	68.310	77.715	71.666	75.245
Gaseosos	427	135	2.747	3.164	5.896	7.860	12.239
Biomasa							
Otros	120	221	425	449	485	561	643
<b>Total</b>	<b>64.341</b>	<b>71.633</b>	<b>89.776</b>	<b>84.245</b>	<b>98.191</b>	<b>91.082</b>	<b>100.004</b>
<b>CH<sub>4</sub></b>							
Líquidos	0,10	0,13	0,17	0,19	0,21	0,24	0,27
Sólidos	0,35	0,39	0,46	0,42	0,47	0,44	0,46
Gaseosos	0,00	0,00	0,04	0,04	0,17	0,42	0,58
Biomasa			0,00	0,00	0,01	0,03	0,04
Otros	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01
<b>Total</b>	<b>0,45</b>	<b>0,52</b>	<b>0,67</b>	<b>0,65</b>	<b>0,86</b>	<b>1,15</b>	<b>1,37</b>
<b>N<sub>2</sub>O</b>							
Líquidos	0,12	0,16	0,22	0,25	0,28	0,23	0,25
Sólidos	0,47	1,21	1,25	1,32	1,37	1,24	1,18
Gaseosos	0,01	0,00	0,05	0,06	0,11	0,17	0,24
Biomasa			0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Otros	0,04	0,07	0,13	0,14	0,15	0,17	0,17
<b>Total</b>	<b>0,64</b>	<b>1,44</b>	<b>1,65</b>	<b>1,77</b>	<b>1,91</b>	<b>1,81</b>	<b>1,85</b>

**Tabla 3.2.2.- Emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente: valores absolutos, índices y ratios**

	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
CO <sub>2</sub> -eq (Gg)	64.548	72.091	90.302	84.806	98.802	91.669	100.606
Índice CO <sub>2</sub> -eq	100,0	111,7	139,9	131,4	153,1	142,0	155,9
% CO <sub>2</sub> -eq sobre total	22,48	22,67	23,50	22,05	24,57	22,46	23,51
% CO <sub>2</sub> -eq sobre energía	30,37	29,91	31,20	28,94	31,73	29,17	30,06

### 3.2.2 METODOLOGÍA

En la tabla 3.2.3 se muestra la variable de actividad, consumo de combustibles, expresada en términos de energía (terajulios de poder calorífico inferior, TJ<sub>PCI</sub>). Esta es una información derivada calculada a partir del consumo en unidades físicas (toneladas o m<sup>3</sup>) y los correspondientes poderes caloríficos. La información sobre consumo y características de los combustibles obtenida vía cuestionario individualizado de las centrales térmicas, recoge la composición de los mismos, y entre sus características, además del parámetro PCI ya citado, los contenidos de carbono, azufre, cenizas, etc. determinados mediante analíticas con cuyos resultados se obtienen los valores medios anuales de dichos parámetros. En cuanto

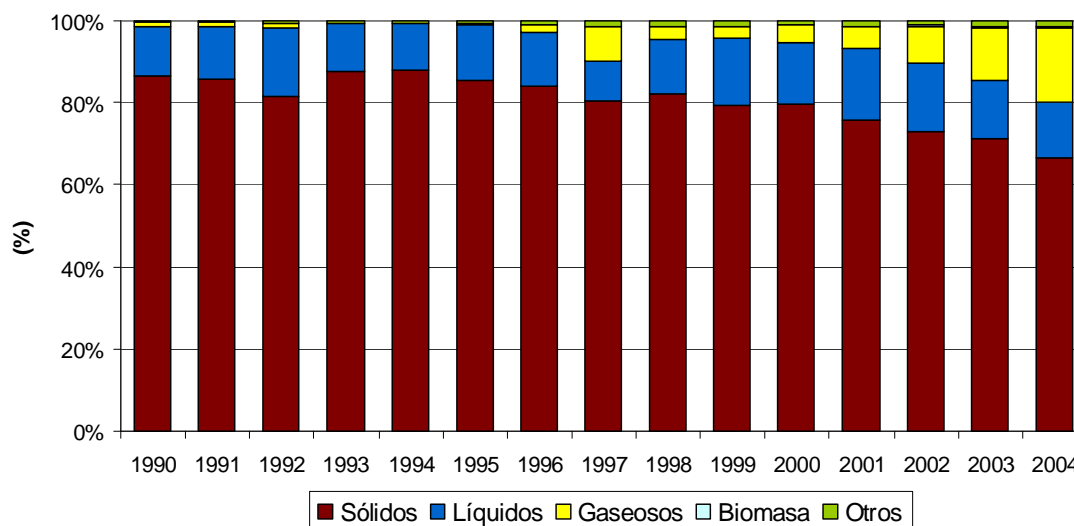
a las incineradoras de residuos sólidos urbanos que realizan valorización energética de los mismos la información sobre las cantidades de residuos ha sido recabada asimismo mediante cuestionario individualizado a cada una de las plantas incineradoras.

**Tabla 3.2.3.- Consumo de combustibles**  
(cifras en TJ<sub>PCI</sub>)

Tipo	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
<b>Líquidos</b>	<b>79.772</b>	<b>103.438</b>	<b>141.255</b>	<b>158.554</b>	<b>181.917</b>	<b>144.673</b>	<b>156.275</b>
Gasóleo	6.947	9.307	11.424	12.404	13.295	27.469	35.693
Fuelóleo	72.825	94.131	129.832	146.150	168.231	117.204	119.401
Coque de petróleo					391		1.134
Otros comb. líquidos							46
<b>Sólidos</b>	<b>581.243</b>	<b>645.835</b>	<b>759.041</b>	<b>685.106</b>	<b>782.383</b>	<b>727.941</b>	<b>767.240</b>
Hulla y antracita	401.954	460.387	625.681	558.980	645.274	606.215	643.058
Lignito negro	53.162	104.118	54.584	41.864	53.278	42.678	46.932
Lignito pardo	114.539	75.380	65.701	68.536	71.531	67.273	65.080
Coque				2.348			
Briquetas de lignito	5.860						
Gas de coquería	944	591	2.947	3.068	2.671	2.500	2.732
Gas de horno alto	4.784	5.359	10.127	10.310	9.629	9.274	9.438
<b>Gaseosos</b>	<b>7.337</b>	<b>2.638</b>	<b>39.785</b>	<b>50.104</b>	<b>95.654</b>	<b>134.009</b>	<b>212.198</b>
Gas natural	7.337	2.638	33.717	40.788	86.486	125.635	204.660
Otros comb. gaseosos			6.069	9.316	9.168	8.374	7.538
<b>Biomasa</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>6.072</b>	<b>9.398</b>	<b>9.625</b>	<b>9.288</b>	<b>8.662</b>
Madera/Res. de madera			3	82	151	146	405
Otra biomasa sólida					306	767	719
Biogás				18	98	134	153
<b>Otros</b>	<b>3.103</b>	<b>5.708</b>	<b>11.741</b>	<b>11.987</b>	<b>13.148</b>	<b>15.483</b>	<b>17.571</b>
R.S.U.	3.103	5.708	11.741	11.987	13.148	15.277	15.423
Residuos industriales						206	2.148
<b>Total</b>	<b>671.455</b>	<b>757.619</b>	<b>951.826</b>	<b>905.852</b>	<b>1.073.656</b>	<b>1.023.153</b>	<b>1.154.561</b>

Por lo que se refiere a los combustibles se evidencia un claro predominio de los sólidos (carbones nacionales y de importación), y por clases de combustible las hullas y antracitas seguidas del lignito pardo y del carbón sub-bituminoso, y en menor medida de los gases derivados de combustibles sólidos primarios (gas de coquería y de horno alto). Entre los combustibles líquidos el principal consumo corresponde al fuelóleo con una aportación complementaria de gasóleo. En cuanto a los combustibles gaseosos, se evidencia el incremento del consumo de gas natural a partir especialmente del año 2002 como consecuencia de la entrada en funcionamiento de las nuevas centrales térmicas de ciclo combinado que usan mayoritariamente este combustible. Finalmente, en el grupo de otros combustibles se incluye el consumo debido al uso de residuos sólidos urbanos en las incineradoras. En la figura 3.2.1 se muestra la distribución de los consumos en términos de energía por tipo de combustible a lo largo del periodo inventariado.



**Figura 3.2.1.- Distribución del consumo de combustibles, sobre base TJ<sub>PCI</sub>**

Para la estimación de las emisiones de CO<sub>2</sub> se da preferencia al procedimiento de cálculo que parte del contenido de carbono de cada combustible utilizado, y se complementa el cálculo estequiométrico elevado a masa de CO<sub>2</sub> con la inclusión del factor de oxidación. En concreto se aplica el siguiente algoritmo de estimación:

$$FE_{CO_2} [kg / GJ] = \frac{44}{12} \cdot C_{comb} \cdot \varepsilon \cdot \frac{1}{H_U} \cdot 10^6 \quad [3.2.1]$$

donde

FE<sub>CO<sub>2</sub></sub>: factor de emisión especificado

C<sub>comb</sub>: ratio de carbono en el combustible (kg de C/kg de combustible)

ε: fracción de carbono oxidado

H<sub>U</sub>: el poder calorífico inferior (en MJ por kg de combustible).

Los valores de C<sub>comb</sub> y de H<sub>U</sub> deben ser tomados como específicos para cada tipo de combustible utilizado. Los valores por defecto para la fracción de carbono oxidado (ε) son, de acuerdo con el Manual de Referencia IPCC, de:

Combustibles sólidos: 0,980

Combustibles líquidos: 0,990

Combustibles gaseosos: 0,995

En el caso de que no se haya podido disponer de las características específicas de los combustibles (en particular en lo que se refiere al contenido de

carbono) se han utilizado factores de emisión por defecto a partir de características estándares de los combustibles.

Para la estimación de las emisiones de CO<sub>2</sub> (pro-memoria) de la biomasa se han aplicado factores de emisión deducidos a partir de los contenidos de carbono por defecto propuestos que figuran en el Manual de Referencia 1996 de IPCC.

En cuanto a la estimación de las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O se aplican los factores seleccionados de las diferentes guías metodológicas (EMEP/CORINAIR, IPCC) así como de fuentes sectoriales e institucionales (API, CITEPA) sobre la variable de actividad energía (GJ) en términos de PCI. Este mismo procedimiento se sigue para la estimación de otros contaminantes considerados en el CRF (COVNM y CO), mientras que para el SO<sub>2</sub> y el NO<sub>x</sub> se da preferencia a las emisiones medidas que facilitan las plantas.

En la tablas 3.2.4 a 3.2.6 se presentan los factores de emisión por tipo de instalación utilizados en la estimación de las emisiones, si bien en el caso del CO<sub>2</sub> los factores indicados son aquellos que se utilizan por defecto cuando no se dispone de las características específicas del combustible.

**Tabla 3.2.4.- Factores de emisión. Calderas**

	CO <sub>2</sub> (t/TJ)	CH <sub>4</sub> (kg/TJ)	N <sub>2</sub> O (kg/TJ)
Gasóleo	73	0,03	0,7
Fuelóleo	76	0,7	1,5
Coque de petróleo	98,3	0,3	2,5
Otros comb. líquidos	73 (1) 93,2 (2)	0,7 (3)	1,5 (3)
Hulla y antracita	101	0,6	0,8 96 (4)
Lignito negro	99,42	0,6	0,8 96 (4)
Lignito pardo	100,2	0,6	0,8
Coque	99,8	1,3	3
Briquetas de lignito	98	0,6	0,8
Gas de coquería	37,5 – 45,2 (5)	2,5	1,75
Gas de horno alto	267,1 – 279,9 (5)	0,3	1,75
Gas natural	55-56 (6)	0,1	0,9
Madera/Res. de madera	110	32	4
Residuos agrícolas	110	32	4
Biogás	112	2,5	1,75
Residuos industriales (7)	67-79 (5)	2,9	1,4
Residuos industriales (8)	43,7	2,5	1,75

Fuente: Libro Guía EMEP/CORINAIR. Parte B. Capítulo 111, tabla 27 y capítulo 112, tabla 7.

Manual de Referencia 1996 de IPCC, tabla 1-1, para el CO<sub>2</sub> de la biomasa

API Compendium para el N<sub>2</sub>O del fuelóleo, del gasóleo y del gas natural ("*Uncontrolled boilers and heaters*")

CITEPA, para el N<sub>2</sub>O del coque, coque de petróleo, gas de coquería, gas de horno alto y biogás.

Manual de referencia IPCC, tabla 1-15, para el N<sub>2</sub>O de la hulla y lignito negro en el caso de combustión en lecho fluido.

Manual de referencia IPCC, tabla 1-8, para el N<sub>2</sub>O de la madera, residuos de madera y residuos agrícolas.

- (1) Aceite usado.
- (2) El factor de emisión corresponde a un combustible residual de la industria química, compuesto básicamente de benceno, tolueno, p-xileno, undecano y otros componentes pesados. Este factor de emisión ha sido obtenido por balance de masas a partir de las características facilitadas de este combustible.
- (3) Asimilado al factor de emisión del fuelóleo
- (4) Combustión en lecho fluido
- (5) El rango de factores de CO<sub>2</sub> indicado se ha obtenido por balance de masas a partir de las características facilitadas de los combustibles en cuestión en el periodo inventariado.
- (6) Años 1990 y 1991 55 kg CO<sub>2</sub>/GJ; 1992 y siguientes: 56 kg CO<sub>2</sub>/GJ.
- (7) Se trata de goma triturada. El rango de factores de CO<sub>2</sub> se ha obtenido por balance de masas a partir de las características facilitadas en el periodo inventariado.
- (8) Se contempla aquí el caso de un gas residual de la industria química (procedente de la deshidrogenación del propano en el proceso de fabricación de propileno), habiéndose asimilado los factores de emisión para el CH<sub>4</sub> y el N<sub>2</sub>O a los de un gas de coquería por su contenido en hidrógeno y metano. En el caso del CO<sub>2</sub> el factor se ha obtenido por balance de masas a partir de las características específicas facilitadas (contenido de carbono, PCI) del gas en cuestión.

**Tabla 3.2.5.- Factores de emisión. Turbinas de gas**

	CO <sub>2</sub> (t/TJ)	CH <sub>4</sub> (kg/TJ)	N <sub>2</sub> O (kg/TJ)
Gasóleo	73	4	1,85
Fuelóleo	76	3	1,75
Gas natural	55-56 (1)	4	1,3
Otros comb. gaseosos (1)	120 – 126,3	3	2,5
Residuos industriales (2)	43,7	2,5	1,75

Fuente: Libro Guía EMEP/CORINAIR. Parte B. Capítulo 111, tabla 27 y capítulo 112, tabla 7.

API Compendium para el N<sub>2</sub>O del gas natural ("*Uncontrolled turbines*") y del gasóleo, asimilando en este casos el factor de emisión al de los motores estacionarios.

CITEPA, para el N<sub>2</sub>O del fuelóleo y de otros combustibles gaseosos.

(1) Años 1990 y 1991 55 kg CO<sub>2</sub>/GJ; 1992 y siguientes: 56 kg CO<sub>2</sub>/GJ.

(2) Se trata de gas sintético obtenido como resultado del proceso de gasificación de carbón. Para el CO<sub>2</sub> se muestra el rango de variación a lo largo del periodo inventariado. Para el CH<sub>4</sub>, el factor de emisión aplicado por el Equipo de Trabajo del inventario se ha asimilado al del gas natural, utilizando un valor intermedio dentro del rango propuesto por el Libro Guía EMEP/CORINAIR para dicho combustible (2,5 – 4 g/GJ).

(3) Bajo el combustible residuos industriales se ha recogido un gas residual de la industria química (procedente de la deshidrogenación del propano en el proceso de fabricación de propileno), habiéndose asimilado los factores de emisión para el CH<sub>4</sub> y el N<sub>2</sub>O a los de un gas de coquería por su contenido en hidrógeno y metano. En el caso del CO<sub>2</sub> el factor se ha obtenido por balance de masas a partir de las características específicas facilitadas (contenido de carbono, PCI) del gas en cuestión.

**Tabla 3.2.6.- Factores de emisión. Motores estacionarios**

	CO <sub>2</sub> (t/TJ)	CH <sub>4</sub> (kg/TJ)	N <sub>2</sub> O (kg/TJ)
Gasóleo	73	1,5 (Gasóleo) 3,5 (Diesel)	1,85
Fuelóleo	76	3	1,75

Fuente: Libro Guía EMEP/CORINAIR. Parte B. Capítulo 111, tabla 27 y capítulo 112, tabla 7.

API Compendium para el N<sub>2</sub>O del gasóleo ("*Large bore diesel engine*")

CITEPA, para el N<sub>2</sub>O del fuelóleo.

Por lo que a las incineradoras de residuos sólidos urbanos se refiere, los factores de emisión utilizados para la estimación de las emisiones de gases de efecto invernadero se han tomado de las tablas A1.1 a A1.6 del Anexo I del capítulo B-921 del Libro Guía EMEP/CORINAIR Tercera Edición. En el caso de los COV se ha asumido un 95% de COVNM y un 5% de CH<sub>4</sub>. Para el CO<sub>2</sub> se ha asumido un factor de emisión de 324 kg/tonelada de residuo, calculado con los supuestos de que un 36% de dicho CO<sub>2</sub> es de origen fósil y un 64% de origen biogénico, y considerando que el factor global de CO<sub>2</sub> (fósil + biogénico) por tonelada de residuo es de 900 kg/tonelada. Los valores indicados para el CO<sub>2</sub> han sido derivados por el equipo de trabajo de los inventarios a partir de datos de composición de los residuos. En la tabla 3.2.7 se presentan los factores de emisión por defecto utilizados en la estimación de las emisiones. Cabe mencionar que en algún caso en particular se ha dispuesto de emisiones medidas en chimenea de CH<sub>4</sub> y de CO<sub>2</sub>, si bien en este último caso debe tenerse en consideración que de acuerdo con la metodología de IPCC sólo debe computarse la parte de origen fósil de dichas emisiones.

**Tabla 3.2.7.- Incineración de R.S.U. Factores de emisión**

	CO <sub>2</sub> (t/t)	CH <sub>4</sub> (kg/t)	N <sub>2</sub> O (kg/t)
RSU	0,324	0,001	0,1

### 3.2.3 INCERTIDUMBRE Y COHERENCIA TEMPORAL

Las cinco clases de combustibles consideradas en esta categoría corresponden a combustibles sólidos, líquidos, gaseosos, biomasa y otros combustibles, y de estos los tres primeros son los que tienen una relevancia significativa en las emisiones de CO<sub>2</sub>, pues con respecto a este gas las emisiones de cada una de esas tres clases de combustible por separado constituye una fuente clave del inventario.

Para las variables de actividad, y tras las consultas con representantes de las principales empresas de generación de electricidad, se han llegado a cifrar las incertidumbres de los consumos (masa) de combustibles en un 2% para los sólidos, 1,5% para los líquidos y 1,75% para los gaseosos.

En cuanto a los factores de emisión, la incertidumbre está determinada a su vez por las correspondientes al contenido de carbono en el combustible (masa de carbono/masa de combustible) y al factor de oxidación de carbono a CO<sub>2</sub>. Como resultado de la combinación de estas incertidumbres se estima que la correspondiente a los factores de emisión se sitúa en torno al 4% para los combustibles sólidos; al 2% para los líquidos y al 1,5% para los gaseosos.

Las variables de actividad y los factores de emisión se consideran que tienen en general un alto grado de coherencia temporal, al provenir la información directamente de las propias centrales de generación eléctrica. Sin embargo, debe mencionarse que para los primeros años de la serie (1990-1993), al no estar implantada la recogida de información vía cuestionario individualizado, hubo de recurrirse a las estadísticas facilitadas por la Oficina de Compensaciones de la Energía Eléctrica (OFICO)<sup>9</sup>, que se considera una fuente de alta fiabilidad y que ha posibilitado un enlace homogéneo de las series de variables de actividad y de emisiones.

### 3.2.4 CONTROL DE CALIDAD Y VERIFICACIÓN

Entre las tareas de control de calidad en esta categoría debe destacarse el seguimiento que se realiza de las características de los combustibles utilizados en las centrales térmicas, con especial hincapié en las características de los carbones debido a la gran variabilidad de las mismas y a su incidencia en las emisiones de

<sup>9</sup> Esta entidad, hoy ya desaparecida, facilitó datos de variables de actividad hasta el año 1994, así como de emisiones de CO<sub>2</sub> hasta el año 1996.

CO<sub>2</sub>. A partir de la información facilitada se contrastan los valores correspondientes al análisis elemental comprobando que la suma de los componentes de dicho análisis es igual a 100. En el caso de producirse carencias en dicha información o presentarse valores atípicos se investiga con las propias plantas las causas de las anomalías con el fin de obtener las necesarias correcciones o justificaciones de los parámetros correspondientes. En la tabla 3.2.8 se presenta el modelo de solicitud de información relativo a las características de los combustibles utilizados en las centrales térmicas.

**Tabla 3.2.8.- Información solicitada sobre características de combustibles**

					ANÁLISIS ELEMENTAL BASE SECA (% en masa)							Suma
COMBUSTIBLE	PCI		PHI	H <sub>2</sub> O	CARBONO	H	AZUFRE		N	O	CENIZAS	análisis elemental
	kcal/kg	GJ/t					%	S/N				

PHI: Coeficiente de retención de azufre en escorias y cenizas.

Azufre: "S/N" Indicar si en el porcentaje de azufre se incluye o no el retenido en cenizas.

Asimismo, y dada la penetración que en los últimos años están teniendo dentro del sector de generación de electricidad las instalaciones de ciclo combinado, se ha empezado a solicitar por parte de las centrales térmicas las composiciones molares del gas natural en cada planta, combustible utilizado mayoritariamente en este tipo de instalaciones. A partir de dichas composiciones, se obtiene el contenido de carbono y la densidad del gas, lo que permite verificar los datos facilitados con los valores estándar de las características del gas.

Otra verificación adicional que se realiza, en este caso concerniente a la variable de actividad, es el contraste de los consumos facilitados por las propias centrales térmicas con respecto a las diferentes estadísticas sectoriales existentes. Esta comparación permite detectar posibles errores u omisiones de los consumos de combustibles facilitados, investigándose con las centrales o con los responsables de las estadísticas sectoriales las discrepancias que puedan presentarse.

### 3.2.5 REALIZACIÓN DE NUEVOS CÁLCULOS

A continuación se describen los principales cambios realizados en esta categoría de actividad con respecto a las estimaciones dadas en la edición anterior.

- En el año 2002 se ha modificado el consumo de hulla de importación de una central térmica al haberse detectado una incorrección en la cifra de consumo facilitada por la propia planta de más de 300 kt. Esta modificación supone un descenso de las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente de 706 Gg en esta categoría en el año 2002.

- Se han revisado la estimación de las emisiones de CO<sub>2</sub> del año 2003 en dos centrales térmicas al haberse detectado una aplicación incorrecta de los factores de oxidación en los factores de emisión utilizados (incremento de 4,1 Gg)
- Para el periodo 1997-2003 se ha corregido la omisión de la estimación de las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O para uno de los combustibles de apoyo (fuelóleo) en una central térmica. Este recálculo es prácticamente inapreciable en el conjunto de emisiones de esta categoría, ya que la cantidad en términos de CO<sub>2</sub> equivalente es inferior a 0,2 Gg en cada uno de los años mencionados.
- En los años 2002 y 2003 se ha revisado la emisión de CH<sub>4</sub> correspondiente a la quema de residuos agrícolas al haberse detectado un error en el factor de emisión aplicado. Esta modificación supone un descenso de las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente de 1,8 Gg en 2002 y de 4,6 Gg en 2003.
- En el periodo 2001-2003 se ha revisado las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O de una planta incineradora de R.S.U. tras haberse detectado una doble contabilización de dichas emisiones. En términos de CO<sub>2</sub> equivalente esta modificación supone un descenso de las emisiones de 0,6 Gg en 2001, 7,6 Gg en 2002 y 9,7 Gg en 2003.

### 3.2.6 PLANES DE MEJORA

Dada la importancia de este sector, se planea intensificar el control de las características de los combustibles para controlar con mayor precisión los eventuales valores atípicos reportados por algunas centrales.

## **3.3 REFINERÍAS DE PETRÓLEO (1A1b)**

### 3.3.1 DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD

Del conjunto de actividades de las refinerías se recogen aquí las correspondientes a los procesos de combustión. Entre éstos se distinguen las calderas, las turbinas de gas, los motores estacionarios y los hornos de proceso sin contacto. Los tres primeros tipos de instalaciones tienen como finalidad la generación de electricidad, vapor o calor de acuerdo con los requerimientos de las plantas de refino, y no presentan ninguna particularidad especial con respecto a las instalaciones de este tipo que puede haber en otros sectores. Sí son sin embargo específicos de este sector los hornos de proceso, donde tienen lugar una serie de reacciones físico-químicas sobre el crudo, tales como destilación, reformado catalítico, hidrotratamiento, craqueo catalítico, alquilación, hidro craqueo, etc., que dan lugar a las fracciones de crudo en que se descompone el mismo. En estos hornos no se produce contacto de la llama o gases de la combustión con el crudo o sus fracciones resultantes. Debe mencionarse que las emisiones que estos hornos pudieran generar por los procesos no combustivos que tienen lugar en su interior se

recogen en la categoría 1B2a. Tampoco se recogen las emisiones procedentes de las antorchas de gases residuales, las cuales se recogen en la categoría 1B2c.

En la tabla 3.3.1 se muestran las emisiones de gases de efecto invernadero por tipo de combustible, siendo el CO<sub>2</sub> el gas que confiere a esta fuente su naturaleza de clave. En la tabla 3.3.2 se complementa la información anterior expresando el conjunto de las emisiones en términos de CO<sub>2</sub> equivalente. En esta misma tabla se presentan el índice de evolución temporal (base 100 año 1990) de las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente; las contribuciones de las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente de esta categoría sobre el total del inventario y del sector "Energía"; y el ratio de emisión de CO<sub>2</sub> equivalente en función del crudo procesado.

**Tabla 3.3.1 Emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente**  
(cifras en Gg)

	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
<b>CO<sub>2</sub></b>							
Líquidos	10.861	12.301	12.368	12.457	11.956	11.655	12.057
Gaseosos	45	61	679	544	829	1.053	1.341
<b>Total</b>	<b>10.906</b>	<b>12.361</b>	<b>13.047</b>	<b>13.001</b>	<b>12.785</b>	<b>12.709</b>	<b>13.398</b>
<b>CH<sub>4</sub></b>							
Líquidos	0,20	0,29	0,29	0,31	0,29	0,28	0,28
Gaseosos	0,001	0,003	0,036	0,034	0,051	0,064	0,070
<b>Total</b>	<b>0,20</b>	<b>0,29</b>	<b>0,32</b>	<b>0,34</b>	<b>0,34</b>	<b>0,35</b>	<b>0,35</b>
<b>N<sub>2</sub>O</b>							
Líquidos	0,24	0,32	0,32	0,33	0,31	0,31	0,31
Gaseosos	0,001	0,001	0,016	0,012	0,018	0,022	0,027
<b>Total</b>	<b>0,24</b>	<b>0,32</b>	<b>0,34</b>	<b>0,34</b>	<b>0,33</b>	<b>0,33</b>	<b>0,34</b>

**Tabla 3.3.2.- Emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente: valores absolutos, índices y ratios**

	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
CO <sub>2</sub> -eq (Gg)	10.986	12.466	13.159	13.114	12.895	12.818	13.509
Índice CO <sub>2</sub> -eq	100,0	113,5	119,8	119,4	117,4	116,7	123,0
% CO <sub>2</sub> -eq sobre total	3,83	3,92	3,42	3,41	3,21	3,14	3,16
% CO <sub>2</sub> -eq sobre energía	5,17	5,17	4,55	4,48	4,14	4,08	4,04

	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
Crudo procesado (Gg)	53.556	55.754	59.174	57.320	57.892	58.765	61.734
Gg CO <sub>2</sub> -eq / Gg crudo	0,205	0,224	0,222	0,229	0,223	0,218	0,219



### 3.3.2 METODOLOGÍA

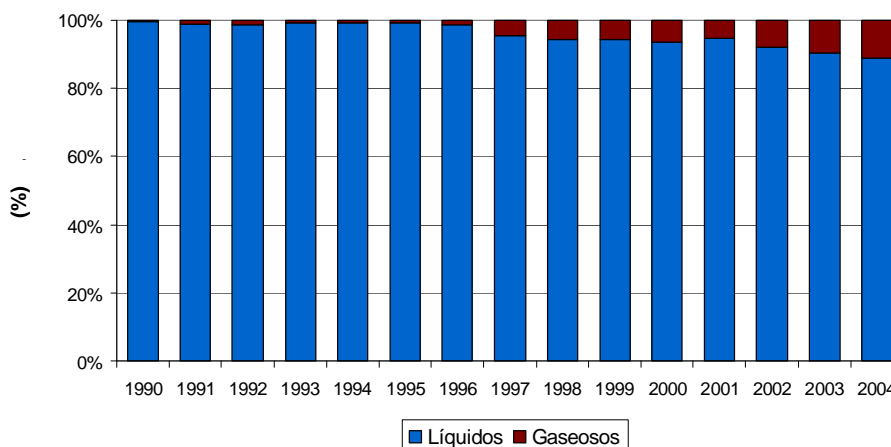
En la tabla 3.3.3 se muestran los consumos de combustibles, expresados en términos de energía (TJ de poder calorífico inferior), utilizados como variable de actividad en la estimación de las emisiones. La información sobre dichos consumos, así como las características de los mismos, se ha recabado mediante cuestionario individualizado a cada una de las diez refinerías existentes. Los principales combustibles consumidos en esta categoría son el fuelóleo y el gas de refinería, con cantidades sensiblemente inferiores de gasóleo y gas natural, y prácticamente marginales de GLP y nafta.

**Tabla 3.3.3.- Consumo de combustibles**  
(cifras en TJ<sub>PCI</sub>)

Tipo	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
<b>Líquidos</b>	<b>155.424</b>	<b>181.155</b>	<b>182.559</b>	<b>184.833</b>	<b>176.839</b>	<b>174.770</b>	<b>183.203</b>
Queroseno						172	129
Gasóleo	369	8.119	1.728	8.231	5.952	4.722	1.971
Fuelóleo	75.469	80.980	88.158	84.123	82.038	78.124	80.871
G.L.P.		3.799	389	172	257	143	54
Nafta	195	900	34	553			
Gas de refinería	79.392	87.357	92.250	91.755	88.591	91.609	100.177
<b>Gaseosos</b>	<b>820</b>	<b>1.084</b>	<b>12.166</b>	<b>10.251</b>	<b>14.943</b>	<b>18.792</b>	<b>23.027</b>
Gas natural	820	1.084	12.126	10.146	14.815	18.399	22.346
Otros comb. gaseosos			40	105	128	394	681
<b>Total</b>	<b>156.244</b>	<b>182.239</b>	<b>194.724</b>	<b>195.084</b>	<b>191.782</b>	<b>193.563</b>	<b>206.230</b>

En la figura 3.3.1 se muestra la distribución de los consumos por tipo de combustible a lo largo del periodo inventariado. El incremento que se aprecia en el consumo de combustibles gaseosos (gas natural) se debe a la progresiva entrada en funcionamiento de instalaciones de cogeneración en las refinerías.

**Figura 3.3.1.- Distribución del consumo de combustibles, sobre base TJ<sub>PCI</sub>**



Para la estimación de las emisiones de CO<sub>2</sub> se da preferencia, siempre que se ha podido disponer de la información pertinente, al procedimiento de cálculo que parte del contenido de carbono de cada combustible utilizado, y se complementa el cálculo estequiométrico elevado a masa de CO<sub>2</sub> con la inclusión del factor de oxidación (véase la ecuación [3.2.1] y la explicación del algoritmo en el epígrafe 3.2.2), utilizándose factores de emisión por defecto a partir de características estándares de los combustibles cuando no se ha podido disponer de los datos necesarios para aplicar el algoritmo anterior. Cabe mencionar aquí que en el caso del gas de refinería, la variación de las características facilitadas por las refinerías hacen que el rango de factores de emisión de CO<sub>2</sub> sea muy amplio, pudiendo variar entre 47 kg CO<sub>2</sub>/GJ hasta 72 kg CO<sub>2</sub>/GJ.

En cuanto a la estimación de las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O se aplican los factores seleccionados de las diferentes guías metodológicas (EMEP/CORINAIR, IPCC) y de fuentes sectoriales e institucionales (API, CITEPA) sobre la variable de actividad energía (GJ) en términos de PCI. Este mismo procedimiento se sigue para la estimación de otros contaminantes considerados en el CRF (NO<sub>x</sub>, COVNM y CO), mientras que para el SO<sub>2</sub> se da preferencia a las emisiones estimadas que facilitan las plantas (normalmente por balance de masas).

En las tablas 3.3.4 a 3.3.6 se presentan los factores de emisión por tipo de instalación utilizados en la estimación de las emisiones, si bien en el caso del CO<sub>2</sub> los factores indicados son aquellos que se utilizan por defecto cuando no se dispone de las características específicas del combustible.

**Tabla 3.3.4.- Factores de emisión. Calderas**

	CO <sub>2</sub> (t/TJ)	CH <sub>4</sub> (kg/TJ)	N <sub>2</sub> O (kg/TJ)
Gasóleo	73	1,7	0,7
Fuelóleo	76	0,7	1,5
G.L.P.	65	0,9	2,5
Nafta	72,6	3	2,5
Gas de refinería	60	1	1,5
Gas natural	55-56 (1)	1,4	0,9

Fuente: Libro Guía EMEP/CORINAIR. Parte B. Capítulo 111, Tablas 24 - 30 y Capítulo 112, Tabla 10.

API Compendium para el N<sub>2</sub>O del fuelóleo y del gasóleo ("*Uncontrolled boilers and heaters*")

CITEPA, para el N<sub>2</sub>O de los GLP y la nafta (asimilado en este caso al valor por defecto para otros productos petrolíferos)

(1) Años 1990 y 1991 55 kg CO<sub>2</sub>/GJ; 1992 y siguientes: 56 kg CO<sub>2</sub>/GJ.

**Tabla 3.3.5.- Factores de emisión. Turbinas de gas**

	CO <sub>2</sub> (t/TJ)	CH <sub>4</sub> (kg/TJ)	N <sub>2</sub> O (kg/TJ)
Queroseno	71,5	1	2,5
Gasóleo	73	4	1,85
Fuelóleo	76	3	1,75
G.L.P.	65	1	2,5
Gas de refinería	60	2	3
Gas natural	55-56 (1)	4	1,3

Fuente: Libro Guía EMEP/CORINAIR. Parte B. Capítulo 111, Tablas 24 – 30, y Capítulo 112, Tablas 5-8 y 10.

API Compendium para el N<sub>2</sub>O del gasóleo (asimilado al factor de emisión de motores estacionarios) y del gas natural ("Uncontrolled Turbines").

CITEPA, para el N<sub>2</sub>O del fuelóleo, los GLP y el queroseno (asimilado en este caso al valor por defecto para otros productos petrolíferos)

(1) Años 1990 y 1991 55 kg CO<sub>2</sub>/GJ; 1992 y siguientes: 56 kg CO<sub>2</sub>/GJ.

**Tabla 3.3.6.- Factores de emisión. Hornos de proceso**

	CO <sub>2</sub> (t/TJ)	CH <sub>4</sub> (kg/TJ)	N <sub>2</sub> O (kg/TJ)
Gasóleo	73	1,7	0,7
Fuelóleo	76	1,75	1,75
G.L.P.	65	6	2,5
Gas de refinería	60	1,5	1,5
Gas natural	55-56 (1)	1,4	2,5
Otros comb. gaseosos			

Fuente: Libro Guía EMEP/CORINAIR. Parte B. Capítulo 136. Tabla 6.

API Compendium para el N<sub>2</sub>O del gasóleo (asimilado al factor de emisión de calderas).

CITEPA, para el N<sub>2</sub>O del fuelóleo, los GLP y el gas natural.

Los factores de otros combustibles gaseosos (gas de purga obtenido en las plantas de fabricación de hidrógeno) están pendientes de identificación en función de la caracterización precisa de la composición de este tipo de combustible.

(1) Años 1990 y 1991 55 kg CO<sub>2</sub>/GJ; 1992 y siguientes: 56 kg CO<sub>2</sub>/GJ.

### 3.3.3 INCERTIDUMBRE Y COHERENCIA TEMPORAL

En cuanto a las variables de actividad, y por lo que se refiere a los combustibles líquidos que son los que confieren a esta actividad su naturaleza de fuente clave, dado que los consumos de combustibles se han obtenido vía directa mediante cuestionario individualizado a las plantas de refino, se considera que la incertidumbre se sitúa en torno al 3,5%. En cuanto a los factores de emisión de CO<sub>2</sub>, se puede asumir que la incertidumbre media se sitúa en torno al 2,7%.

En general se considera que las series de variables de actividad (consumo de combustibles) presentan un alto grado de coherencia temporal por provenir la información de las propias refinerías. En cuanto a los factores de emisión se entiende que la serie presenta un grado aceptable de homogeneidad temporal, si bien no siempre se ha podido disponer de información explícita de las características de los combustibles utilizados, por lo que en dichos casos se han utilizado

características por defecto para obtener los factores que se aplican en la estimación de las emisiones.

### 3.3.4 CONTROL DE CALIDAD Y VERIFICACIÓN

Debido al gran número de instalaciones existentes en las refinerías, y dado que la información se solicita para cada refinería instalación a instalación con el fin de diferenciar los consumos y las emisiones entre calderas, turbinas y hornos, una de las tareas de control de calidad que se realiza es la verificación de que la suma de los consumos de combustibles de las instalaciones coincida con el total facilitado para el conjunto de cada refinería, detectando así posibles errores u omisiones en las cifras correspondientes a una determinada instalación. Este desglose en la recogida de información permite realizar un seguimiento individualizado de la operatividad de las instalaciones de combustión, así como de su ciclo de vida al conocerse la creación o el desmantelamiento de las instalaciones.

Otra tarea realizada en esta categoría hace referencia a la contrastación de las características de los combustibles utilizados, con especial hincapié en el poder calorífico y los contenidos de azufre y carbono. Los combustibles mayoritariamente utilizados son el fuelóleo y el gas de refinería (véase tabla 3.3.3), dado que sus características no se corresponden con la de combustibles comerciales estándares, y que pueden variar significativamente de una refinería a otra (en especial el gas de refinería<sup>10</sup>), se contrasta con las propias plantas los valores que se consideran atípicos con el fin de obtener la justificación del origen de dichos valores o, en su caso, corregir posibles errores en la información facilitada.

Adicionalmente, se obtienen ratios de consumo y emisión por tonelada de crudo tratado, utilizables para realizar procedimientos de contrastación de la información facilitada en cada refinería a lo largo del periodo inventariado, si bien cabe mencionar que en la comparación entre refinerías debe tenerse en cuenta la complejidad de las mismas.

### 3.3.5 REALIZACIÓN DE NUEVOS CÁLCULOS

A continuación se describen los principales cambios realizados en esta categoría de actividad con respecto a las estimaciones dadas en la edición anterior.

- Para el año 2003 se han introducido las estimaciones de las emisiones correspondientes a una caldera y un horno de proceso (cada instalación perteneciente una refinería distinta) que se habían omitido en la edición anterior.

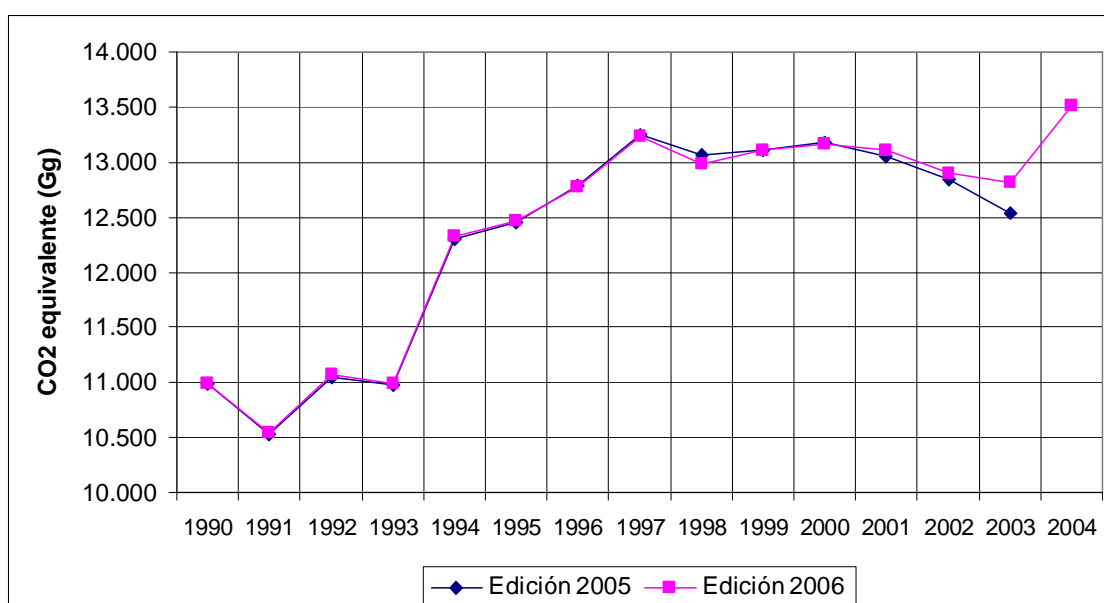
---

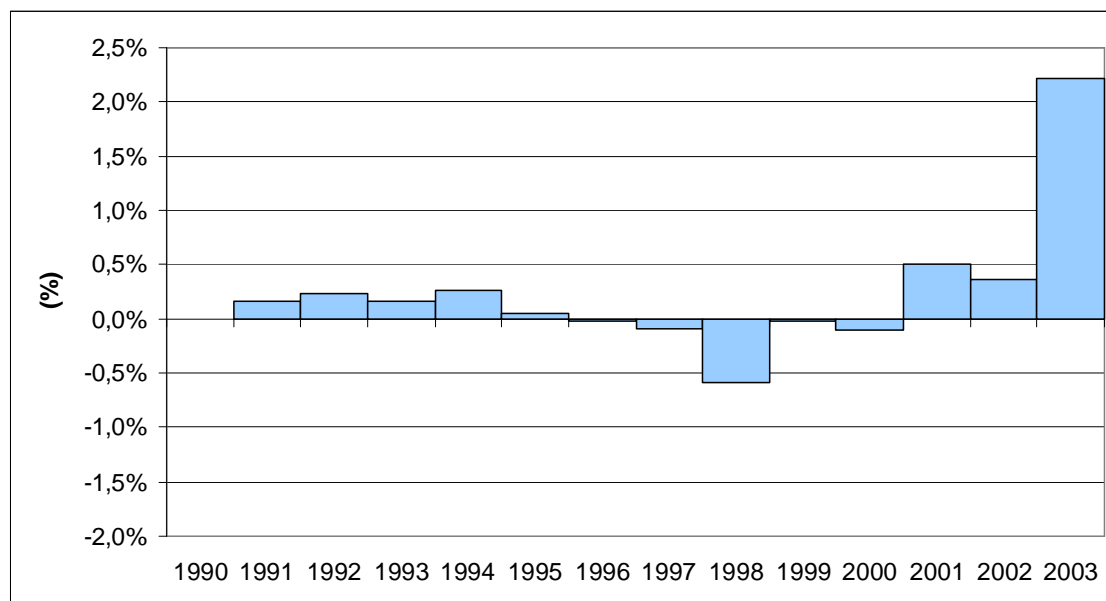
<sup>10</sup> Para este combustible, por ejemplo, la variabilidad de las características viene en algunos casos determinado por la medida en que se haga uso de un enriquecimiento con hidrógeno del combustible.

- Se han revisado las características del gas natural utilizado en el año 2002 en la instalación de cogeneración de una refinería, dadas las anomalías detectadas tanto en el poder calorífico inferior como en el contenido de carbono en la edición anterior del inventario.
- Para el periodo 1990-2002 se han revisado las características de alguno de los combustibles utilizados en una refinería cuyos valores eran atípicos (poderes caloríficos inferiores, contenidos de carbono), lo que provocaba que en algún año se obtuvieran factores de emisión implícitos fuera de rango en esta categoría de actividad. Asimismo se han corregido los consumos de combustibles de alguna instalación de esa misma refinería tras haberse detectado pequeñas incorrecciones en los valores utilizados en la estimación de las emisiones.

La comparación de resultados de las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente entre las ediciones actual y anterior del inventario se muestra en términos de valores absolutos en la figura 3.3.1 y en términos relativos (diferencia porcentual) en la figura 3.3.2. Como puede observarse en esta última figura, la variación relativa de las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente como consecuencia de los nuevos cálculos efectuados en esta actividad es inferior en valores absolutos al 0,6%, con la excepción del año 2003 en el que la variación porcentual es del 2,2% (correspondiente a un incremento de 278 Gg de CO<sub>2</sub> equivalente).

**Figura 3.3.1.- Emisiones de CO<sub>2</sub>-eq. Comparación Eds 2006 vs 2005**



**Figura 3.3.2.- Emisiones de CO<sub>2</sub>-eq. Diferencia porcentual Eds 2006 vs 2005**

### 3.3.6 PLANES DE MEJORA

De cara al futuro se seguirá enfatizando en la recogida de información vía cuestionario sobre la cumplimentación de las características de los combustibles utilizados, que en el pasado no siempre ha sido completa.

## **3.4 TRANSFORMACIÓN DE COMBUSTIBLES SÓLIDOS Y OTRAS INDUSTRIAS ENERGÉTICAS (1A1c)**

### 3.4.1 DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD

En esta categoría se recogen las emisiones generadas en la transformación de combustibles sólidos (coquerías, gasificación de carbón), así como las generadas en instalaciones de combustión inespecífica tanto en este sector de transformación de combustibles como en otras industrias energéticas (minería del carbón, producción de petróleo y gas natural).

En la tabla 3.4.1 se muestran las emisiones de gases de efecto invernadero por tipo de combustible, siendo el CO<sub>2</sub> el gas que confiere a esta fuente su naturaleza de clave. En la tabla 3.4.2 se complementa la información anterior incluyendo expresando el conjunto de las emisiones en términos de CO<sub>2</sub> equivalente. En esta misma tabla se presentan el índice de evolución temporal (base 100 año 1990) de las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente, y las contribuciones de las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente de esta categoría sobre el total del inventario y del sector "Energía".

**Tabla 3.4.1.- Emisiones**  
(cifras en Gg)

	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
<b>CO<sub>2</sub></b>							
Líquidos	57	826	569	699	719	671	452
Sólidos	1.847	1.127	1.185	1.180	1.040	1.079	1.105
Gaseosos	205	255	447	128	112	213	196
<b>Total</b>	<b>2.110</b>	<b>2.208</b>	<b>2.201</b>	<b>2.007</b>	<b>1.870</b>	<b>1.963</b>	<b>1.753</b>
<b>CH<sub>4</sub></b>							
Líquidos	0,001	0,031	0,002	0,002	0,002	0,002	0,014
Sólidos	1,946	1,579	1,684	1,533	1,505	1,532	1,790
Gaseosos	0,011	0,009	0,014	0,003	0,003	0,005	0,005
<b>Total</b>	<b>1,958</b>	<b>1,620</b>	<b>1,700</b>	<b>1,538</b>	<b>1,510</b>	<b>1,539</b>	<b>1,808</b>
<b>N<sub>2</sub>O</b>							
Líquidos	0,002	0,017	0,015	0,017	0,018	0,017	0,010
Sólidos	0,026	0,017	0,022	0,021	0,020	0,021	0,022
Gaseosos	0,004	0,004	0,007	0,002	0,002	0,003	0,003
<b>Total</b>	<b>0,032</b>	<b>0,038</b>	<b>0,044</b>	<b>0,040</b>	<b>0,041</b>	<b>0,042</b>	<b>0,035</b>

**Tabla 3.4.2.- Emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente: valores absolutos, índices y ratios**

	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
CO <sub>2</sub> -eq (Gg)	2.161	2.254	2.250	2.052	1.914	2.008	1.802
Índice CO <sub>2</sub> -eq	100,0	104,3	104,1	95,0	88,6	93,0	83,4
% CO <sub>2</sub> -eq sobre total	0,75	0,71	0,59	0,53	0,48	0,49	0,42
% CO <sub>2</sub> -eq sobre energía	1,02	0,94	0,78	0,70	0,61	0,64	0,54

### 3.4.2 METODOLOGÍA

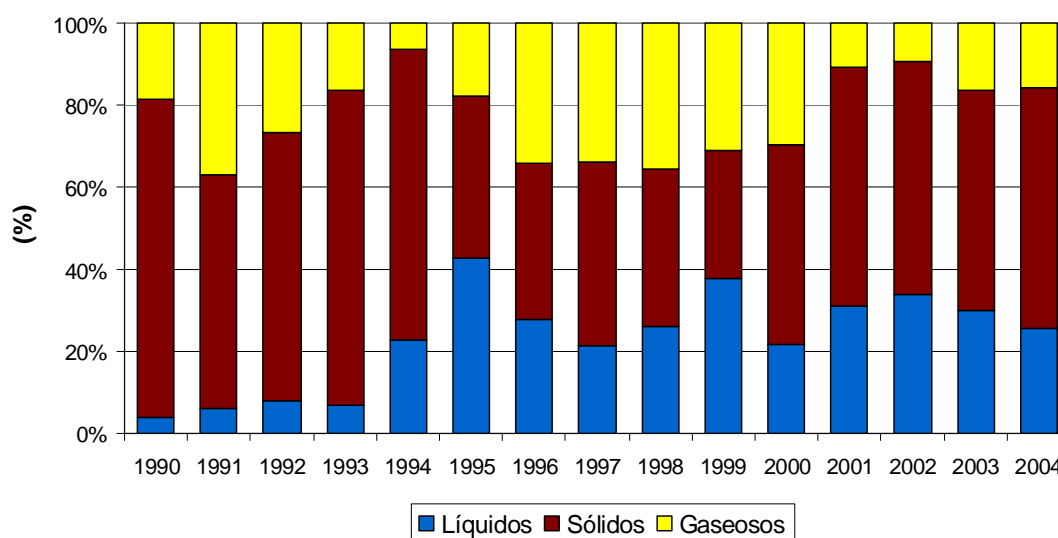
Como variable de actividad básica para realizar la estimación de las emisiones se utiliza el consumo de combustibles. En los casos de las coquerías emplazadas en plantas siderúrgicas integrales y de la actividad de gasificación de carbón, la información se ha recabado mediante cuestionarios individualizados a las plantas en las que se realizan estos procesos. Para las restantes actividades de esta categoría, incluyendo las coquerías no contempladas anteriormente, la información se ha basado en los datos de la AIE y EUROSTAT. Los principales combustibles utilizados en esta categoría son el gas de coquería y el gas de horno alto entre los combustibles sólidos, el fuelóleo y el gasóleo en los combustibles líquidos, y el gas natural en los gaseosos. En la tabla 3.4.3 se muestran los consumos de combustibles expresados en términos de energía (TJ de poder calorífico inferior), pudiendo observarse cómo para algunos combustibles (especialmente el carbón coquizable y los combustibles líquidos) se presentan discontinuidades (incluso ausencia en algunos años) importantes en la evolución de la serie.

**Tabla 3.4.3.- Consumo de combustibles**  
(cifras en TJ<sub>PCI</sub>)

Tipo	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
<b>Líquidos</b>	<b>822</b>	<b>10.880</b>	<b>5.860</b>	<b>6.698</b>	<b>7.368</b>	<b>6.974</b>	<b>5.693</b>
Gasóleo	243	127					
Fuelóleo	132	10.753					4.529
G.L.P.	448						
Coque de petróleo			5.860	6.698	7.368	6.974	1.164
<b>Sólidos</b>	<b>15.776</b>	<b>99.84</b>	<b>13.067</b>	<b>12.679</b>	<b>12.345</b>	<b>12.502</b>	<b>12.940</b>
Carbón coquizable							
Hulla y antracita	4.102	513	2.646	2.561	2.080	1.864	1.869
Lignito negro	13						
Gas manufacturado	10	5					
Gas de coquería	7.534	6.611	8.398	8.126	8.553	8.672	9.139
Gas de horno alto	4.116	2.856	2.023	1.993	1.712	1.967	1.932
<b>Gaseosos</b>	<b>3.734</b>	<b>4.549</b>	<b>7.983</b>	<b>2.294</b>	<b>1.996</b>	<b>3.802</b>	<b>3.501</b>
Gas natural	3.734	4.549	7.983	2.294	1.996	3.802	3.501
<b>Total</b>	<b>20.333</b>	<b>25.413</b>	<b>26.910</b>	<b>21.671</b>	<b>21.709</b>	<b>23.278</b>	<b>22.133</b>

En la figura 3.4.1 se muestra la distribución de los consumos por tipo de combustible a lo largo del periodo inventariado, en la que se refleja las discontinuidades en los consumos ya señaladas en la tabla anterior.

**Figura 3.4.1.- Distribución del consumo de combustibles, sobre base TJ<sub>PCI</sub>**



La estimación de las emisiones de CO<sub>2</sub> correspondiente a los hornos de coque se ha realizado mediante balance de masas a partir del contenido de carbono de los combustibles consumidos en cada año (en el caso de las plantas siderúrgicas integrales las características de los combustibles varían para cada planta y año, mientras que para el resto de plantas se han utilizado unas características comunes en todos los años). En cuanto al CH<sub>4</sub> y el N<sub>2</sub>O las emisiones han sido estimadas



utilizando factores de emisión por defecto. Cabe mencionar que para los años 2003 y 2004 se ha podido disponer de emisiones medidas de CH<sub>4</sub> en plantas siderúrgicas integrales. Sin embargo la gran variabilidad de las emisiones obtenidas hace que por el momento estas medidas no hayan sido consideradas en el inventario, pues se produciría una falta de coherencia en la serie temporal de emisiones. Para los restantes contaminantes considerados en el CRF (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, COVM y CO) se han utilizado asimismo factores de emisión por defecto, con la excepción de aquellos casos en los que las propias plantas han facilitado emisiones medidas.

En la tabla 3.4.4 se presentan los factores de emisión utilizados en las estimaciones para los hornos de coque. En el caso del CO<sub>2</sub> se muestran los rangos de variación de los factores de emisión de acuerdo con las características de los combustibles utilizados a lo largo del periodo inventariado.

**Tabla 3.4.4.- Factores de emisión. Hornos de coque**

	CO <sub>2</sub> (t/TJ)	CH <sub>4</sub> (kg/kt de coque)	N <sub>2</sub> O (kg/TJ)
Gas de coquería	41,3 – 45	405	1,75
Gas de horno alto	242,9 – 293,5		1,75

Fuente: CO<sub>2</sub>: Factores obtenidos a partir de la información facilitada en los cuestionarios.

CH<sub>4</sub>: Manual CORINAIR (Anexo de la parte 7, epígrafe 13)

N<sub>2</sub>O: CITEPA. Valores por defecto para los combustibles considerados.

Para realizar la estimación de las emisiones en el proceso de gasificación de carbón se ha imputado del total de consumos de carbón y coque de petróleo la parte que según el balance de carbono entre entradas y salidas del proceso no ha sido considerada como transformación de combustibles sólidos a gas. La parte complementaria de las entradas a este proceso se asigna a la combustión (categoría 1A1a), y coincide con el consumo en esta actividad del gas obtenido en el proceso de gasificación. Es importante señalar que este proceso de asignación garantiza el cuadro del balance energético entre entradas y salidas en términos de carbono.

Así pues es necesario deslindar la parte de emisiones que es imputable al proceso de gasificación que aquí se trata de las correspondientes a los procesos de combustión de gas obtenido en las turbinas de gas. Este desglose se efectúa tomando como referencia el ratio de carbono entre el gas obtenido en el proceso de gasificación con respecto al carbono de los combustibles sólidos de entrada, obteniéndose así las emisiones de CO<sub>2</sub> imputables al proceso de gasificación. Para el CH<sub>4</sub> y el N<sub>2</sub>O la estimación de las emisiones se ha llevado a cabo utilizando factores de emisión por defecto tomados del Libro Guía EMEP/CORINAIR y de CITEPA (caso del N<sub>2</sub>O para el coque de petróleo). Para los restantes contaminantes considerados en el CRF (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, COVM y CO) la propia planta ha facilitado emisiones medidas.

**Tabla 3.4.5.- Factores de emisión. Gasificación de carbón**

	CH <sub>4</sub> (kg/TJ)	N <sub>2</sub> O (kg/TJ)
Coque de petróleo	0,3	2,5
Carbón	0,6	0,8

Para el resto de instalaciones de combustión de esta categoría, la emisión ha sido estimada utilizando factores de emisión por defecto seleccionados de las diferentes guías metodológicas (EMEP/CORINAIR, IPCC) y de fuentes sectoriales e institucionales (API, CITEPA) sobre la variable de actividad energía (GJ) en términos de PCI. En las tablas 3.4.6 a 3.4.8 se presentan los factores de emisión por tipo de instalación utilizados en la estimación de las emisiones.

**Tabla 3.4.6.- Factores de emisión. Calderas**

	CO <sub>2</sub> (t/TJ)	CH <sub>4</sub> (kg/TJ)	N <sub>2</sub> O (kg/TJ)
Gasóleo	73	1,7	0,7
Fuelóleo	76	2,9	1,5
G.L.P.	65	0,9	2,5
Coque de petróleo	98,3	0,3	2,5
Carbón coquizable	94	3	0,8
Hulla y antracita	112	3	1,4
Lignito negro	99,42	3	1,4
Gas manufacturado	52	1,4	2,5
Gas natural	55-56 (1)	1,4	0,9

Fuente: Libro Guía EMEP/CORINAIR. Parte B. Capítulo 112, Tablas 7, 9 y 10, y Capítulo 111, Tablas 27, 29 y 30.  
Manual de Referencia IPCC (Tabla 1-8) para el N<sub>2</sub>O de la hulla y antracita y del lignito negro.  
CITEPA, para el N<sub>2</sub>O del coque de petróleo, los GLP y el gas manufacturado (en este caso asimilado a otros combustibles gaseosos).  
API Compendium para el N<sub>2</sub>O del fuelóleo, del gasóleo y del gas natural ("*Uncontrolled boilers and heaters*")

(1) Años 1990 y 1991 55 kg CO<sub>2</sub>/GJ; 1992 y siguientes: 56 kg CO<sub>2</sub>/GJ.

**Tabla 3.4.7.- Factores de emisión. Turbinas de gas**

	CO <sub>2</sub> (t/TJ)	CH <sub>4</sub> (kg/TJ)	N <sub>2</sub> O (kg/TJ)
Gasóleo	73	4	1,85
Fuelóleo	76	3	1,75
Gas natural	55-56 (1)	4	1,3

Fuente: Libro Guía EMEP/CORINAIR. Parte B. Capítulo 112, Tablas 7, 9 y 10.

CITEPA, para el N<sub>2</sub>O del fuelóleo.

API Compendium para el N<sub>2</sub>O del gasóleo (asimilado al factor de emisión de motores estacionarios) y del gas natural ("*Uncontrolled turbines*")

(1) Años 1990 y 1991 55 kg CO<sub>2</sub>/GJ; 1992 y siguientes: 56 kg CO<sub>2</sub>/GJ.

**Tabla 3.4.8.- Factores de emisión. Motores estacionarios**

	CO <sub>2</sub> (t/TJ)	CH <sub>4</sub> (kg/TJ)	N <sub>2</sub> O (kg/TJ)
Gasóleo	73	1,5	1,85
Fuelóleo	76	3	1,75
Gas natural	55-56 (1)	5	1,3

Fuente: Libro Guía EMEP/CORINAIR. Parte B. Capítulo 112, Tablas 7, 9 y 10.

CITEPA, para el N<sub>2</sub>O del fuelóleo.

API Compendium para el N<sub>2</sub>O del gasóleo ("*Large Bore Diesel Engine*") y del gas natural ("*4 Cycle – Lean Burn Engine*")

(1) Años 1990 y 1991 55 kg CO<sub>2</sub>/GJ; 1992 y siguientes: 56 kg CO<sub>2</sub>/GJ.

### 3.4.3 INCERTIDUMBRE Y COHERENCIA TEMPORAL

La actividad dominante en esta categoría por lo que a las emisiones se refiere es la combustión en las coquerías, y dentro de ellas las emplazadas en plantas de siderurgia integral. Para estas plantas, la información obtenida vía cuestionario individualizado, se considera que tiene una incertidumbre reducida. Un nivel de precisión similar o mayor tiene la actividad de gasificación de carbón. La mayor incertidumbre está asociada a las coquerías no emplazadas en siderurgia integral y de otras fuentes de combustión inespecífica (minería, extracción de petróleo y gas), en que la información no procede directamente de las plantas. A nivel conjunto la estimación de la incertidumbre de la variable de actividad puede situarse en torno al 5%. Para los factores de emisión, y teniendo en cuenta la mezcla de combustibles utilizados en esta categoría, se estima que la incertidumbre se sitúa asimismo en torno al 5%.

La series se consideran en general temporalmente homogéneas, si bien los cambios en la variable de actividad y en las emisiones reflejan en buena medida la desaparición a mediados de la década de los noventa de una planta siderúrgica integral, así como la aparición del proceso de gasificación de carbón a partir del año 1997. Por otra parte, y como ya ha quedado reseñado, la homogeneidad está condicionada por la información de los balances energéticos nacionales publicados por la AIE y EUROSTAT que, para esta categoría, muestran notables fluctuaciones en algunos combustibles.

### 3.4.4 CONTROL DE CALIDAD Y VERIFICACIÓN

Entre las tareas de control de calidad en esta categoría debe destacarse el seguimiento que se realiza de las características de los gases siderúrgicos utilizados en los hornos de coque de las plantas siderúrgicas integrales, debido a la mayor variabilidad de las características de dichos combustibles entre plantas y años, lo que incide particularmente en las emisiones de CO<sub>2</sub>. A partir de la información facilitada por planta y año, se contrastan los valores correspondientes a la composición molar de cada gas, comprobando que la suma de los componentes de dicha composición es igual a 100, y derivándose a partir de pesos moleculares y poderes caloríficos de los componentes (entalpías de combustión) las características

de contenido de carbono, contenido de azufre, densidad y poder calorífico (inferior y superior) del gas siderúrgico en cuestión (en el caso de estos dos últimos parámetros los valores deducidos se contrastan con los facilitados directamente por la planta). En el caso de producirse carencias en dicha información o presentarse valores atípicos se investiga con las propias plantas las causas de las anomalías con el fin de obtener las necesarias correcciones o justificaciones de los valores correspondientes. En la tabla 3.4.9 se presenta el modelo de solicitud de información relativa a las características del gas de coquería y del gas de horno alto.

**Tabla 3.4.9.- Características de gases siderúrgicos. Información solicitada**

GAS DE COQUERÍA			GAS DE HORNO ALTO		
CO <sub>2</sub>		%	CO <sub>2</sub>		%
C <sub>n</sub> H <sub>m</sub>		%	O <sub>2</sub>		%
O <sub>2</sub>		%	CO		%
CO		%	H <sub>2</sub>		%
H <sub>2</sub>		%	CH <sub>4</sub>		%
CH <sub>4</sub>		%	N <sub>2</sub>		%
C <sub>n</sub> H <sub>2n+2</sub>		%	PCI		kcal/Nm <sup>3</sup>
N <sub>2</sub>		%	Peso específico		kg/Nm <sup>3</sup>
C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>		g/Nm <sup>3</sup>			
NH <sub>3</sub>		g/Nm <sup>3</sup>			
C <sub>10</sub> H <sub>8</sub>		g/Nm <sup>3</sup>			
SH <sub>2</sub>		g/Nm <sup>3</sup>			
PCI		kcal/Nm <sup>3</sup>			
Peso específico		kg/Nm <sup>3</sup>			

De acuerdo con las indicaciones de las plantas siderúrgicas el conjunto C<sub>n</sub>H<sub>m</sub> podría venir caracterizado por el compuesto C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>, mientras que el conjunto C<sub>n</sub>H<sub>2n+2</sub> podría venir caracterizado por el compuesto C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>.

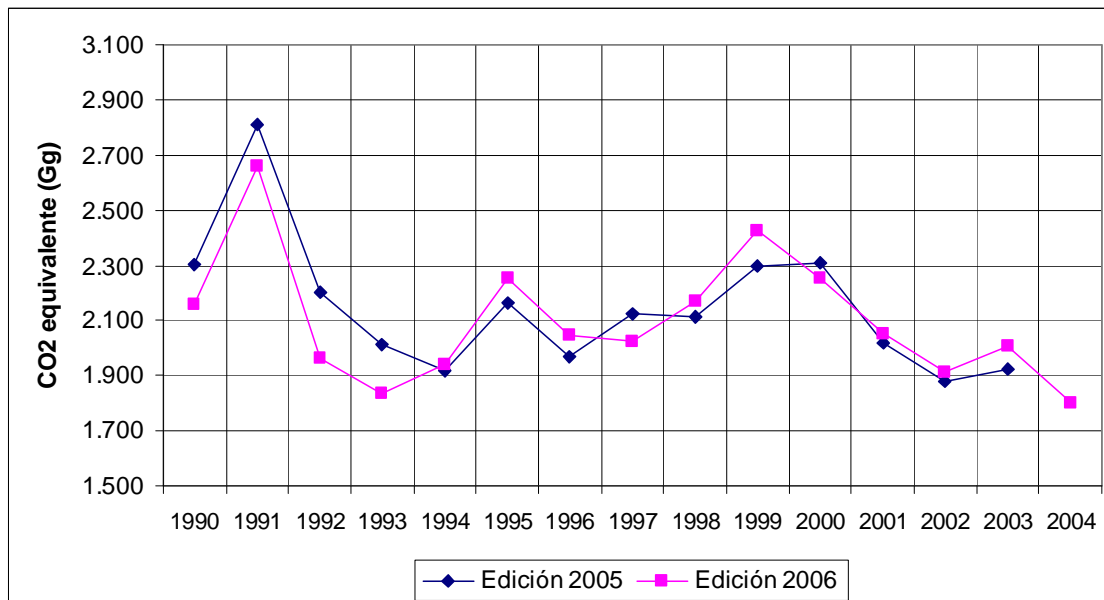
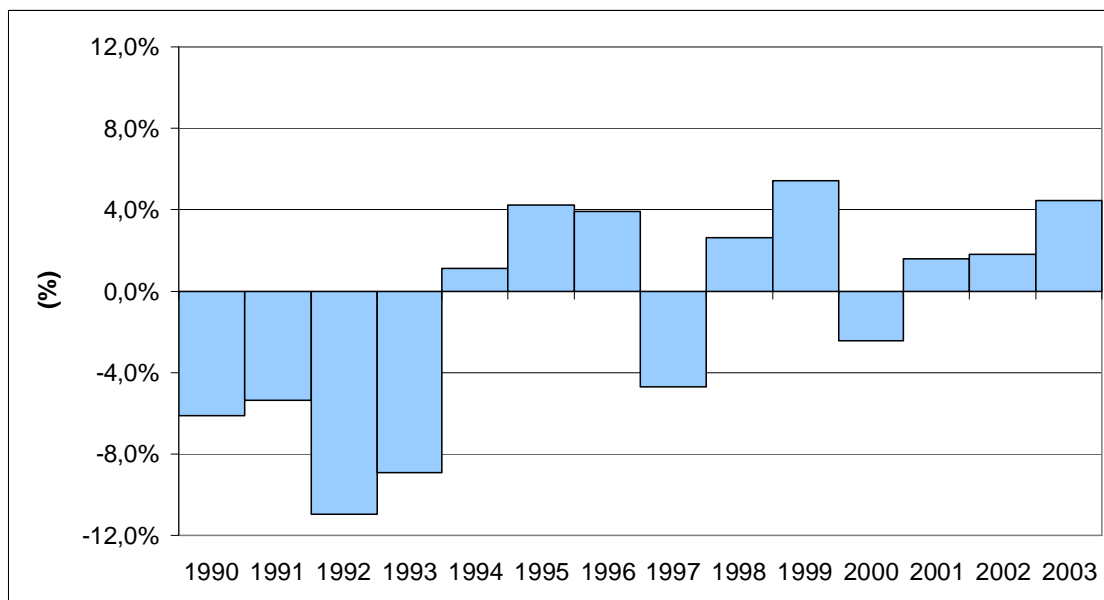
### 3.4.5 REALIZACIÓN DE NUEVOS CÁLCULOS

El cambio de alcance más relevante es la revisión sistemática que se hace del balance de combustibles que se utiliza específicamente para el inventario de emisiones. Varias son las causas que motivan esta revisión. En primer lugar, debe reseñarse que, debido a la tardía disponibilidad del balance nacional de combustibles (cuestionarios internacionales remitidos a la AIE y EUROSTAT), las cantidades asignadas de consumos de combustibles en ciertas actividades tuvieron que ser proyectadas para el último año de la edición anterior del inventario (pues no se disponía de información directa para las mismas), y que en la edición actual han sido revisadas de la nueva información disponible de dichas estadísticas. Por otro lado, y para el conjunto del periodo 1990-2003 se ha efectuado una re-estimación de los consumos de combustibles imputables a cogeneración, según información facilitada por el Instituto para la Diversificación y Ahorro Energético (IDAE), ya que en los datos facilitados por este instituto para la edición anterior del inventario se

detectó un error en la conversión de unidades que afectaba en gran medida a la consumos de gas natural.

En los hornos de coque se han realizado diversas modificaciones en las emisiones de  $\text{CH}_4$  correspondientes a las instalaciones ubicadas en las plantas siderúrgicas integrales. Por un lado se ha revisado para toda la serie 1990-2003 el factor de emisión por defecto de  $\text{CH}_4$  por tonelada de coque producido, al haberse introducido en la edición anterior del inventario un factor de emisión incorrecto en la base de datos. Por otro lado, y por lo que respecta a una de las plantas integrales, en el año 2003 se había incluido en la edición anterior del inventario las emisiones medidas facilitadas por la propia planta. Al disponer para el año 2004 nuevamente de emisiones medidas, se aprecia una notable disparidad entre las emisiones medidas en el año 2003 con respecto a las de 2004 teniendo en cuenta los correspondientes consumos de combustibles, por lo que por motivos de homogeneidad temporal, y a la espera de que se obtenga una evidencia de estabilidad en la información sobre las emisiones medidas, se ha optado por realizar la estimación para todos los años utilizando factores de emisión por defecto.

En la figura 3.4.2 se muestra la evolución comparada de valores absolutos de las emisiones de  $\text{CO}_2$  entre los resultados de la edición actual con los resultados de la edición anterior, mientras que en la figura 3.4.3 se presenta la diferencia porcentual de dichas emisiones entre ambas ediciones del inventario. Como puede observarse en esta última figura, la variación relativa de las emisiones de  $\text{CO}_2$  equivalente como consecuencia de los nuevos cálculos efectuados en esta actividad es variable a lo largo del periodo inventariado, con un descenso máximo del 11% en el año 1992 (-242 Gg de  $\text{CO}_2$  equivalente) y un incremento máximo del 5,5% en el año 1999 (125 Gg de  $\text{CO}_2$  equivalente).

**Figura 3.4.2.- Emisiones de CO<sub>2</sub>-eq. Comparación Eds 2006 vs 2005****Figura 3.4.3.- Emisiones de CO<sub>2</sub>-eq. Diferencia porcentual Eds 2006 vs 2005**

### 3.4.6 PLANES DE MEJORA

Una actuación prometedora para la mejora en este sector es el planteamiento de recogida de información individualizada de las coquerías no emplazadas en plantas siderúrgicas integrales. De este modo se dispondría de la información a nivel

de planta tanto de las emisiones que se producen en los hornos de coque como de las producciones nacionales de coque y gas de coquería, con especificaciones de las características de dichos combustibles.

### **3.5 COMBUSTIÓN EN LA INDUSTRIA Y EN OTROS SECTORES (1A2 y 1A4)**

#### **3.5.1 DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD**

En estas categorías, que conjuntamente constituyen una fuente clave en las emisiones de CO<sub>2</sub> para los combustibles sólidos, líquidos y gaseosos en todo el periodo inventariado, se incluye una amplia variedad de procesos de combustión realizados bien en la industria (categoría 1A2) o en otros sectores (categoría 1A4, que incluye los sectores comercial, institucional, residencial, así como la combustión en la agricultura, silvicultura y pesca).

En la tabla 3.5.1 se muestran las emisiones de gases de efecto invernadero por tipo de combustible, siendo el CO<sub>2</sub> el gas que confiere a esta fuente su naturaleza de clave. En la tabla 3.5.2 se complementa la información anterior expresando el conjunto de las emisiones en términos de CO<sub>2</sub> equivalente. En esta misma tabla se presentan el índice de evolución temporal (base 100 año 1990) de las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente, y las contribuciones de las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente de esta categoría sobre el total del inventario y del sector “Energía”. En dichas tablas no figuran las emisiones de CO<sub>2</sub> originadas por la quema de biomasa ya que de acuerdo con la metodología IPCC no deben computarse en el inventario, aunque sí han sido estimadas pro-memoria y reflejadas como tales en el CRF Reporter.

**Tabla 3.5.1.- Emisiones**  
(cifras en Gg)

	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
<b>CO<sub>2</sub></b>							
Líquidos	46.199	52.869	51.935	53.171	53.117	54.910	57.913
Sólidos	15.589	11.880	6.377	6.999	6.976	6.365	5.955
Gaseosos	9.757	16.692	32.452	35.864	38.292	42.708	46.713
Biomasa							
Otros			89	85	119	262	276
<b>Total</b>	<b>71.546</b>	<b>81.441</b>	<b>90.853</b>	<b>96.119</b>	<b>98.503</b>	<b>104.245</b>	<b>110.857</b>
<b>CH<sub>4</sub></b>							
Líquidos	1,8	2,1	1,9	1,9	1,9	2,0	2,1
Sólidos	8,2	6,3	2,1	1,9	2,2	2,9	2,6
Gaseosos	0,5	1,3	3,5	4,0	4,4	5,3	5,7
Biomasa	31,5	28,8	28,3	28,4	28,3	28,3	28,3
Otros			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>Total</b>	<b>42,0</b>	<b>38,5</b>	<b>35,8</b>	<b>36,2</b>	<b>36,9</b>	<b>38,5</b>	<b>38,8</b>
<b>N<sub>2</sub>O</b>							
Líquidos	1,1	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,3
Sólidos	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Gaseosos	0,2	0,4	0,8	0,9	0,9	1,0	1,1
Biomasa	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Otros			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
<b>Total</b>	<b>2,3</b>	<b>2,4</b>	<b>2,7</b>	<b>2,8</b>	<b>2,9</b>	<b>3,0</b>	<b>3,1</b>

**Tabla 3.5.2.- Emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente: valores absolutos, índices y ratios**

	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
CO <sub>2</sub> -eq (Gg)	73.128	83.009	92.443	97.751	100.172	105.979	112.643
Índice CO <sub>2</sub> -eq	100,0	113,5	126,4	133,7	137,0	144,9	154,0
% CO <sub>2</sub> -eq sobre total	25,47	26,11	24,06	25,42	24,91	25,96	26,32
% CO <sub>2</sub> -eq sobre energía	34,40	34,44	31,94	33,36	32,17	33,73	33,66

### 3.4.2 METODOLOGÍA

Las fuentes básicas de información sobre las variables de actividad (consumos de combustibles) han sido:

- Para el sector industrial (categoría 1A2) el balance nacional de combustibles, complementado con información procedente de las principales asociaciones sectoriales (cemento, cal, vidrio, fritas de vidrio, ladrillos y tejas, azulejos y baldosas, etc.) e información directa de cuestionarios individualizados a las plantas.



- Para los sectores comercial, institucional y residencial (categorías 1A4a y 1A4b) la información se ha tomado esencialmente para los combustibles fósiles del balance nacional de combustibles, y para la biomasa se ha realizado una estimación de los consumos a partir de la información facilitada por el IDAE.
- Para el sector de agricultura, silvicultura y pesca (categoría 1A4c), la estimación se ha realizado a partir del conocimiento de los patrones de actividad y los requerimientos energéticos asociados a la misma, asumiendo que la práctica totalidad del combustible es gasóleo. En cuanto a la información sobre los patrones de actividad de los sub-sectores, pesca marítima, maquinaria agrícola y forestal, se ha procedido de la siguiente manera:
  - \* Pesca marítima: la información recoge los datos de potencia de la flota pesquera facilitada por la Subdirección General de Flota Pesquera, y valores de los parámetros referentes a consumo específico medio de combustible por unidad de trabajo, número de días de operación al año, horas de operación por día, y frecuencia y duración de estancias en puerto, los cuales han sido contrastados con expertos del sector.
  - \* Maquinaria agrícola y forestal: para la maquinaria agrícola se ha partido de la información facilitada por la Subdirección General de Medios de Producción Agrícola del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA) para evaluar la potencia instalada en el parque activo por tipo de maquinaria (tractores, cosechadoras o motocultores). Otros parámetros que intervienen en el cálculo del consumo de combustibles son el número de horas/año efectivas de cada tipo de maquinaria y los requerimientos energéticos por hora de operación estándar y unidad de potencia nominal.

Para estimar los consumos correspondientes a la maquinaria forestal se ha seguido un tratamiento similar. En este caso, como información de base se han seleccionado datos socioeconómicos relativos a la silvicultura, tales como la superficie repoblada o el volumen de madera talada, recopilados en la publicación “Anuario de Estadística Agroalimentaria” elaborada por el MAPA, completada para estas variables por expertos del sector para los años en los cuales no ha podido disponerse de la citada publicación, y especificada directamente por estos expertos para otras variables base de actividad complementarias tales como la longitud de caminos forestales arreglados y la superficie de cortafuegos. Asimismo dichos expertos han proporcionado información complementaria relativa a las características de la maquinaria por clase de operación, tales como el número de unidades, la potencia media instalada en cada unidad, el rendimiento de arrastre o carga y el consumo específico medio de combustible, a partir de las cuales se ha derivado la potencia total instalada y/o las horas de funcionamiento por clase de operación.

- \* Finalmente, para la combustión estacionaria del sector agrícola (motores y otras instalaciones) se toma la información que figura en el balance nacional de combustibles con la excepción del gasóleo para el que se estima un consumo en proporción al efectuado en la maquinaria móvil agrícola. Cabe mencionar el tratamiento diferenciado que se hace para la combustión estacionaria en los motores de riego de la agricultura, basándose en ratios de consumo de gasóleo por hectárea de regadío tomados del documento “Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética – E4” del sector agrícola, y en la superficie de regadío que figura en el “Anuario de Estadística Agroalimentaria” del MAPA.

En las tablas 3.5.3.a y 3.5.3.b se presentan los consumos de combustibles, expresados en términos de energía (terajulios de poder calorífico inferior, TJ<sub>PCI</sub>), estimados para cada una de las dos categorías que componen esta fuente clave.

**Tabla 3.5.3.a.- Consumo de combustibles: Combustión industrial**  
(cifras en TJ<sub>PCI</sub>)

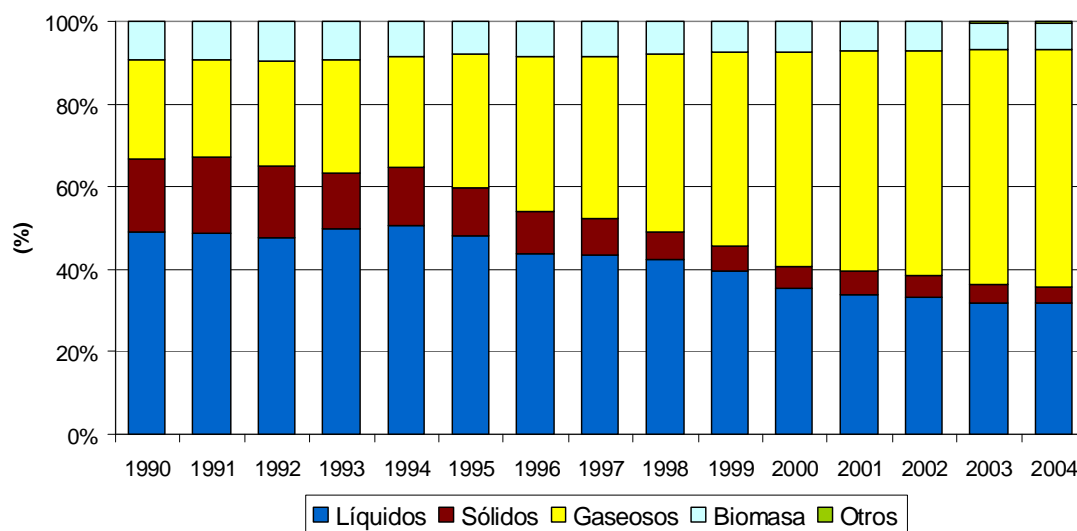
Tipo	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
<b>Líquidos</b>	<b>311.602</b>	<b>362.552</b>	<b>315.297</b>	<b>325.846</b>	<b>326.914</b>	<b>339.704</b>	<b>364.971</b>
Gasóleo	70.857	57.226	95.572	101.423	103.131	110.153	136.399
Fuelóleo	170.032	207.911	97.401	91.385	92.680	92.056	77.515
G.L.P.	13.113	17.120	18.174	18.198	18.240	18.086	18.595
Coque de petróleo	55.664	78.205	103.598	114.840	112.862	119.408	132.461
Gas de refinería	1.937	2.090	552				
<b>Sólidos</b>	<b>112.248</b>	<b>87.187</b>	<b>47.759</b>	<b>54.330</b>	<b>53.887</b>	<b>48.581</b>	<b>43.641</b>
Carbón coquizable							
Hulla y antracita	59.130	24.733	16.448	21.798	18.392	14.871	12.499
Lignito negro	1.004						
Coque	19.631	34.999	12.210	14.321	17.738	16.417	14.054
Gas manufacturado	82						
Gas de coquería	15.057	14.389	9.654	8.997	8.569	8.502	8.395
Gas de horno alto	16.612	11.661	8.558	8.640	8.274	7.833	8.187
Otros carbones y deriv.	732	1.405	889	573	914	958	505
<b>Gaseosos</b>	<b>153.009</b>	<b>245.683</b>	<b>467.375</b>	<b>510.494</b>	<b>537.594</b>	<b>606.497</b>	<b>658.893</b>
Gas natural	153.009	245.683	467.375	510.494	537.594	606.497	658.893
<b>Biomasa</b>	<b>58.937</b>	<b>59.788</b>	<b>64.376</b>	<b>65.697</b>	<b>67.009</b>	<b>70.210</b>	<b>72.882</b>
Madera/Res. de madera	23.502	22.670	21.128	23.603	23.215	22.768	22.710
Otra biomasa sólida	13.633	13.252	13.175	13.175	13.188	13.814	14.039
Licor negro	18.217	20.428	26.658	25.372	27.278	30.392	32.880
Biogás	3.585	3.438	3.414	3.547	3.328	3.237	3.253
<b>Otros</b>			<b>1.106</b>	<b>1.035</b>	<b>1.434</b>	<b>3.199</b>	<b>3.448</b>
Residuos industriales			1.106	1.035	1.434	3.199	3.448
<b>Total</b>	<b>635.795</b>	<b>755.211</b>	<b>895.914</b>	<b>957.401</b>	<b>986.839</b>	<b>1.068.191</b>	<b>1.143.835</b>

**Tabla 3.5.3.b.- Consumo de combustibles: Combustión en otros sectores**  
(cifras en TJ<sub>PCI</sub>)

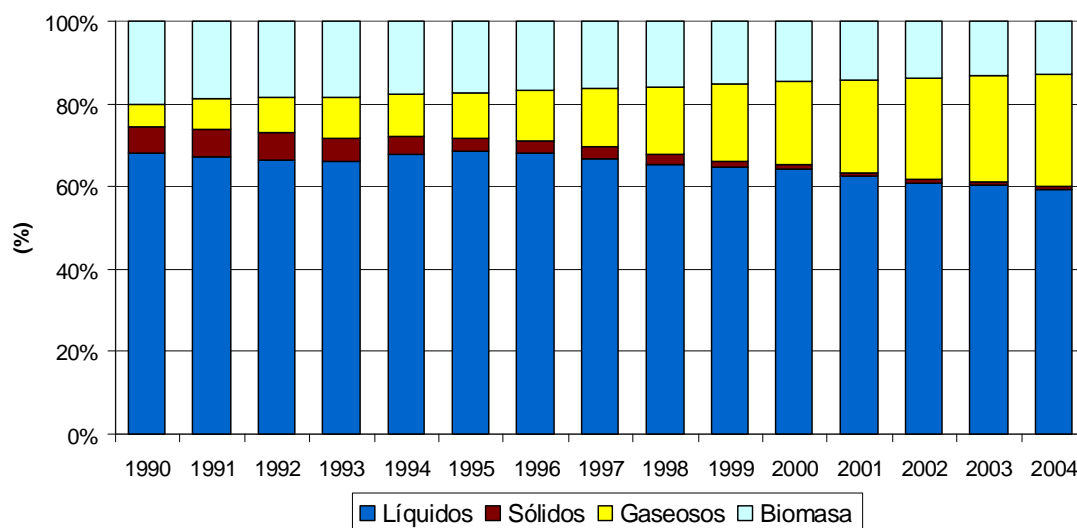
Tipo	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
<b>Líquidos</b>	<b>307.872</b>	<b>337.097</b>	<b>367.655</b>	<b>368.870</b>	<b>368.852</b>	<b>384.100</b>	<b>390.425</b>
Gasolina	262	264	231	212	219	212	211
Queroseno	4.791	2.298	130	434	347	43	43
Gasóleo	190.683	217.145	258.927	266.753	266.116	281.530	286.380
Fuelóleo	11.035	25.632	18.893	18.059	18.422	19.787	19.983
G.L.P.	100.576	90.859	88.485	81.923	81.854	80.586	82.004
Coque de petróleo	488	520	325	390	358	390	397
Gas de refinería	38	379	663	1.100	1.537	1.551	1.408
<b>Sólidos</b>	<b>28.353</b>	<b>15.685</b>	<b>7.172</b>	<b>4.488</b>	<b>5.035</b>	<b>6.017</b>	<b>6.182</b>
Hulla y antracita	15.443	12.743	3.519	3.064	3.641	4.551	4.551
Lignito negro	924						
Aglomerados de hulla	152						
Gas manufacturado	11.834	2.943	3.652	1.424	1.394	1.466	1.631
<b>Gaseosos</b>	<b>23.974</b>	<b>53.243</b>	<b>113.832</b>	<b>131.918</b>	<b>148.307</b>	<b>163.458</b>	<b>177.961</b>
Gas natural	23.974	53.243	113.832	131.918	148.307	163.458	177.961
<b>Biomasa</b>	<b>91.783</b>	<b>85.081</b>	<b>83.747</b>	<b>83.740</b>	<b>83.732</b>	<b>83.775</b>	<b>83.775</b>
Madera/Res. de madera	82.455	79.191	78.672	78.672	78.672	78.672	78.672
Carbón vegetal	8.209	4.735	4.035	4.035	4.035	4.035	4.035
Otra biomasa sólida	1.118	859	968	968	968	968	968
Biogás		297	73	65	58	101	101
<b>Total</b>	<b>451.982</b>	<b>491.107</b>	<b>572.406</b>	<b>589.016</b>	<b>605.927</b>	<b>637.351</b>	<b>658.345</b>

En las figuras 3.5.1.a y 3.5.1.b se muestra la distribución de los consumos por tipo de combustible a lo largo del periodo inventariado, para cada una de estas dos categorías fuente. Este desglose entre la combustión industrial (1A2) y el resto de combustión (1A4) se muestra aquí dada la evolución diferenciada que respecto al consumo de combustibles representan estas categorías, si bien con respecto a las emisiones de CO<sub>2</sub> es la unión de ambas lo que confiere el carácter de fuente clave. Como puede apreciarse en ambas categorías se produce un incremento sustancial en el consumo del gas natural, que en términos relativos tiene una mayor incidencia en la combustión industrial con una contribución cercana al 58% en el año 2004, mientras que en la combustión en otros sectores el predominio sigue correspondiendo a los combustibles líquidos (por encima del 59% en 2004) motivado por la inclusión en esta categoría 1A4 de las actividades de la pesca y la maquinaria móvil agrícola y forestal.

**Figura 3.5.1.a.- Distribución del consumo de combustibles, sobre base  $TJ_{PCI}$   
1A2 Combustión industrial**



**Figura 3.5.1.b.- Distribución del consumo de combustibles, sobre base  $TJ_{PCI}$   
1A4 Combustión en otros sectores**



Para la estimación de las emisiones de  $\text{CO}_2$  se da preferencia, siempre que se ha podido disponer de la información pertinente<sup>11</sup>, al procedimiento de cálculo que parte del contenido de carbono de cada combustible utilizado, y se complementa el cálculo estequiométrico elevado a masa de  $\text{CO}_2$  con la inclusión del factor de oxidación (véase la ecuación [3.2.1] y la explicación del algoritmo con más detalle en el epígrafe 3.2.2), utilizándose factores de emisión por defecto a partir de características estándares de los combustibles cuando no se ha podido disponer de los datos necesarios para aplicar el algoritmo anterior. En cuanto a la estimación de las emisiones de  $\text{CH}_4$  y  $\text{N}_2\text{O}$  se aplican los factores seleccionados de las diferentes guías metodológicas (EMEP/CORINAIR, IPCC) y de fuentes sectoriales e institucionales (API, CITEPA) sobre la variable de actividad energía (GJ) en términos de PCI. Este mismo procedimiento se sigue para la estimación de los demás contaminantes considerados en el CRF ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ , COVM y CO), con la excepción de aquellos casos en los que las propias plantas han facilitado emisiones medidas.

En las tablas 3.5.4 a 3.5.13 se presentan los factores de emisión utilizados en la estimación de las emisiones, distinguiendo por tipo de instalación y sector de actividad (combustión industrial u otros sectores), si bien debe señalarse que en el caso del  $\text{CO}_2$  los factores indicados (salvo excepciones que se detallan) son aquellos que se utilizan por defecto cuando no se dispone de las características específicas del combustible. Por otro lado, en el caso de los hornos, y debido a la gran variedad de factores de emisión que se presentan en las referencias dependiendo del proceso realizado y de las condiciones de operación, se presentan rangos de factores, en particular para el  $\text{CH}_4$ .

---

<sup>11</sup> Este es el caso, entre otros, de los sectores industriales de la siderurgia integral, la fabricación de pasta de papel y la fabricación de aluminio, en los que se dispone de esta información vía cuestionario individualizado a plantas.

**Tabla 3.5.4.- Combustión industrial. Factores de emisión.  
Calderas**

	CO <sub>2</sub> (t/TJ)	CH <sub>4</sub> (kg/TJ)	N <sub>2</sub> O (kg/TJ)
Gasóleo	73	1,7	0,7
Fuelóleo	76	2,9	1,5
G.L.P.	65	0,9	2,5
Coque de petróleo	98,3	0,3	2,5
Gas de refinería	55	2,5	1,5
Carbón coquizable	94	3	3
Hulla y antracita	101	15 (1) 3 (2)	1,6
Lignito negro	99,42	15 (1) 3 (2)	1,6
Coque	105	15 (1) 1,3 (2)	3
Gas manufacturado	52	1,4	2,5
Gas de coquería	41,3-45 (3)	2,5	1,75
Gas de horno alto	242,9-293,5 (3)	0,3	1,75
Gas de acería	181,3-184,4 (3)	0,3	2,5
Gas natural	55-56 (4)	1,4	0,9
Madera/Res. de madera	110	16,7 (5) 18 (1) (6) 32 (2) (6)	4
Residuos agrícolas	110	30	4
Licor negro	73	1	4
Biogás	112	2,5	1,75

Fuente: Libro Guía EMEP/CORINAIR. Parte B. Capítulo 112, Tablas 7, 9 y 10, y Capítulo 111, Tablas 27, 29 y 30

Manual de Referencia 1996 de IPCC, tabla 1-1, para el CO<sub>2</sub> de la biomasa

Manual de Referencia 1996 de IPCC, tabla 1-8, para el N<sub>2</sub>O de la hulla y antracita, lignito negro, madera y residuos de madera, carbón vegetal, residuos agrícolas y licor negro (asimilado en este caso por el contenido en biomasa).

CITEPA, para el N<sub>2</sub>O del coque de petróleo, los GLP, los gases siderúrgicos, el gas manufacturado (en este caso asimilado a otros combustibles gaseosos) y el biogás.

API Compendium para el N<sub>2</sub>O del fuelóleo, del gasóleo y del gas natural ("*Uncontrolled boilers and heaters*")

(1) Calderas de potencia térmica nominal entre 50 y 300 MWt.

(2) Calderas de potencia térmica nominal < 50 MWt.

(3) El rango de factores de CO<sub>2</sub> indicado se ha obtenido por balance de masas a partir de las características facilitadas de los combustibles en cuestión en el periodo inventariado.

(4) Años 1990 y 1991 55 kg CO<sub>2</sub>/GJ; 1992 y siguientes: 56 kg CO<sub>2</sub>/GJ.

(5) Madera

(6) Residuos de madera

**Tabla 3.5.5.- Combustión industrial. Factores de emisión.  
Turbinas de gas**

	CO <sub>2</sub> (t/TJ)	CH <sub>4</sub> (kg/TJ)	N <sub>2</sub> O (kg/TJ)
Gasóleo	73	4	1,85
Fuelóleo	76	3	1,75
Gas natural	55-56 (1)	4	1,3
Propano	63,8	1	2,5

Fuente: Libro Guía EMEP/CORINAIR. Parte B. Capítulo 111, Tablas 24-30 y Capítulo 112, Tablas 5-10.

CITEPA, para el N<sub>2</sub>O del fuelóleo y los G.L.P.

API Compendium para el N<sub>2</sub>O del gasóleo (asimilado al factor de emisión de motores estacionarios) y del gas natural ("Uncontrolled turbines")

(1) Años 1990 y 1991 55 kg CO<sub>2</sub>/GJ; 1992 y siguientes: 56 kg CO<sub>2</sub>/GJ.

**Tabla 3.5.6.- Combustión industrial. Factores de emisión.  
Motores estacionarios**

	CO <sub>2</sub> (t/TJ)	CH <sub>4</sub> (kg/TJ)	N <sub>2</sub> O (kg/TJ)
Gasóleo	73	1,5	1,85
Fuelóleo	76	3	1,75
Gas natural	55-56 (1)	50	1,3

Fuente: Libro Guía EMEP/CORINAIR. Parte B. Capítulo 112, Tablas 7, 9 y 10.

CITEPA, para el N<sub>2</sub>O del fuelóleo.

API Compendium para el N<sub>2</sub>O del gasóleo ("Large Bore Diesel Engine") y del gas natural ("4 Cycle – Lean Burn Engine")

(1) Años 1990 y 1991 55 kg CO<sub>2</sub>/GJ; 1992 y siguientes: 56 kg CO<sub>2</sub>/GJ.

**Tabla 3.5.7.- Combustión industrial. Factores de emisión.  
Hornos**

	CO <sub>2</sub> (t/TJ)	CH <sub>4</sub> (kg/TJ)	N <sub>2</sub> O (kg/TJ)
Gasóleo	73	1,5 – 4	1,5
Fuelóleo	76	0,7 – 5	1,75
G.L.P.	65	0,9 – 1	2,5
Coque de petróleo	98,3	0,3 – 1,5	2,5
Gas de refinería	54,1	2,5	1,75
Hulla y antracita	99,42 101	1 – 3 15 (5) 50 (6)	1,4 – 3
Coque	105	0,5 - 1,5 15 (5) 50 (6)	1,4 – 3
Gas de coquería	41,3-45 (1)	2,5 257 (6)	1,75
Gas de horno alto	242,9-293,5 (1)	0,3 257 (6)	1,75
Gas de acería	181,3-184,4 (1)	0,3	2,5
Gas natural	55-56 (2)	1 - 4 14 (6)	2,5
Madera/Res. de madera	110	0,2 - 32	4
Harinas animales	110	0,2	4
Residuos industriales	84 (3) 73 (4)	1	2,5

Fuente: Libro Guía EMEP/CORINAIR. Parte B. Capítulos 323 a 3323; Capítulo 112, Tablas 7, 9 y 10, y Capítulo 111, Tablas 27, 29 y 30

Manual de Referencia 1996 de IPCC, tabla 1-1, para el CO<sub>2</sub> de la biomasa

CITEPA, para el N<sub>2</sub>O excepto los combustibles biomasa.

Manual de Referencia 1996 de IPCC, Tabla 1-8, para el N<sub>2</sub>O de la biomasa.

Manual de Referencia 1996 de IPCC, Tabla 1-17, para el CH<sub>4</sub> de los hornos de cemento y cal (excepto biomasa).

(1) El rango de factores de CO<sub>2</sub> indicado se ha obtenido por balance de masas a partir de las características facilitadas de los combustibles en cuestión en el periodo inventariado.

(2) Años 1990 y 1991 55 kg CO<sub>2</sub>/GJ; 1992 y siguientes: 56 kg CO<sub>2</sub>/GJ.

(3) Neumáticos y disolventes residuales

(4) Aceites usados

(5) Hornos de yeso. Libro Guía EMEP/CORINAIR. Capítulo 324. Tabla 2

(6) Hornos de sinterización. Libro Guía EMEP/CORINAIR. Capítulo 331. Tabla 8.2a.



**Tabla 3.5.8.- Combustión industrial. Factores de emisión.  
Maquinaria industrial**

	CO <sub>2</sub> (t/t)	CH <sub>4</sub> (kg/t)	N <sub>2</sub> O (kg/t)
Gasóleo	3,138	0,170	0,0864

Fuente: CO<sub>2</sub>: Libro Guía EMEP/CORINAIR. Parte B. Capítulo 810, ecuación (2).

CH<sub>4</sub>: Libro Guía EMEP/CORINAIR. Parte B. Capítulo 810, Tabla 8.1.

N<sub>2</sub>O: Manual CORINAIR, parte 9, para el gasóleo (se indica 2 g/GJ, con un PCI de 43,2 GJ/t)

**Tabla 3.5.9.- Combustión en otros sectores. Factores de emisión.  
Calderas**

	CO <sub>2</sub> (t/TJ)	CH <sub>4</sub> (kg/TJ)	N <sub>2</sub> O (kg/TJ)
Gasóleo	73	3,5	0,7
Fuelóleo	76	7	1,5
G.L.P.	65	1,5	2,5
Coque de petróleo	98,3	225	2,5
Gas de refinería	55	2,5	1,5
Hulla y antracita	101	450	1,4
Lignito negro	99,42	450	1,4
Aglomerados de hulla	101	450	3
Gas manufacturado	52	5	2,5
Gas natural	55-56 (1)	2,5	0,9
Madera/Res. de madera	110	320	4
Carbón vegetal	110	450	1
Residuos agrícolas	110	320	4
Biogás	112	2,5	1,75

Fuente: Libro Guía EMEP/CORINAIR. Parte B. Capítulo 112, Tablas 7, 9 y 10, y Capítulo 111, Tablas 27, 29 y 30

Manual de Referencia 1996 de IPCC, tabla 1-1, para el CO<sub>2</sub> de la biomasa

Manual de Referencia IPCC (Tabla 1-8) para el N<sub>2</sub>O de la hulla y antracita, lignito negro, madera y residuos de madera, carbón vegetal y residuos agrícolas.

CITEPA, para el N<sub>2</sub>O del coque de petróleo, los GLP, el gas manufacturado (en este caso asimilado a otros combustibles gaseosos) y del biogás.

API Compendium para el N<sub>2</sub>O del fuelóleo, del gasóleo y del gas natural ("Uncontrolled boilers and heaters")

(1) Años 1990 y 1991 55 kg CO<sub>2</sub>/GJ; 1992 y siguientes: 56 kg CO<sub>2</sub>/GJ.

**Tabla 3.5.10.- Combustión en otros sectores. Factores de emisión.  
Turbinas de gas**

	CO <sub>2</sub> (t/TJ)	CH <sub>4</sub> (kg/TJ)	N <sub>2</sub> O (kg/TJ)
Gasóleo	73	4	1,85
Fuelóleo	76	3	1,75
Gas natural	55-56 (1)	4	1,3

Fuente: Libro Guía EMEP/CORINAIR. Parte B. Capítulo 112, Tablas 7, 9 y 10.

CITEPA, para el N<sub>2</sub>O del fuelóleo.

API Compendium para el N<sub>2</sub>O del gasóleo (asimilado al factor de emisión de motores estacionarios) y del gas natural ("Tabla C1 – Uncontrolled turbines")

(1) Años 1990 y 1991 55 kg CO<sub>2</sub>/GJ; 1992 y siguientes: 56 kg CO<sub>2</sub>/GJ.

**Tabla 3.5.11.- Combustión en otros sectores. Factores de emisión.  
Motores estacionarios**

	CO <sub>2</sub> (t/TJ)	CH <sub>4</sub> (kg/TJ)	N <sub>2</sub> O (kg/TJ)
Queroseno	73	4	2
Gasóleo	73	1,5	1,85
Fuelóleo	76	3	1,75
Gas natural	55-56 (1)	50	1,3

Fuente: Libro Guía EMEP/CORINAIR. Parte B. Capítulo 112, Tablas 7, 9 y 10.

CITEPA, para el N<sub>2</sub>O del fuelóleo.

API Compendium para el N<sub>2</sub>O del gasóleo (Tabla C1. *Large Bore Diesel Engine*) y del gas natural ("Tabla C1. *4 Cycle – Lean Burn*")

(1) Años 1990 y 1991 55 kg CO<sub>2</sub>/GJ; 1992 y siguientes: 56 kg CO<sub>2</sub>/GJ.

**Tabla 3.5.12.- Combustión en otros sectores. Factores de emisión.  
Maquinaria agrícola y forestal**

	CO <sub>2</sub> (t/t)	CH <sub>4</sub> (kg/t)	N <sub>2</sub> O (kg/t)
Gasolina	3,183	6,170	0,0781
Gasóleo	3,138	0,170	0,0864

Fuente: CO<sub>2</sub>: Libro Guía EMEP/CORINAIR. Parte B. Capítulo 810, ecuación (2).

CH<sub>4</sub>: Libro Guía EMEP/CORINAIR. Parte B. Capítulo 810, Tablas 8.1 y 8.2.

N<sub>2</sub>O: Manual CORINAIR, parte 9, para el gasóleo (se indica 2 g/GJ, con un PCI de 43,2 GJ/t); para la gasolina se ha asimilado el factor de emisión al factor implícito del tráfico por carretera en el año 1990 (1,76 g/GJ, con un PCI de 44,37 GJ/t)

**Tabla 3.5.13.- Combustión en otros sectores. Factores de emisión.  
Pesca marítima**

	CO <sub>2</sub> (t/t)	CH <sub>4</sub> (kg/t)	N <sub>2</sub> O (kg/t)
Gasóleo	3,138	0,095	0,080

Fuente: CO<sub>2</sub>: Libro Guía EMEP/CORINAIR. Parte B. Capítulo 810, ecuación (2).

CH<sub>4</sub>: Estudio "Marine Exhaust Emissions Research Programme", asumiendo para los COV un contenido de metano del 5%.

N<sub>2</sub>O: Libro Guía EMEP/CORINAIR (edición agosto 2002). Parte B, Capítulo 842, Tabla 8.2

### 3.5.3 INCERTIDUMBRE Y COHERENCIA TEMPORAL

Uno de los rasgos más destacables en la caracterización de la incertidumbre de esta fuente clave es la heterogeneidad de actividades y tipos de combustible que combina, cada una lógicamente con sus incertidumbres propias que deben ser adecuadamente ponderadas para estimar la incertidumbre del agregado, tanto de la variable de actividad como de los factores de emisión.

Para los combustibles sólidos, se estima que la incertidumbre de la variable de actividad se sitúa en torno al 12% como resultado de promediar las incertidumbres, comparativamente más reducida, de los consumos de este tipo de combustibles en los sectores industriales en los que la información generalmente procede de datos de empresa o de agregados sectoriales facilitados por las asociaciones

correspondientes, con los de la combustión residencial, comercial e institucional notablemente menos precisos. Un procedimiento similar de estimación se ha realizado para la incertidumbre de los factores de emisión, considerando, por un lado, la incertidumbre del contenido de carbono de los combustibles, y por otro la del factor de oxidación. Como resultado se estima que la incertidumbre se sitúa en torno al 15% para el agregado de los factores de emisión.

Para los combustibles líquidos, dado el nivel de agregación, se asume una incertidumbre de la variable de actividad relativamente moderada del orden del 10%, ya que esta partida se considera estimada con un grado aceptable de precisión para el conjunto de la industria, aunque el nivel de precisión es más reducido para los sectores no industriales. En cuanto al factor de emisión, y dada la menor variación de las características de este tipo de combustibles se estima que la incertidumbre puede estar en torno al 3,5%.

En cuanto a los combustibles gaseosos, que contempla únicamente el gas natural, la incertidumbre de la variable de actividad es relativamente reducida dado el mejor nivel informativo existente sobre el desglose sectorial de esta fuente energética, lo que permite situar la incertidumbre en torno al 5%; y por lo que respecta al factor de emisión, la incertidumbre se sitúa en un 1,5% de acuerdo con la precisión elevada del contenido de carbono y factor de oxidación de este combustible.

Por lo que a la coherencia temporal se refiere de la variable de actividad, se asume que la parte dominante de la combustión industrial tiene asociada un elevado grado de coherencia, al provenir la información sobre los consumos de combustibles de fuentes homogéneas con un alto grado de cobertura sectorial e incluso a nivel individualizado de planta. Por otra parte, para la combustión estacionaria no industrial, y aunque los datos de consumo provienen de los balances energéticos nacionales publicados por la AIE y EUROSTAT, la erraticidad mostrada por las series no siempre ha podido ser adecuadamente justificada. Finalmente, la parte correspondiente a la maquinaria móvil, que se ha determinado con ayuda de patrones de actividad (véase apartado 3.5.2) se considera que poseen también un buen nivel de coherencia temporal.

#### 3.5.4 CONTROL DE CALIDAD Y VERIFICACIÓN

Dentro de las actividades de control de calidad se ha realizado la contrastación de la información sobre variables de actividad, tanto en los sectores en que se obtiene la información vía cuestionario individualizado (siderurgia integral, fabricación de aluminio primario, producción de pasta de papel) como en aquellos en que la información facilitada por las asociaciones empresariales relevantes viene desglosada por provincia (como por ejemplo cemento, cal, ladrillos y tejas. Para los primeros se analizan tanto los datos sobre cantidades de combustibles consumidas como las características específicas de los mismos para cada planta; mientras que en los segundos, se hace especial hincapié en la coherencia de las series de

consumos, estudiándose en su caso los posibles valores atípicos. Adicionalmente, para determinadas actividades, especialmente de la industria metalúrgica, se han cotejado los requerimientos energéticos por unidad de producto fabricado referidos en la literatura (BREFs de IPPC, EMEP/CORINAIR) con los ratios empíricos resultantes de la explotación de la información de base del inventario, y en caso de existir discrepancias notables se han investigado las causas potenciales y, eventualmente, revisado las series de consumo energéticos.

### 3.5.5 REALIZACIÓN DE NUEVOS CÁLCULOS

A continuación se detalla las modificaciones realizadas en la estimación de las emisiones de las categorías de esta fuente clave con respecto a la edición anterior del inventario.

- El cambio de alcance más relevante es la revisión sistemática que se hace del balance de combustibles que se utiliza específicamente para el inventario de emisiones. Varias son las causas que motivan esta revisión. En primer lugar, debe reseñarse que, debido a la tardía disponibilidad del balance nacional de combustibles (cuestionarios internacionales remitidos a la AIE y EUROSTAT), las cantidades asignadas de consumos de combustibles en ciertas actividades tuvieron que ser proyectadas para el último año de la edición anterior del inventario (pues no se disponía de información directa para las mismas), y que en la edición actual han sido revisadas de la nueva información disponible de dichas estadísticas. Por otro lado, y para el conjunto del periodo 1990-2003 se ha efectuado una re-estimación de los consumos de combustibles imputables a cogeneración, según información facilitada por el IDAE, ya que en los datos facilitados por este instituto para la edición anterior del inventario se detectó un error en la conversión de unidades que afectaba en gran medida a la consumos de gas natural.
- En 2005 la Secretaría del Convenio Marco sobre Cambio Climático (SCMCC) notificó a España la realización de un ejercicio de análisis sobre ajuste potencial en los factores de emisión de CO<sub>2</sub> en el uso de combustibles sólidos en determinadas sub-categorías (1A2c, Industria química; 1A2d, Papel, pasta de papel y artes gráficas; 1A2e, Alimentación, bebidas y tabaco; y 1A2f, Otros) dentro de la categoría 1A2, Combustión en la industria manufacturera y de construcción. El motivo de esta notificación era que los valores de los factores de emisión implícitos para los combustibles sólidos se habían identificado como valores atípicos, encontrándose además entre los más altos de los informados por los distintos países. Ante el requerimiento de información al respecto España informó que en correspondencia con ese factor de emisión implícito se encontraba una gran variedad de combustibles que incluía: carbón coquizable, carbones bituminoso y sub-bituminoso, coque de carbón, gases derivados de carbón (gas de coquería, gas de horno alto y gas manufacturado). En la explicación facilitada por España se apuntaba que de todos estos combustibles

eran los carbones bituminosos y sub-bituminosos los que presumiblemente provocaban valores atípicos no justificados en los factores de emisión implícitos. En efecto, los valores utilizados de los factores de CO<sub>2</sub> en las sub-categorías antes mencionadas eran de 112 Mg/TJ para el carbón bituminoso y 119 Mg/TJ para el sub-bituminoso, deducidos a partir de información de los carbones utilizados en las centrales térmicas ante la ausencia de información específica sobre las características de los carbones consumidos en las citadas sub-categorías de 1A2. Ante la justificación dada por España, el equipo comisionado por la SCMCC propuso que en lugar de aquellos factores se utilizara un valor común igual al correspondiente factor de emisión implícito de los combustibles sólidos utilizados por las centrales térmicas en el año base 1990 (99,42 Mg/TJ). Este factor ha sido utilizado en esta edición del inventario uniformemente a lo largo de la serie 1990-2004 para las cuatro sub-categorías más arriba citadas.

- Otro cambio relevante ha sido el de la conversión de los factores de emisión que, en determinados procesos de la metalurgia no férrea, venían expresados en términos de masa de contaminante por cantidad de producto obtenido a figurar ahora expresados en términos de masa de contaminante por unidad de energía (GJ de PCI) de cada combustible utilizado en los procesos. Este cambio favorece una interpretación más natural al asociar la emisión de gases típicos de la combustión al consumo de combustibles utilizados, sin pasar por la cantidad de producto obtenida en los hornos.
- Se ha revisado la serie de consumo de combustibles en los hornos de fabricación de ladrillos y tejas, para enlazar de manera más homogénea los consumos de coque de petróleo y fuelóleo del periodo 1990-1999 con los del periodo 2000-2003, que en la edición anterior del inventario presentaban tendencias dispares entre ambos periodos. Asimismo, para las instalaciones de cogeneración en este sector se ha reestimado la mezcla de combustibles y el tipo de instalaciones en los que se consumen (antes estaban asignados a calderas y turbinas, mientras que con la nueva información disponible quedan asociados a motores estacionarios).
- En la fabricación de materiales cerámicos, la asociación sectorial ASCER ha revisado la cifra de consumo de gas natural del año 2003. Adicionalmente se ha revisado en el periodo 2000-2003 el consumo de productos derivados del petróleo de acuerdo con requerimientos energéticos facilitados asimismo por ASCER, si bien el consumo de los derivados del petróleo en esta actividad resulta marginal (especialmente comparado con el de gas natural).
- En la fabricación de cemento, se han incorporado a esta edición del inventario los cambios en los consumos del carbón de importación, coque de petróleo, fuelóleo, disolventes residuales y harinas animales correspondientes al año

2003, de acuerdo con la información facilitada para esta edición del inventario por la asociación empresarial OFICEMEN.

- Para los motores de riego se han actualizado para todo el periodo 1990-2003 los consumos de gasóleo como consecuencia, por una parte, de la revisión realizada de las superficies de regadío de acuerdo con la nueva información disponible del MAPA; y por otra de la corrección de los ratios de consumo de combustible por hectárea, para subsanar un error en la asignación de los factores de consumos provinciales.
- Se ha modificado el consumo de combustibles en la maquinaria forestal como consecuencia de la revisión efectuada en la información de base a partir de la cual se estima dicho consumo. La disponibilidad en la presente edición de estadísticas oficiales para el año 2002 ha motivado una rectificación del dato estimado de hectáreas repobladas y volumen de madera cortada para 2002, así como de la reestimación de este último dato para el año 2003.
- Modificación de la variable de actividad para la maquinaria móvil agrícola. En la presente edición del inventario, la consulta a expertos del sector ha originado una revisión tanto de los factores de ajuste de parque registrado a parque activo como de los factores de consumo empleados para cada tipo de maquinaria móvil. Esta revisión, unida a una corrección de las horas totales en funcionamiento de los tractores<sup>12</sup>, ha tenido como consecuencia la modificación de la estimación del consumo de gasóleo y sus correspondientes emisiones en toda la serie 1990-2003.
- Modificación del consumo de gasóleo estimado para combustión estacionaria en motores agrícolas (con exclusión de los motores de riego). El consumo de gasóleo en estos motores estacionarios se calcula a partir de un porcentaje del consumo estimado en la maquinaria móvil agrícola. Así, los elementos que han influido en la modificación del consumo han sido por un lado la revisión de las cantidades consumidas en maquinaria móvil (véase punto anterior) y la modificación del porcentaje asignado a fuentes fijas, pasando del 5% en la edición anterior del inventario al 10% en la edición actual.
- Revisión de las características del gas natural consumido en los sectores residencial, comercial, institucional y agrícola. En la edición actual se han aplicado los poderes caloríficos medios anuales facilitados por la principal empresa de transporte de gas natural para el cálculo del factor de paso de energía en poder calorífico superior (unidades originales de la información de base) a energía en poder calorífico inferior (unidades energéticas en que

---

<sup>12</sup> Las horas anuales de operación para tractores contemplan tanto las horas invertidas en labores agrícolas como el tiempo de los desplazamientos. En la edición pasada del inventario se aplicó un factor incorrecto para elevar el tiempo en operaciones de labor a tiempo total.

aparecen referidos los factores de emisión). En ediciones pasadas se consideraba un factor de conversión por defecto, que se mantenía constante a lo largo del periodo inventariado.

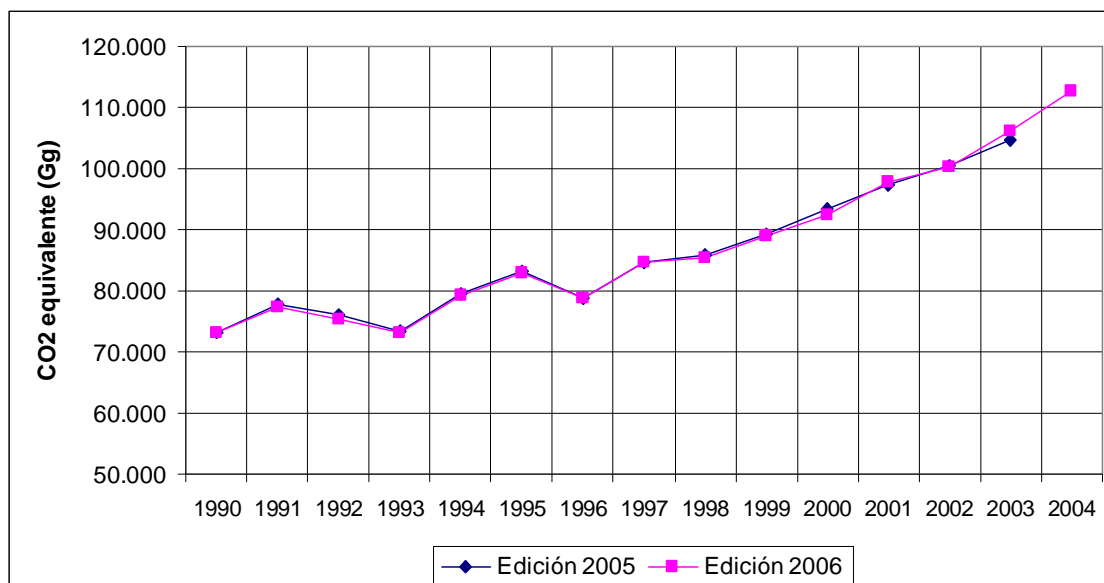
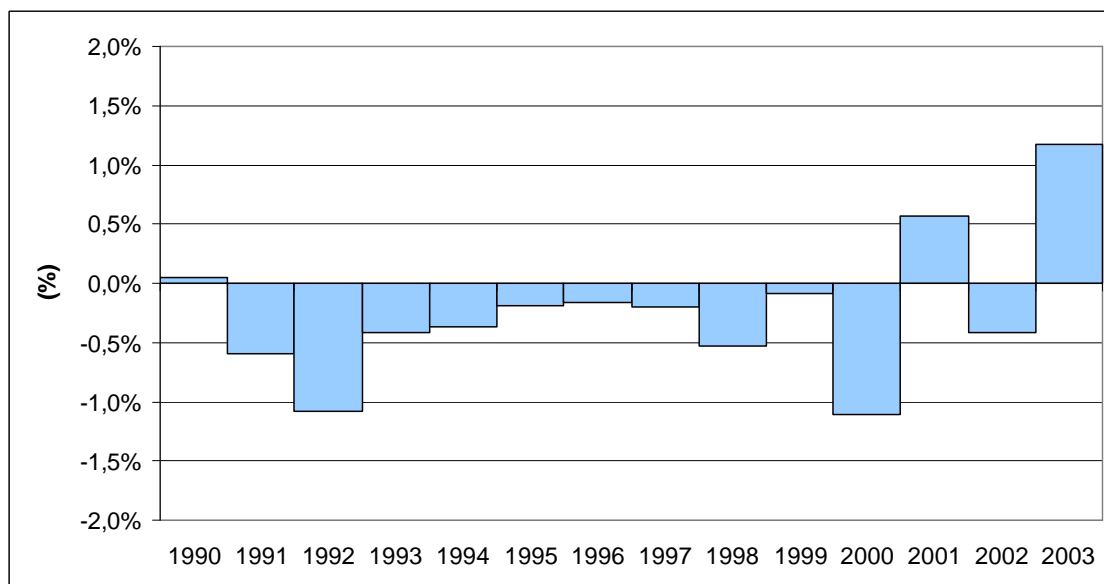
- Revisión de las series de consumos por tipo de combustible en las instalaciones de combustión estacionaria del sector agrícola, excluidos los motores. La representación gráfica de las series de consumos procedentes de los balances energéticos de organismos internacionales como la AIE o EUROSTAT<sup>13</sup> muestran elevadas fluctuaciones que se consideran espúreas. Estas evoluciones anómalas, observadas en el queroseno, fuelóleo y gas natural, fueron suavizadas mediante algoritmos de interpolación y/o extrapolación<sup>14</sup>, ya que así los resultados quedan depurados de erraticidades sin causa aparente.

La comparación de resultados de las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente de esta fuente clave entre las ediciones actual y anterior del inventario se muestra en términos de valores absolutos en la figura 3.5.2 y en términos relativos (diferencia porcentual) en la figura 3.5.3. Como puede observarse en esta última figura, la variación relativa de las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente como consecuencia de los nuevos cálculos efectuados en esta categoría es inferior, en términos absolutos, al 1% con las excepciones de los años 1992, 2000 y 2003 en el que la variación porcentual se sitúa por encima del 1,1%.

---

<sup>13</sup> Fuentes de referencia consultadas para la elaboración del balance del inventario nacional por lo que respecta a este sector, excluyendo la parte estimada de gasóleo.

<sup>14</sup> Queroseno: interpolación entre 1991 y 1995 y extrapolación en 1990; fuelóleo: interpolación entre 1992 y 2001; gas natural: interpolación entre 1998 y 2002.

**Figura 3.5.2.- Emisiones de CO<sub>2</sub>-eq. Comparación Eds 2006 vs 2005****Figura 3.5.3.- Emisiones de CO<sub>2</sub>-eq. Diferencia porcentual Eds 2006 vs 2005**

### 3.5.6 PLANES DE MEJORA

Una primera línea de actuación en los planes de mejora es la de continuar y profundizar con el acceso a información individualizada por planta en determinados sectores de la metalurgia no férrea en los que el número de plantas existentes es reducido y por tanto el balance coste/beneficio del tratamiento de la información por



planta es positivo (se trata de las actividades de fabricación de zinc primario, plomo secundario y cobre primario y secundario).

Otra línea de mejora es la exploración de potenciales sub-sectores industriales que realicen operaciones cautivas de producción de cal no investigados hasta ahora (azucareras, fundición de cobre, carburo cálcico), y que al no entrar en los circuitos comerciales, pudieran estar dando lugar a una infravaloración de los consumos de combustibles y de las emisiones asociados a esta actividad.

Por último, si bien este planteamiento requerirá un horizonte de ejecución temporal mayor, se está planteando mejorar la información básica sobre consumos de biomasa así como la tipificación de sus clases por cuanto son relevantes para la determinación de las características de poderes caloríficos y factores de emisión.

### **3.6 TRÁFICO AÉREO NACIONAL (1A3a)**

#### **3.6.1 DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD**

En esta categoría se recogen las actividades de transporte efectuadas por las aeronaves en el ámbito nacional. Se distinguen dos tipos de operaciones: a) ciclos de aterrizaje-despegue (CAD) realizados en los aeropuertos y b) navegación de crucero. Los CAD comprenden a su vez las operaciones de aterrizaje (por debajo de 1000 m. de altura), las maniobras que realiza el avión hasta llegar al punto de desembarque, las maniobras que realiza el avión desde el punto de embarque hasta la cabecera de pista y el despegue (de nuevo hasta alcanzar los 1000 m. de altura).

En la tabla 3.6.1 se muestran las emisiones de CO<sub>2</sub> siendo este el gas que confiere a esta fuente su naturaleza de clave. En la tabla 3.6.2 se complementa la información anterior incluyendo las emisiones asociadas por combustión de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O, y expresando el conjunto de las emisiones de los tres gases en términos de CO<sub>2</sub> equivalente. En esta misma tabla se presentan el índice de evolución temporal (base 100 año 1990) de las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente, y las contribuciones de las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente de esta categoría sobre el total del inventario y del sector "Energía".

**Tabla 3.6.1.- Emisiones de CO<sub>2</sub>**  
(cifras en Gg)

1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
4.135	3.308	5.497	5.470	5.091	5.340	5.890

**Tabla 3.6.2.- Emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente: valores absolutos, índices y ratios**

	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
CO <sub>2</sub> -eq (Gg)	4.177	3.342	5.552	5.526	5.142	5.395	5.950
Índice CO <sub>2</sub> -eq	100,0	80,0	132,9	132,3	123,1	129,1	142,4
% CO <sub>2</sub> -eq sobre total	1,45	1,05	1,45	1,44	1,28	1,32	1,39
% CO <sub>2</sub> -eq sobre energía	1,96	1,39	1,92	1,89	1,65	1,72	1,78

### 3.6.2 METODOLOGÍA

Para realizar la estimación de las emisiones en esta categoría se ha aplicado el enfoque metodológico de nivel 2a propuesto por IPCC<sup>15</sup>. En la selección del método se han seguido los criterios expuestos en la Guía de Buenas Prácticas de IPCC, figura 2.8, según los cuales la disponibilidad de información agregada de los movimientos de aeronaves determinaría la elección del nivel en cuestión. Dicha información aparece publicada en las estadísticas de tráfico aéreo elaboradas por el Ministerio de Fomento<sup>16</sup> para cada aeropuerto y segmento, doméstico o internacional<sup>17</sup>.

Para la estimación de los consumos de combustibles diferenciados por tipo de operación y segmento, se ha partido de los datos que figuran en los cuestionarios internacionales de productos petrolíferos remitidos por el Ministerio de Economía a los organismos internacionales, AIE y EUROSTAT<sup>18 19</sup>. A partir de la información de base, donde se distingue entre segmento doméstico e internacional, se estima el consumo de combustibles en operaciones de aterrizaje y despegue, asignando a la navegación de crucero el remanente.

El cálculo de los consumos imputables a los CAD se efectúa determinando para cada aeropuerto civil nacional un factor medio anual de consumo (volumen total de combustibles consumidos por CAD) derivado de una distribución del tráfico existente por tipo de aviones.

<sup>15</sup> "IPCC Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories", apartado 2.5.

<sup>16</sup> "Tráfico comercial en los aeropuertos españoles", Dirección General de Aviación Civil (DGAC), Ministerio de Fomento.

<sup>17</sup> No se incluyen el tráfico militar, de estado, privados o trabajos aéreos.

<sup>18</sup> El organismo nacional responsable de la cumplimentación de los cuestionarios de productos petrolíferos no facilita el consumo desglosado por actividades socioeconómicas a partir del año de referencia 2001. Por esta razón, se ha adoptado la información disponible en los balances energéticos de la AIE para el periodo 2001-2004.

<sup>19</sup> Para el último año del periodo inventariado al no disponer de estadísticas nacionales o internacionales se efectúa una proyección del consumo aplicando un factor de elevación basado en el número de CAD.

La entidad pública empresarial encargada de la explotación de los aeropuertos civiles y control de la navegación aérea, AENA<sup>20</sup>, desarrolló para el periodo 1996-1998 un estudio exhaustivo de los tipos de aviones que aterrizaban y despegaban de cada aeropuerto, distinguiendo su carácter doméstico o internacional. Para asignar unos ratios de consumo se consultó la base de datos diseñada por ICAO<sup>21</sup> relativa a emisiones de escape y consumos por tipo de motor en las distintas operaciones de CAD. En la tarea efectuada para integrar la información de ambas fuentes, nacional e internacional, se contó con la importante colaboración de la Unidad de Planificación de Flotas y Medio Ambiente de la compañía IBERIA, lo que permitió establecer para cada una de las denominaciones de avión contempladas por AENA, una clase de aeronave representativa identificada por ICAO<sup>22</sup>, a partir de un código IATA y una configuración de motores (número, modelos y representatividad en la clase) .

Para los años restantes del periodo inventariado, la recopilación informativa llevada a cabo por AENA resultó inviable dado el volumen de información solicitada. Por esa razón se ha decidido asumir en el año de referencia pertinente los factores medios por aeropuerto deducidos para el año más próximo en el cual sí estuvieran disponibles. Así, a partir de los ratios de consumo por CAD y aeropuerto se estima la cantidad agregada de combustible imputada para las operaciones de aterrizaje y despegue, mediante la fórmula:

$$Comb_{CAD,A}^t = NCAD_A^t \cdot FC_{CAD,A}^{t'} \quad \text{donde}$$

$$FC_{CAD,A}^{t'} = \sum_i \left( \frac{NAterrizaje_i^{t'} \cdot FC_{I,Aterrizaje}^{t'} + NDespegue_i^{t'} \cdot FC_{I,Despegue}^{t'}}{NAterrizaje_i^{t'} + NDespegue_i^{t'}} \right)$$

siendo:

A	=	aeropuerto civil nacional
t	=	año de referencia
t'	=	año cubierto por el estudio más próximo al año de referencia (es decir, 1996 si $t \leq 1996$ ; 1997 si $t = 1997$ ; 1998 si $t \geq 1998$ )
i, I	=	tipo de avión (denominación AENA) y clase representativa del tipo de avión, respectivamente
NCAD	=	Nº de CAD
NAterrizaje	=	nº de operaciones de aterrizaje

<sup>20</sup> AENA (Aeropuertos Españoles de Navegación Aérea)

<sup>21</sup> "Engine Exhaust Emissions Data Bank". Edición 1995. ICAO (International Civil Aviation Organization)

<sup>22</sup> Combinación de los datos presentes en "ICAO Aircraft Type Designators" y en "ICAO Engine Exhaust Emissions Data Bank"

NDespegue = nº de operaciones de despegue

FC = factor de consumo

Según ya se ha comentado, el consumo de combustible por navegación de crucero, ya sea en tráfico doméstico o internacional, se ha deducido restando a la cifra del cuestionario internacional las cantidades estimadas para CAD. En la tabla 3.6.3 se presentan los consumos de combustibles expresados en términos de energía, diferenciados por tipo de segmento (TJ de poder calorífico inferior).

**Tabla 3.6.3.- Consumo de combustibles**  
(cifras en TJ<sub>PCI</sub>)

Tipo	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
Gasolina aviación <i>del cual</i>			434	477	564	477	434
CAD			73	83	100	84	75
Crucero			360	394	464	393	359
Queroseno <i>del cual</i>	56.845	45.441	74.969	74.536	69.203	73.408	80.043
CAD	6.413	8.299	12.653	12.935	12.278	12.909	13.848
Crucero	50.432	37.142	62.316	61.601	56.925	60.500	66.194
<b>Total</b>	<b>56.845</b>	<b>45.441</b>	<b>75.403</b>	<b>75.013</b>	<b>69.766</b>	<b>73.885</b>	<b>80.476</b>

Aunque a un nivel de detalle en el balance de combustibles para el inventario nacional, y según se refleja en la tabla 3.6.3, se diferencia para el uso en aviación entre la gasolina de aviación y el queroseno, en el cálculo de las emisiones en CRF Reporter se ha agregado en un único tipo de combustible (queroseno) el total del consumo de ambos tipos para el periodo 1990-1996, dada la escasísima relevancia que tiene la gasolina de aviación con respecto al total. Además para este combustible se puede apreciar en la fuente original del balance energético de la AIE y de EUROSTAT la ausencia de dato en los años 1994 y 1995, lo que induce a pensar que en dichos años la gasolina de aviación pudiera estar incluida dentro de la partida de queroseno.

En la elección de los factores de emisión aplicados se ha diferenciado si el consumo se efectúa por navegación de crucero o por CAD y/o el contaminante. En el caso concreto del CO<sub>2</sub>, se ha aplicado el factor por defecto propuesto en el Manual de Referencia 1996 de IPCC, tabla 1-52, de 3,15 toneladas de CO<sub>2</sub> por tonelada de combustible.

### 3.6.3 INCERTIDUMBRE Y COHERENCIA TEMPORAL

La incertidumbre en el consumo doméstico de combustible se ha estimado del orden del 35% a partir de la información publicada en el documento elaborado por la UNFCCC sobre aviación, FCCC/TP/2003/3 (14 Nov 2003). Este valor viene derivado de la variación porcentual observada entre el dato obtenido mediante modelización, modelo AERO (32.642 TJ<sub>PCI</sub>) y la estimación de consumo realizada por el inventario (50.168 TJ<sub>PCI</sub>) para 1992, tomando dicha tasa como límite del rango que determina el intervalo de confianza al 95%. Los factores cualitativos que han determinado dicha

incertidumbre son la propia incertidumbre en la distinción de la fracción de la cantidad total asociada a aviación que es imputable al tráfico doméstico<sup>23</sup>, la naturaleza del dato socioeconómico facilitado en los cuestionarios (ventas o consumo), o la relación de las actividades contempladas (inclusión o no del tráfico militar).

Para el factor de emisión de CO<sub>2</sub> la incertidumbre asociada se ha evaluado en un 5% siguiendo las consideraciones contempladas en el capítulo 2, apartado 2.5.1.6, de la Guía de Buenas Prácticas de IPCC.

Con relación a la coherencia temporal de las series, se comenta que el consumo de combustible asignado a CAD se calcula para todo el periodo inventariado utilizando el mismo procedimiento de estimación. El consumo imputado a crucero viene determinado por el dato agregado disponible en las estadísticas, nacionales o internacionales, que se asumen coherentes entre sí.

#### 3.6.4 CONTROL DE CALIDAD Y VERIFICACIÓN

En el seguimiento del movimiento de aeronaves se han identificado en 2004 operaciones en cuatro nuevos aeropuertos (Albacete, Ceuta, Logroño y Torrejón) que no figuraban en las estadísticas de los años 1990-2003 utilizadas en la edición anterior del inventario y que, al no conocer con precisión el año de comienzo de las operaciones, no se han incorporado en la edición actual si bien serán considerados en futuras ediciones. En todo caso, el reducido nivel de actividad (inferior al 1%) de estos aeropuertos no produce un sesgo apreciable en la estimación de las emisiones de esta actividad.

#### 3.6.5 REALIZACIÓN DE NUEVOS CÁLCULOS

En la edición actual se ha efectuado una revisión del dato de actividad para 2003, al haberse actualizado el consumo de combustibles en la presente edición del inventario a las cantidades que figuran en el balance energético de la AIE (en la edición anterior del inventario los consumos correspondientes al año 2003 tenían carácter provisional al no estar disponible, durante la fase de elaboración del inventario, el cuestionario internacional de productos petrolíferos íntegramente cumplimentado, ni las estadísticas elaboradas por entidades internacionales tales como la AIE o EUROSTAT). Esta revisión conlleva un descenso en las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente en 2003 de 57 Gg, lo que supone una variación relativa de -1,05%.

---

23

En la tabla 1 del citado informe de UNFCCC sobre aviación, se aprecia que en la comparación de las cifras relativas al consumo total de combustible (suma de doméstico e internacional) estimadas por el inventario y las estimadas mediante modelización correspondientes al año 1992, la diferencia porcentual se reduce significativamente al 9%.

### 3.6.6 PLANES DE MEJORA

Se encuentra actualmente en proceso un proyecto de colaboración entre distintas entidades nacionales (Dirección General de Aviación Civil<sup>24</sup>) y organismos internacionales (EUROCONTROL) con el propósito de recopilar información de base más detallada y desarrollar una metodología avanzada para la estimación de las emisiones en el tráfico aéreo. En futuras ediciones se planea implantar en el inventario nacional los aspectos metodológicos e información derivada de este programa.

## 3.7 TRANSPORTE POR CARRETERA (1A3b)

### 3.7.1 DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD

En esta categoría se contemplan las emisiones de contaminantes debidas al tráfico de vehículos automóviles cuya finalidad principal es el transporte de viajeros o mercancías. No se incluyen aquí los conjuntos de vehículos autopropulsados que aunque realizan o pueden realizar un servicio de transporte se clasifican y utilizan preferentemente como maquinaria de uso industrial o agroforestal (estos vehículos son objeto de tratamiento en las categorías 1A2 y 1A4 respectivamente).

La fuente de emisión de contaminantes de este epígrafe es el consumo de combustibles: gasolina con o sin plomo, gasóleo y gases licuados del petróleo. En la tabla 3.7.1 se presentan las emisiones de gases de efecto invernadero de esta categoría por tipo de gas, mientras que en la tabla 3.7.2 se complementa la información anterior expresando el conjunto de las emisiones en términos de CO<sub>2</sub> equivalente. En esta misma tabla se presentan el índice de evolución temporal (base 100 año 1990) de las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente; las contribuciones de las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente de esta categoría sobre el total del inventario y del sector "Energía".

**Tabla 3.7.1.- Emisiones por tipo de gas**  
(cifras en Gg)

	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
CO <sub>2</sub>	50.442	60.341	77.055	80.840	83.014	87.095	90.369
CH <sub>4</sub>	11,32	11,22	10,20	10,26	9,59	9,48	8,99
N <sub>2</sub> O	2,19	3,57	6,03	6,56	7,00	7,51	7,99

<sup>24</sup> Con esta Dirección General colabora la Escuela Superior de Ingenieros Aeronáuticos de la Universidad Politécnica de Madrid.

**Tabla 3.7.2.- Emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente: valores absolutos, índices y ratios**

	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
CO <sub>2</sub> -eq (Gg)	51.360	61.684	79.139	83.089	85.386	89.622	93.035
Índice CO <sub>2</sub> -eq	100,0	120,1	154,1	161,8	166,3	174,5	181,1
% CO <sub>2</sub> -eq sobre total	17,89	19,40	20,60	21,61	21,24	21,96	21,74
% CO <sub>2</sub> -eq sobre energía	24,16	25,59	27,35	28,35	27,42	28,52	27,80

### 3.3.2 METODOLOGÍA

#### Variables de actividad

Las variables de actividad principales utilizadas en el cálculo de las emisiones del tráfico rodado son tres:

1. Las cifras de consumo de combustibles elaboradas por el equipo de trabajo de los inventarios tomando como base la información de las siguientes fuentes:

*“Energy Statistics of OECD Countries”* de la Agencia Internacional de la Energía

*“Energy Balance Sheets”* de EUROSTAT, y

*“Estadísticas de Consumo de Productos Petrolíferos”* de la Subdirección General de Hidrocarburos del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.

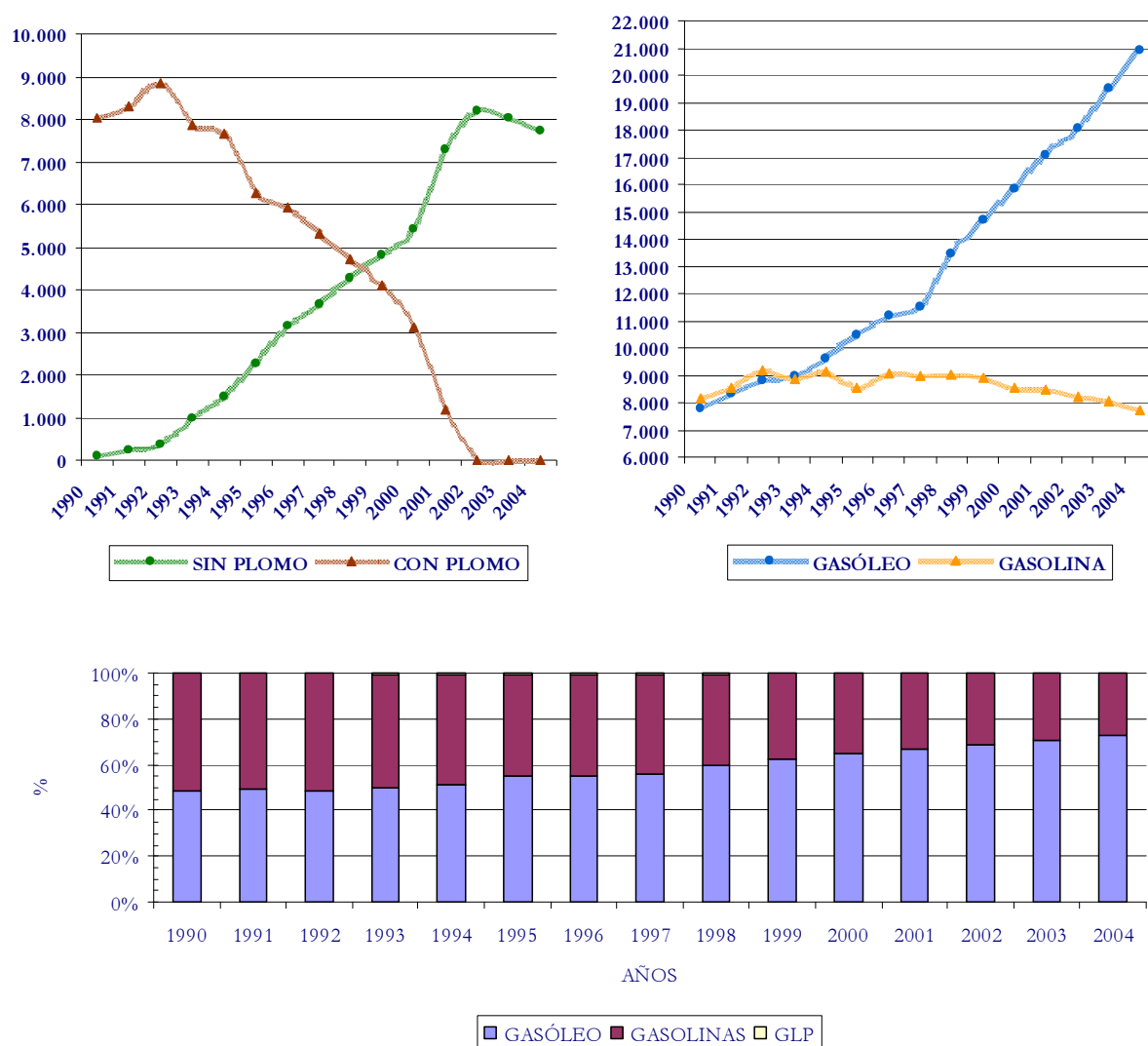
2. Las cifras oficiales del parque registrado de vehículos, distribuido por categorías, edades, cilindradas y carga útil, publicadas en el *Anuario estadístico* de la Dirección General de Tráfico del Ministerio del Interior.
3. Las cifras de recorridos desglosados por categoría de vehículos y realizados en las redes de carreteras por las que se circula en las pautas interurbana y rural, cuales son: la red de interés general del Estado (RIGE), las redes de las Comunidades Autónomas y las redes de las Diputaciones; estas cifras son proporcionadas por la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento.

#### **Consumo de combustibles**

El aspecto más destacado de la evolución del consumo de combustibles habida a lo largo de los años objeto del inventario ha sido el crecimiento sostenido del consumo de gasóleo, que ha satisfecho por sí solo las necesidades derivadas del incremento de los recorridos de los vehículos. Así, mientras que el consumo de gasolinas ha permanecido en unos niveles estables iniciándose un descenso a partir del año 1998 (valores entre 8.000 y 9.000 kt, con la excepción del año 2004 donde se alcanza el mínimo de 7.714 kt), el gasóleo ha pasado de las 7.788 kt en el año 1990 a alrededor de 20.907 en el año 2004 (el consumo de gases licuados del

petróleo es marginal). Esto ha provocado una modificación de la distribución relativa de los consumos entre las gasolinas y el gasóleo yendo desde un reparto prácticamente igualitario en el año 1990 hasta alcanzar en el año 2004 una situación en la que el gasóleo representa casi las tres cuartas partes del consumo total, como puede verse en la figura 3.7.1 siguiente.

**Figura 3.7.1.- Consumo de gasolinas y gasóleo**  
(cifras en toneladas)

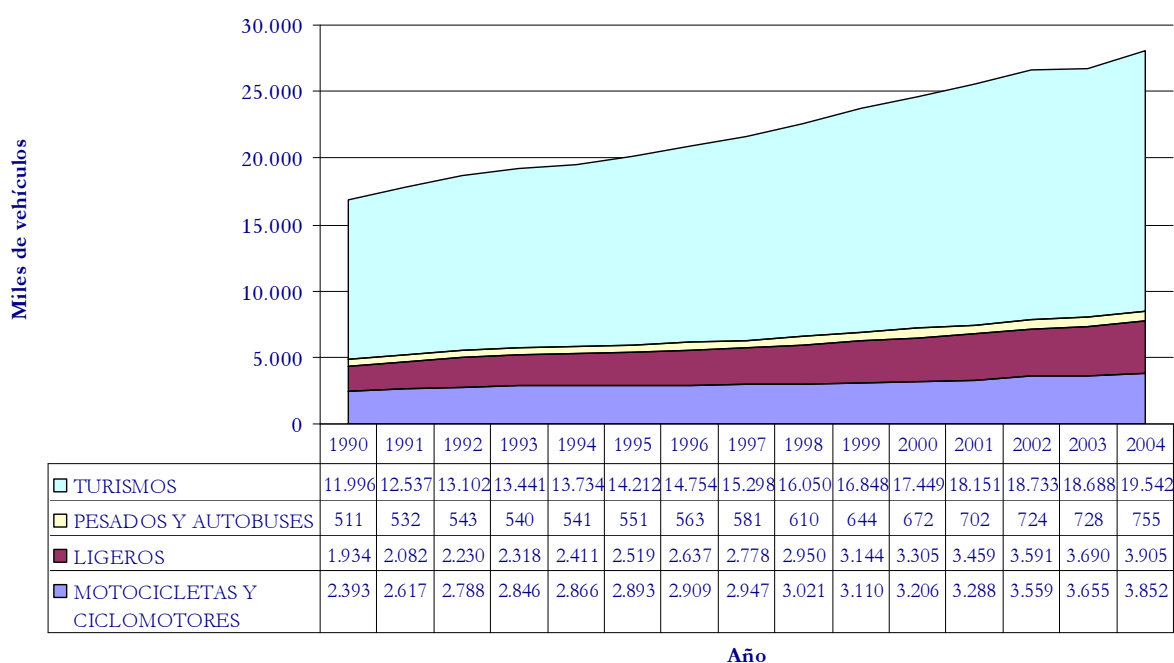




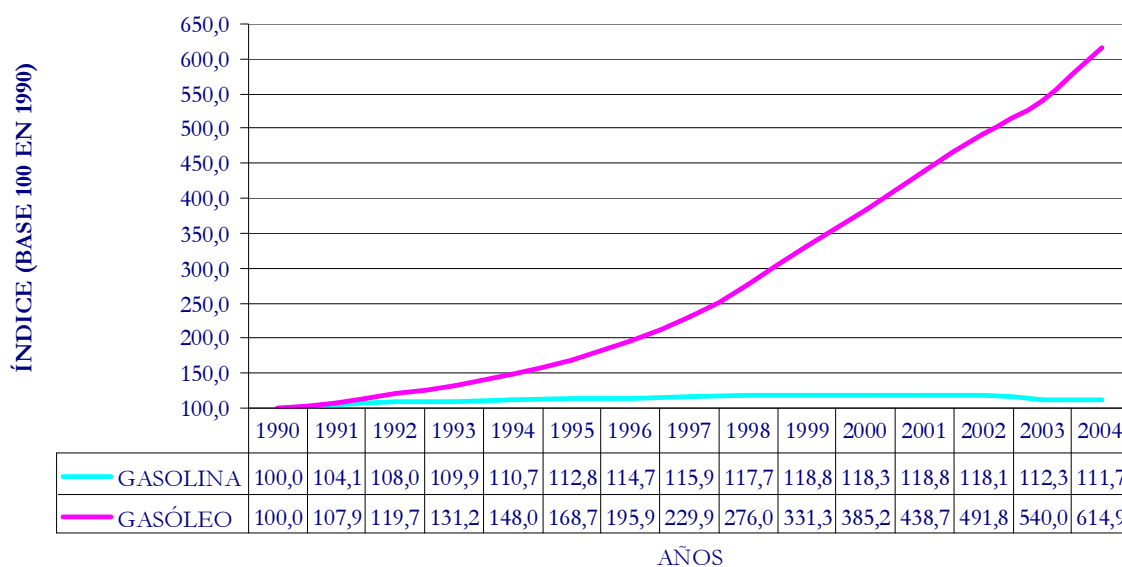
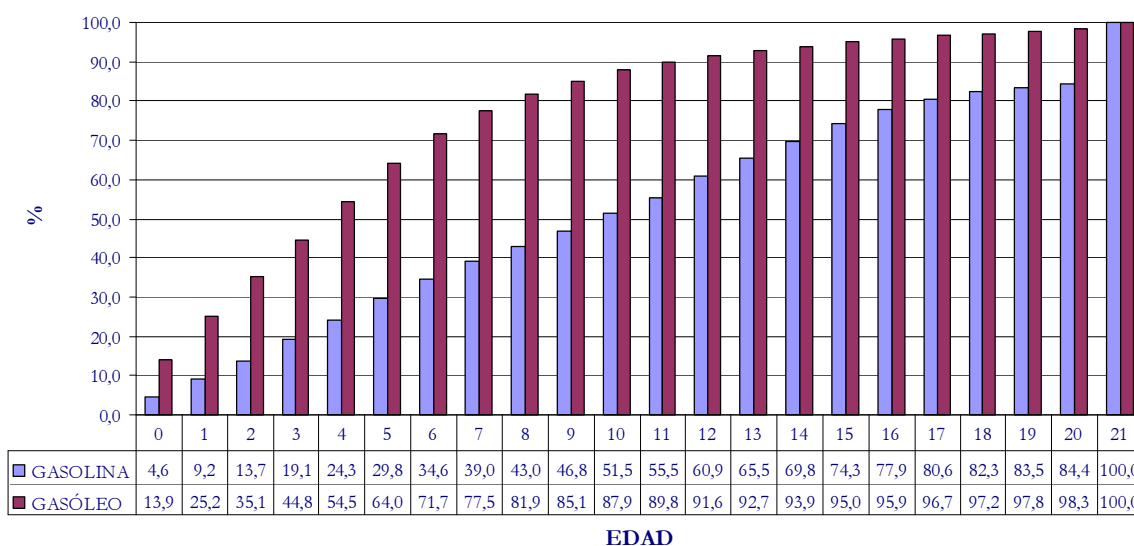
## Parque de vehículos

El parque registrado de vehículos ha experimentado un crecimiento notable entre los años 1990 y 2004. Según se puede ver en la figura 3.7.2 ha crecido entre un 48% y un 102%, dependiendo de la categoría de vehículos considerada: motocicletas y ciclomotores 61%, vehículos de carga ligeros 102%, vehículos pesados 48% y turismos 63%.

**Figura 3.7.2.- Parque de vehículos**



Si atendemos a la distribución por clase de combustible de los vehículos, en los turismos se manifiesta una gran disparidad en la evolución. El crecimiento de los turismos de gasolina, un 12%, aun siendo importante, no admite comparación con el habido en los de gasóleo, superior al 600%. Esta disparidad se manifiesta, consecuentemente, en la distribución por edades del parque, aspecto muy relevante en lo que respecta al cálculo de las emisiones, dando lugar a una mayor juventud de los turismos de gasóleo comparados con los de gasolina (la mediana de la distribución muestral de la edad de los turismos de gasóleo se sitúa entre los 3 y 4 años, mientras que en los de gasolina supera los 9 años) lo que es claramente coherente con la tendencia a la sustitución progresiva de la gasolina por el gasóleo experimentada en los últimos años (tanto la evolución del total de turismos, como la distribución por edades del año 2004 y combustible pueden verse en las figuras 3.7.3 y 3.7.4 que siguen).

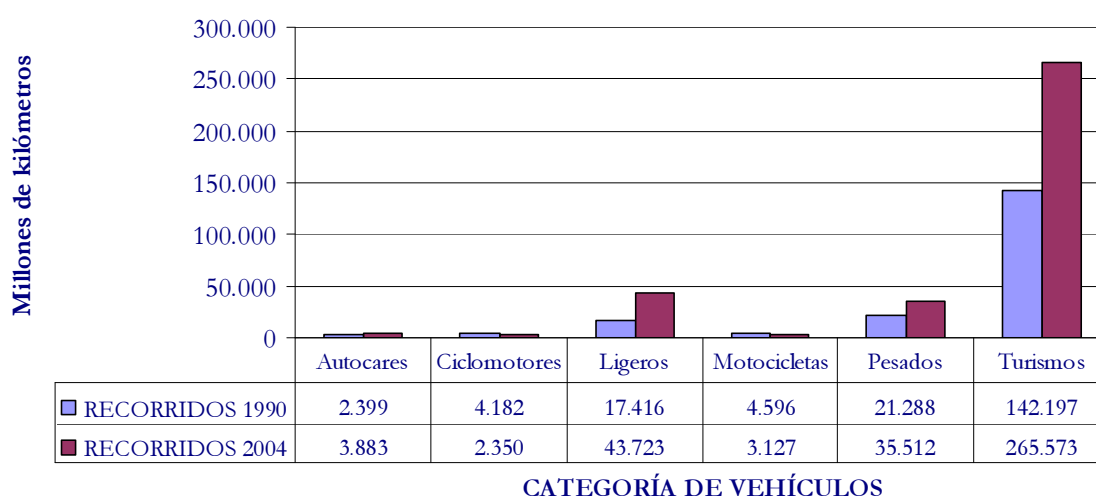
**Figura 3.7.3.- Evolución de los turismos según clase de combustible utilizado****Figura 3.7.4.- Antigüedad del parque de turismos del año 2004**

## Recorridos

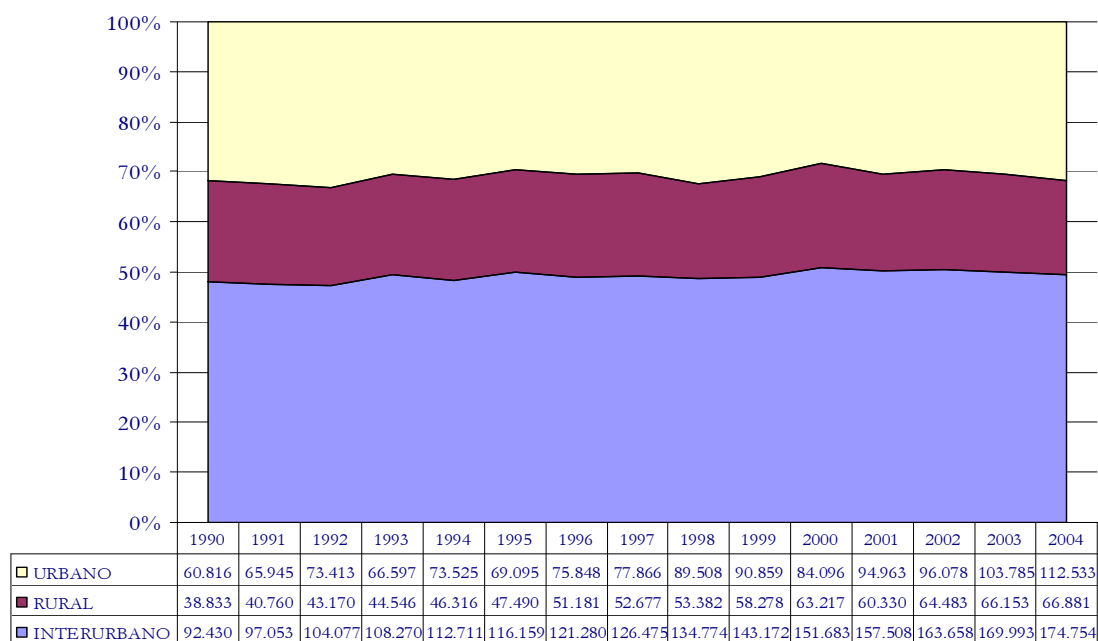
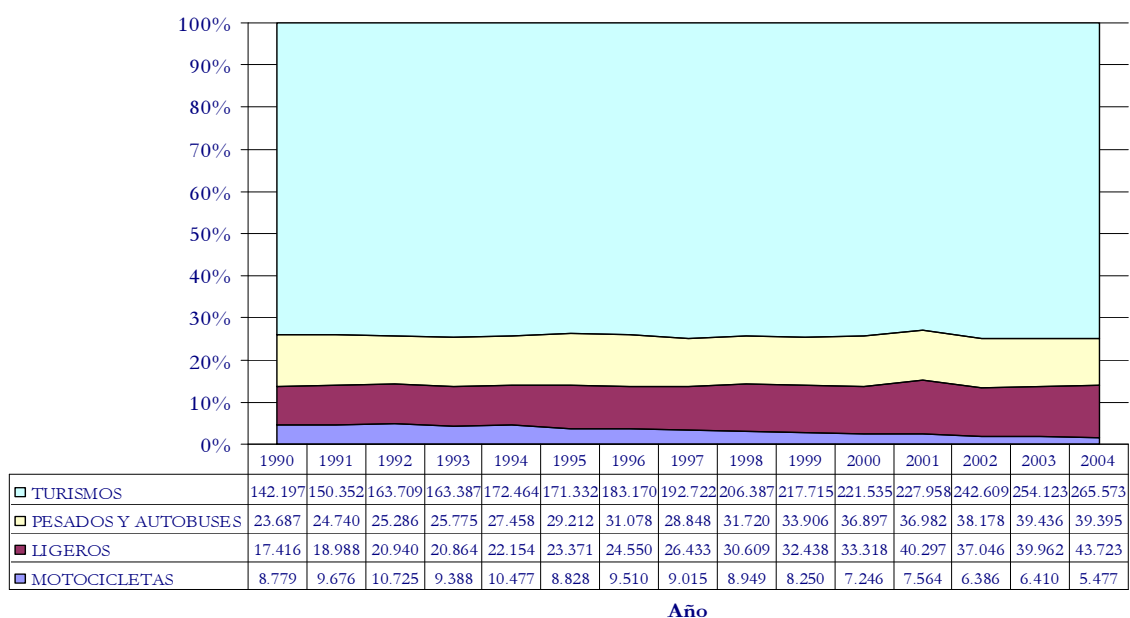
Entre los años 1990 y 2004 se ha producido un crecimiento sostenido de los recorridos realizados en cualquiera de las tres pautas de conducción consideradas: interurbana, rural y urbana, pasando de un total de 192.078 millones de kilómetros

en el año 1990 a 354.168 en el 2004, es decir, un incremento de aproximadamente el 84% en quince años. Por categorías de vehículos el mayor incremento corresponde a los vehículos ligeros para transporte de mercancías, un 151%, seguidos de los turismos, con un 87%, y de los vehículos pesados para transporte de mercancías, con un 67%, como puede verse en la figura 3.7.5 siguiente.

**Figura 3.7.5.- Recorridos realizados por tipo de vehículo**



Por lo que respecta a la distribución de los recorridos según pautas de conducción, puede decirse que se manifiesta una gran estabilidad a lo largo de los años, representando la pauta interurbana alrededor del 50% del recorrido total, la pauta rural el 20% y la urbana el 30% restante. Lo mismo cabe decir de la distribución de los recorridos según categorías de vehículos en la que las principales categorías tienen un rango de variación muy pequeño: los turismos oscilan entre el 74% del total en el año 1990 y el 75% en el 2004, mientras que los vehículos pesados, tanto de transporte de mercancías como de pasajeros, lo hacen entre el 12,33% de 1990 y el 11,12% del 2004. En la figura 3.7.6 que sigue pueden verse las representaciones de ambas distribuciones (los recorridos se expresan en millones de kilómetros).

**Figura 3.7.6.- Distribución recorridos realizados****a) Según pautas de conducción****b) Según tipo de vehículo**

### Factores de emisión

El cálculo de los factores de emisión y de las emisiones de CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O y CH<sub>4</sub> se ha basado en las publicaciones y documentos de los grupos de trabajo del proyecto CORINE AIRE, más específicamente, en la metodología expuesta en el informe técnico de la Agencia Europea de Medio Ambiente: *"COPERT III Computer Programme to Calculate Emissions from Road Transport"*.

Los factores de emisión de CO<sub>2</sub> se han calculado a partir de las características de los combustibles (de su contenido de carbono) con el fin de obtener emisiones finales, es decir, bajo el supuesto de que en última instancia todo el contenido de carbono del carburante terminará combinándose con oxígeno para formar CO<sub>2</sub>. La fórmula de cálculo empleada ha sido:

$$E_{f,CO_2}^F = 44,011 \frac{Q_f}{12,011 + 1,008 r_{H/C}}$$

donde:

$$E_{f,CO_2}^F$$

Son las emisiones finales de CO<sub>2</sub> producidas por el consumo del carburante  $f$

$$Q_f$$

Es el consumo total del carburante  $f$

$$r_{H/C}$$

Es la relación entre el número de átomos de hidrógeno y carbono en el carburante  $f$  (1,8 para la gasolina, 2,0 para el gasóleo y aproximadamente 2,53 para los gases licuados del petróleo)

La aplicación de la fórmula anterior produce los siguientes factores de emisión de CO<sub>2</sub> por unidad de masa de cada una de las tres clases de carburante consideradas: gasolina, 3,183, gasóleo, 3,138 y gases licuados del petróleo, 3,023 (los tres expresados en kg de CO<sub>2</sub>/kg de combustible)

Por su parte, los factores de emisión de N<sub>2</sub>O y de CH<sub>4</sub> por kilómetro recorrido han sido calculados como funciones de la clase de vehículos y de las velocidades representativas de las pautas de conducción y categorías de vehículos consideradas, es decir:

$$e_{i,j}^T = f(v)$$

donde:

$$e_{i,j}^T = f(v)$$

Es una función de la velocidad que devuelve la masa del contaminante  $j$  ( $\text{N}_2\text{O}$  ó  $\text{CH}_4$ ) emitida por los vehículos de la clase  $i$  por unidad de longitud recorrida.

En la aplicación de la metodología se ha considerado las velocidades que se pueden ver en la tabla 3.7.3 siguiente.

**Tabla 3.7.3.- Pautas de conducción**

		<b>Interurbana</b>	<b>Rural</b>	<b>Urbana</b>
<b>TURISMOS</b>	Rango	80 - 130	40 – 80	10 - 40
	Representante	105	65	25
<b>LIGEROS</b>	Rango	80 - 130	40 – 80	10 - 40
	Representante	100	65	25
<b>PESADOS</b>	Rango	80 - 100	40 – 80	10 - 40
	Representante	95	60	25
<b>AUTOCARES</b>	Rango	80 - 105	40 – 80	10 - 40
	Representante	95	60	25
<b>MOTOCICLETAS</b>	Rango	80 - 130	40 – 80	10 - 40
	Representante	105	65	25
<b>CICLOMOTORES</b>	Rango		40 – 50	10 - 40
	Representante		45	25

En las figuras 3.7.7 que siguen se muestran las funciones de emisión de óxido nítrico y metano para las categorías principales de vehículos.

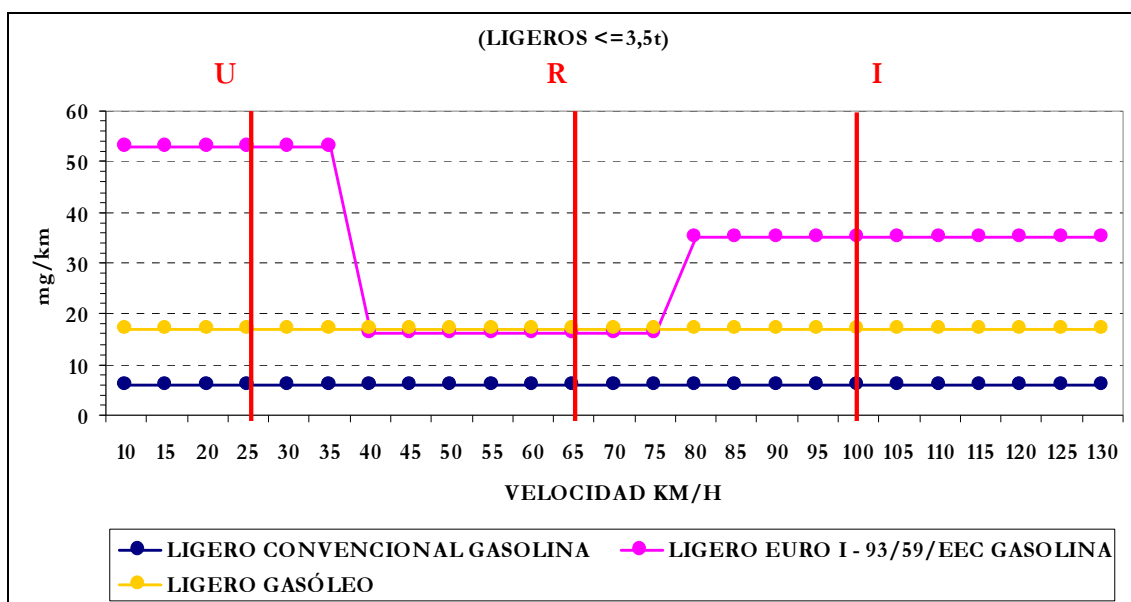
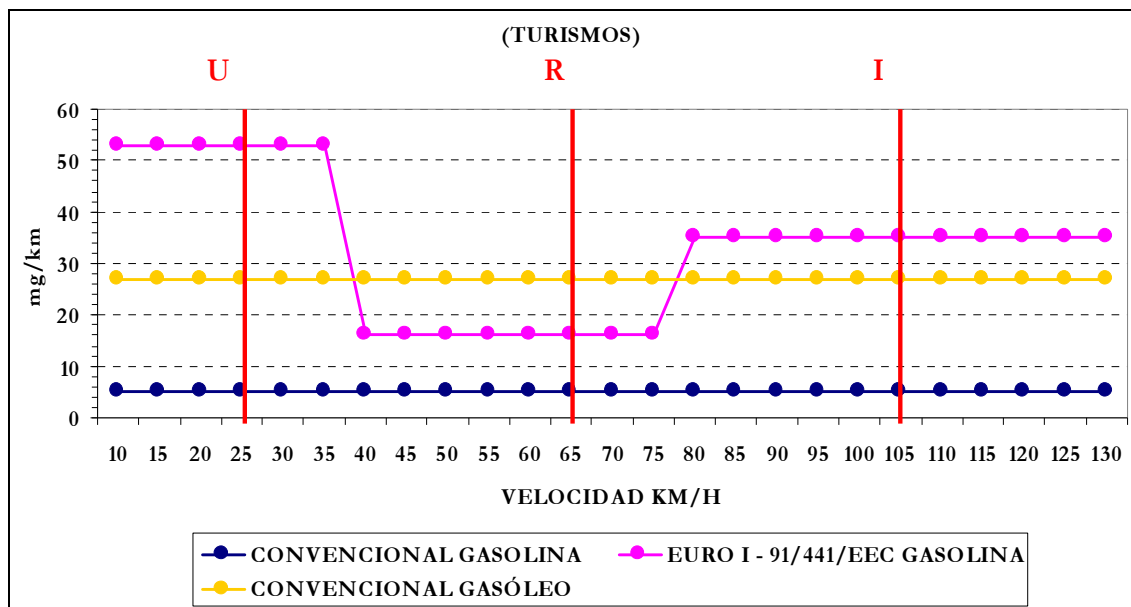
Figura 3.7.7.- Funciones de emisión de N<sub>2</sub>O

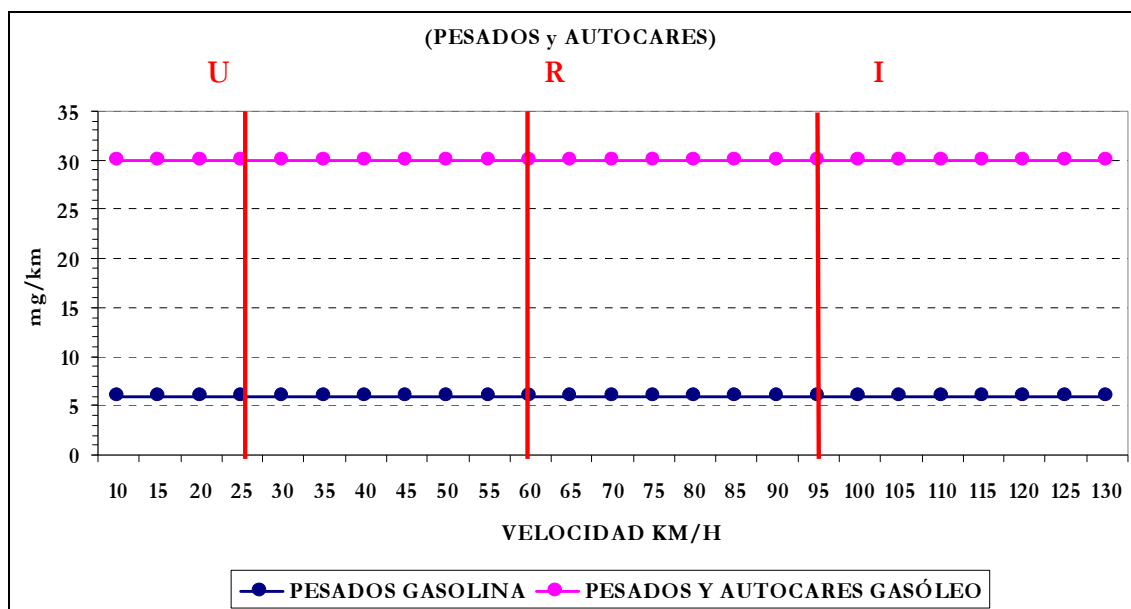
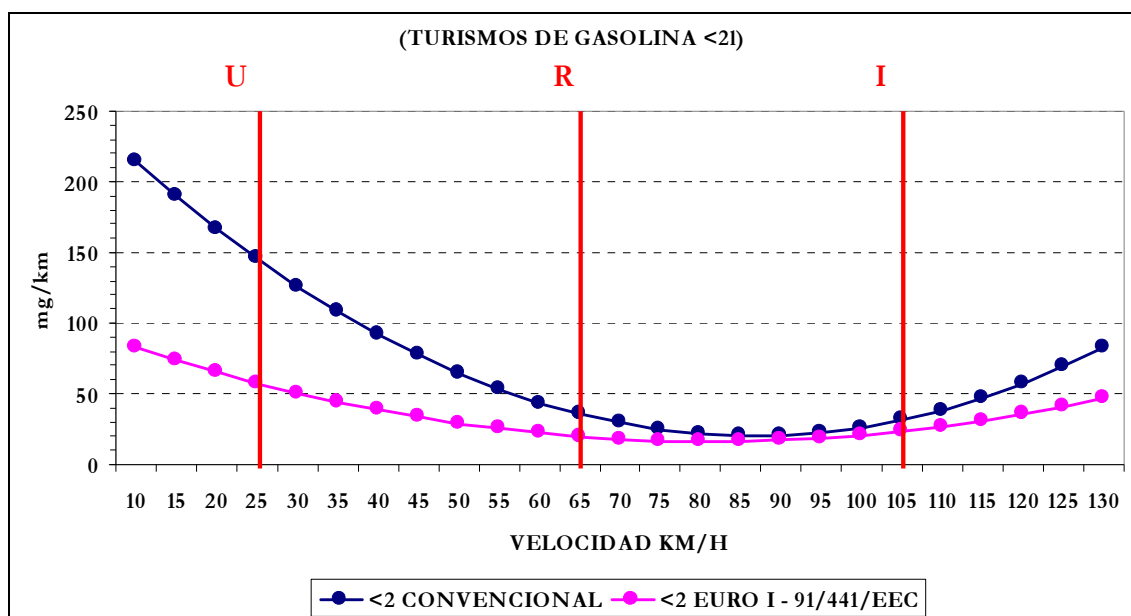
Figura 3.7.7 (Continuación).- Funciones de emisión de N<sub>2</sub>OFigura 3.7.7 (Continuación).- Funciones de emisión de CH<sub>4</sub>



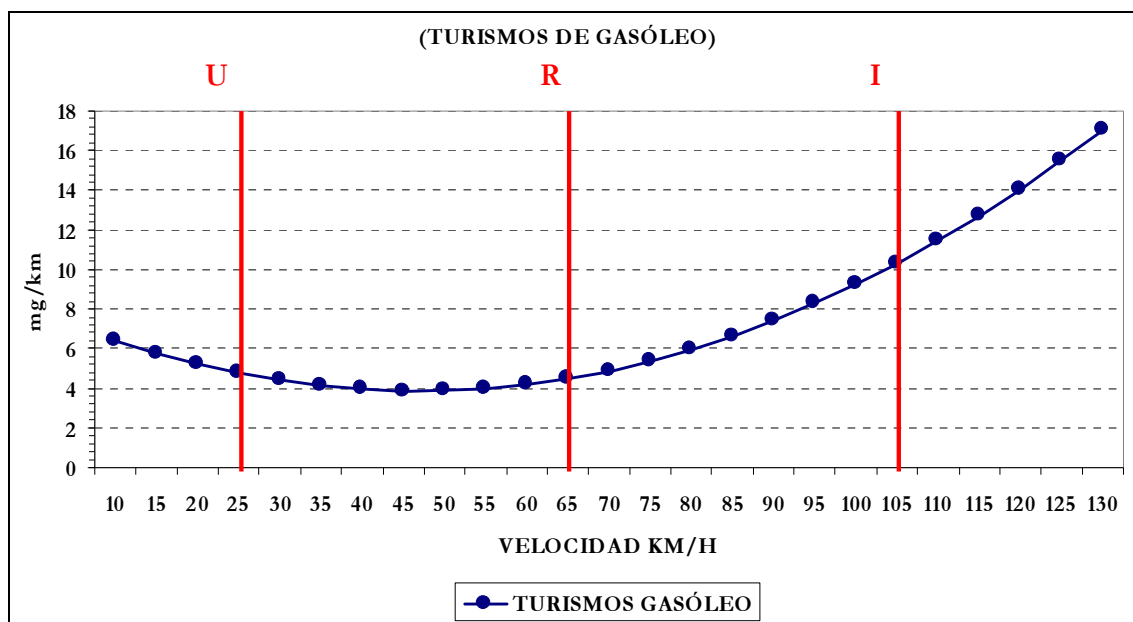
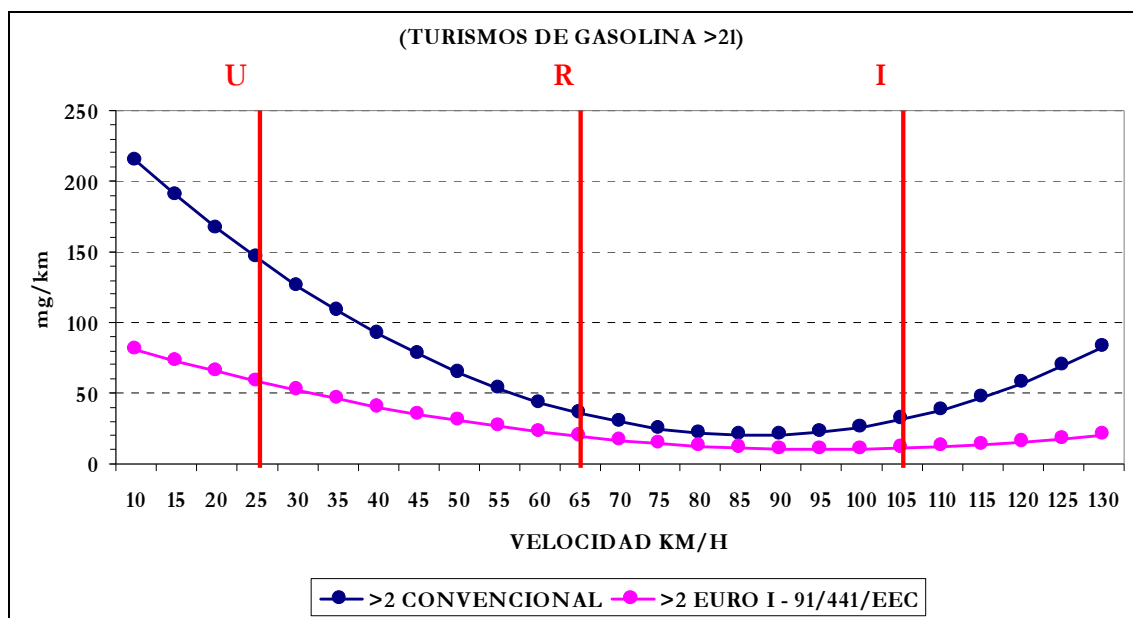
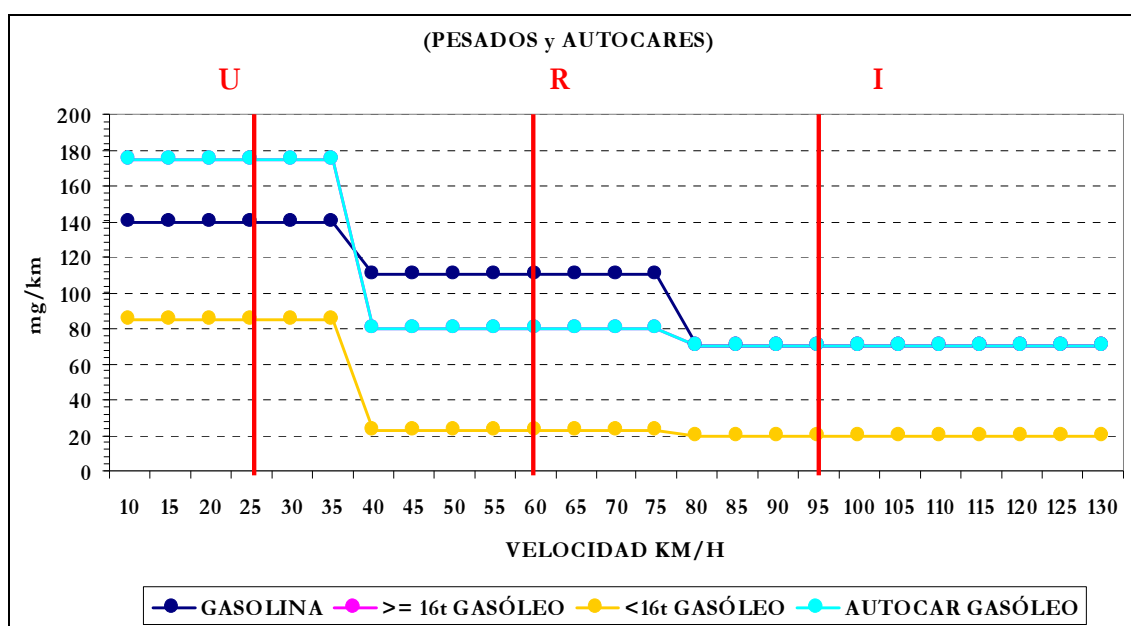
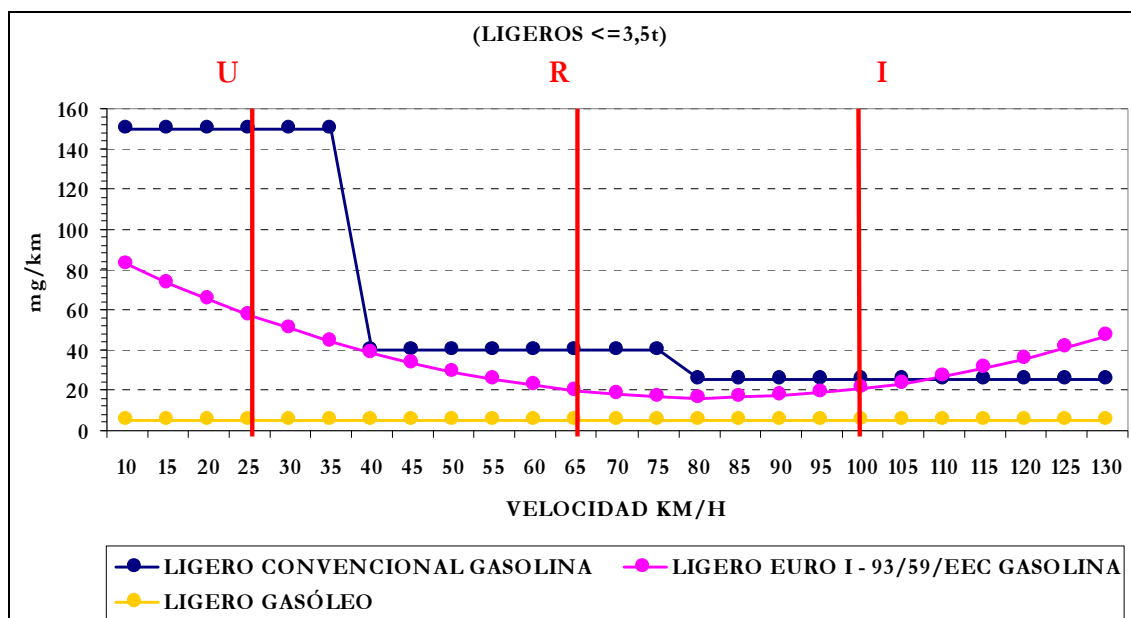
Figura 3.7.7 (Continuación).- Funciones de emisión de CH<sub>4</sub>

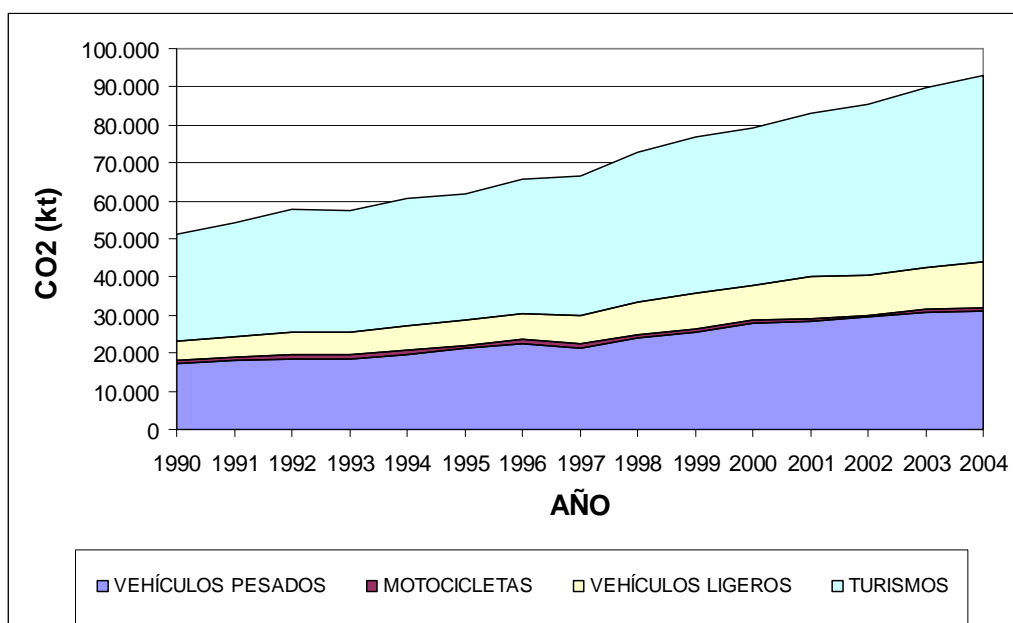
Figura 3.7.7 (Continuación).- Funciones de emisión de CH<sub>4</sub>

### Emisiones

Las emisiones calculadas por aplicación de la metodología COPERT III a las variables de actividad señaladas anteriormente: recorridos, consumos de carburante y parque de vehículos, se presentan, desglosadas por categoría de vehículos, en la tabla 3.7.4 y figura 3.7.8 siguientes.

**Tabla 3.7.4.- Emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente por categoría de vehículos (Gg)**

AÑO	VEHÍCULOS PESADOS	MOTOCICLETAS	VEHÍCULOS LIGEROS	TURISMOS	TOTAL
1990	17.185	894	4.972	28.308	51.360
1991	17.993	991	5.463	29.872	54.318
1992	18.407	1.101	6.061	32.476	58.045
1993	18.654	967	5.987	31.983	57.591
1994	19.868	1.080	6.367	33.488	60.803
1995	21.289	914	6.679	32.802	61.684
1996	22.513	981	7.011	35.243	65.748
1997	21.387	933	7.521	36.666	66.508
1998	23.873	927	8.764	39.404	72.969
1999	25.639	835	9.219	41.147	76.839
2000	27.891	714	9.321	41.213	79.139
2001	28.385	723	11.223	42.758	83.089
2002	29.511	545	10.409	44.921	85.386
2003	30.892	528	11.222	46.980	89.622
2004	31.275	455	12.266	49.041	93.035

Figura 3.7.8.- Emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente por categoría de vehículos (Gg)

### 3.7.3 INCERTIDUMBRE Y COHERENCIA TEMPORAL

En cuanto a la variable de actividad (consumos de combustibles: gasolina y diesel) la incertidumbre se estima en un 3% para la gasolina y un 5% para el gasóleo de automoción, dada la especificidad del uso de la gasolina exclusivamente para esta actividad, mientras que en el caso del diesel de la cifra estadística de base debe descontarse la imputación a maquinaria móvil, para obtener el consumo efectivo

asignado al transporte por carretera, lo que incide en elevar la incertidumbre para asociada a este combustible.

En el cálculo de la incertidumbre de los factores de emisión de CO<sub>2</sub> se han combinado las contribuciones debidas al contenido de carbono del combustible y a la fracción de oxidación del carbono a CO<sub>2</sub>, resultando unas incertidumbres del 2,1% para la gasolina y del 2,2% para el gasóleo de automoción.

Por lo que respecta al N<sub>2</sub>O la incertidumbre de la variable de actividad (recorridos por clase de vehículo y velocidad representativa) se estima en torno al 10%, y la correspondiente a los factores de emisión se estima en un 50%.

En cuanto a la homogeneidad de la serie temporal, se considera que el grado de coherencia es alto tanto en lo referente a la información de base (consumo de combustibles y recorridos por categoría de vehículo según pauta de velocidad) como en la representatividad de los factores de emisión que recogen la penetración de las tecnologías que incorporan las sucesivas series de vehículos del parque.

#### 3.7.4 CONTROL DE CALIDAD Y VERIFICACIÓN

Como tarea de control de calidad en esta categoría se realiza una contrastación con la fuente original de los recorridos en determinadas provincias para el tráfico en las carreteras de diversa competencia administrativa (carreteras estatales, autonómicas y provinciales).

#### 3.7.5 REALIZACIÓN DE NUEVOS CÁLCULOS

Se ha revisado en esta edición del inventario la función de consumo de combustible en los vehículos ligeros de gasolina, al haber actualizado dichas funciones de la edición borrador de Coppert III de julio de 1999 a la versión 2.1 de noviembre de 2000. Ello ha provocado un ligero cambio en la estimación de las emisiones de los contaminantes que se estiman en función del recorrido (N<sub>2</sub>O y CH<sub>4</sub>) pues la distribución de los recorridos entre pauta interurbana, rural y urbana se han alterado correspondientemente. Asimismo se ha efectuado una actualización de las cifras de consumo de combustible correspondientes al año 2003 (gasolina, gasóleo y GLP) dado que las cifras de dicho año eran provisionales en la edición anterior del inventario, modificándose consecuentemente las emisiones de CO<sub>2</sub>.

En términos de CO<sub>2</sub> equivalente, las modificaciones realizadas suponen un incremento de las emisiones prácticamente insignificante (con un mínimo de 5 Gg en 1990 y un máximo de 49 Gg en 2001). En términos relativos, la variación de las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente como consecuencia de los nuevos cálculos es inferior al 0,06%.

### 3.7.6 PLANES DE MEJORA

De cara al futuro, el procedimiento de estimación irá evolucionando en paralelo con los nuevos desarrollos que se produzcan en la metodología COPERT y con la revisión de la composición del parque de vehículos. Con relación al parque, y en colaboración con la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento, se estimará por edades el parque vivo, entendido como el conjunto de vehículos existentes (es decir, no achataados) que potencialmente pueden circular por las carreteras y viario urbano. Este parque vivo sustituirá, en cuanto a la composición del parque para la estimación del modelo de emisiones, al que hasta ahora se venía utilizando en el modelo del inventario y que era denominado como parque registrado. El cambio de parque registrado a parque vivo pretende actualizar las cifras del primero descontando la estimación del conjunto de vehículos que formando parte del parque registrado se consideran “no existentes” (no vivos) si bien no ha sido registrada su baja en el registro oficial. Obviamente esta estimación no se puede realizar a nivel individualizado sino por conjuntos que se consideren estadísticamente representativos. El efecto final será un “rejuvenecimiento” del parque operativo para el modelo de emisiones, lo que en definitiva se entiende que constituirá una mejora de la representatividad del mismo.

## **3.8 TRÁFICO MARÍTIMO NACIONAL (1A3d)**

### 3.8.1 DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD

En esta categoría se recogen las emisiones procedentes del tráfico marítimo mercante en trayectos cuyos puertos de origen y destino sean españoles, con independencia de que la bandera del buque o la nacionalidad de la compañía armadora sea nacional o extranjera. No se incluyen aquí las emisiones procedentes de la pesca marítima, las cuales quedan recogidas en la actividad 1A4c.

En la tabla 3.8.1 se muestran las emisiones de gases de efecto invernadero por tipo de combustible, siendo este el CO<sub>2</sub> el gas que confiere a esta fuente su naturaleza de clave. En la tabla 3.8.2 se presenta la información anterior expresando el conjunto de las emisiones de los tres gases en términos de CO<sub>2</sub> equivalente. En esta misma tabla se presentan el índice de evolución temporal (base 100 año 1990) de las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente, y las contribuciones de las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente de esta categoría sobre el total del inventario y del sector “Energía”.

**Tabla 3.8.1.- Emisiones**  
(cifras en Gg)

	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
<b>CO<sub>2</sub></b>							
Fuelóleo	1.234	1.259	1.200	1.466	1.601	1.661	1.693
Gasóleo	266	307	611	585	686	712	726
<b>Total</b>	<b>1.500</b>	<b>1.565</b>	<b>1.811</b>	<b>2.051</b>	<b>2.287</b>	<b>2.374</b>	<b>2.419</b>
<b>CH<sub>4</sub></b>							
Fuelóleo	0,07	0,07	0,07	0,08	0,09	0,09	0,10
Gasóleo	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
<b>Total</b>	<b>0,08</b>	<b>0,08</b>	<b>0,09</b>	<b>0,10</b>	<b>0,11</b>	<b>0,12</b>	<b>0,12</b>
<b>N<sub>2</sub>O</b>							
Fuelóleo	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04
Gasóleo	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02	0,02
<b>Total</b>	<b>0,04</b>	<b>0,04</b>	<b>0,05</b>	<b>0,05</b>	<b>0,06</b>	<b>0,06</b>	<b>0,06</b>

**Tabla 3.8.2.- Emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente: valores absolutos, índices y ratios**

	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
CO <sub>2</sub> -eq (Gg)	1.513	1.580	1.827	2.070	2.308	2.395	2.440
Índice CO <sub>2</sub> -eq	100,0	104,4	120,7	136,8	152,5	158,3	161,3
% CO <sub>2</sub> -eq sobre total	0,53	0,50	0,48	0,54	0,57	0,59	0,57
% CO <sub>2</sub> -eq sobre energía	0,71	0,66	0,63	0,71	0,74	0,76	0,73

### 3.8.2 METODOLOGÍA

Para estimar el consumo de combustibles realizado en esta actividad se han considerado los balances energéticos nacionales<sup>25</sup> y la información facilitada por la Asociación de Navieros Españoles (ANAVE). Por lo que al gasóleo se refiere, se ha tomado como referencia la cifra de consumo facilitada por ANAVE, y sobre ella se ha imputado, siguiendo las estimaciones de expertos de ANAVE, que un 70% es lo que corresponde a consumo de tráfico nacional (el restante 30% se estima por los técnicos de ANAVE es consumo correspondiente a tráfico internacional). Por lo que respecta al consumo de fuelóleo, se ha tomado para cada año en el periodo 1990-2003 el mayor entre los valores de los balances energéticos y el 65% del consumo de ANAVE (el porcentaje correspondiente al tráfico nacional estimado por los expertos de ANAVE). Esta solución es evidentemente un compromiso entre las dos fuentes de referencia. Para el año 2004 la estimación del consumo se ha basado exclusivamente en la información procedente de ANAVE al no estar disponibles los datos de los balances energéticos nacionales para dicho año.

<sup>25</sup> Véase la publicación "Energy Statistics of OECD Countries" de la AIE.

En la tabla 3.8.3 se presentan los consumos de combustibles estimados para esta actividad expresados en términos de energía (TJ de poder calorífico inferior).

**Tabla 3.8.3.- Consumo de combustibles**  
(cifras en TJ<sub>PCI</sub>)

Tipo	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
Fuelóleo	16.072	16.393	15.628	19.094	20.848	21.638	22.048
Gasóleo	3.659	4.223	8.413	8.057	9.448	9.806	9.992
<b>Total</b>	<b>19.731</b>	<b>20.617</b>	<b>24.041</b>	<b>27.151</b>	<b>30.296</b>	<b>31.444</b>	<b>32.040</b>

Para la estimación de las emisiones de CO<sub>2</sub> se ha utilizado un factor de emisión derivado del contenido de carbono del combustible; para las emisiones de CH<sub>4</sub> se ha asumido que representan un 5% del total de emisiones de COV; y para el N<sub>2</sub>O se han tomado factores seleccionados de EMEP/CORINAIR. Para el NO<sub>x</sub>, COVNM y CO se ha utilizado la información del estudio *“Marine Exhaust Emissions Research Programme”* de Lloyds Register, mientras que para el SO<sub>2</sub> los factores de emisión, variables por años, se han derivado por balance de masas en función del contenido de azufre de los combustibles. En la tabla 3.8.4 se muestran los factores de emisión utilizados para estimar las emisiones de gases de efecto invernadero.

**Tabla 3.8.4.- Factores de emisión**

	CO <sub>2</sub> (t/t)	CH <sub>4</sub> (kg/t)	N <sub>2</sub> O (kg/t)
Fuelóleo	3,085	0,175	0,08
Gasóleo	3,138	0,095	0,08

### 3.8.3 INCERTIDUMBRE Y COHERENCIA TEMPORAL

La incertidumbre asociada a la variable se ha estimado en un 50%. Para su determinación, se ha evaluado la diferencia porcentual observada entre los consumos de fuelóleo en navegación declarados en los balances energéticos de AIE y las cantidades facilitadas por la asociación nacional. Se ha eliminado del cómputo la diferencia en las cifras de gasóleo presentadas por ambas fuentes por considerar que el balance de la AIE ha sobreestimado los consumos de navegación, contabilizando adicionalmente la partida de gasóleo consumida en pesca marítima.

La incertidumbre del factor de dióxido de carbono está derivada de las incertidumbres asociadas al contenido de carbono de los combustibles empleados y al factor de oxidación, obteniéndose como resultado una incertidumbre del 2,7%.

Por lo que respecta a la homogeneidad temporal, cabe señalar que la información sobre consumos de combustibles facilitada por ANAVE se obtenía hasta el año 2002 mediante recogida de información para cada buque de la asociación naviera, mientras que para 2003 y 2004 la estimación ha tenido que realizarse

mediante extrapolación al haberse registrado una discontinuidad en el anterior sistema de recogida de información. Por otra parte es importante reseñar que el procedimiento de estimación del consumo de fuelóleo se realiza por combinación de dos fuentes y, aunque se considera un procedimiento razonable, sería deseable asegurar un procedimiento contrastado de recogida directa de la información.

### 3.8.4 CONTROL DE CALIDAD Y VERIFICACIÓN

Ante las dificultades de armonizar las dos fuentes de información citadas con evoluciones dispares, hubo de adoptarse el procedimiento de estimación combinada que más arriba se ha descrito para los combustibles utilizados. Si bien este procedimiento no constituye estrictamente un control de calidad, se considera que produce unos resultados más razonables que los que se obtendrían del uso de cualquiera de las dos fuentes por separado.

### 3.8.5 REALIZACIÓN DE NUEVOS CÁLCULOS

No se han realizado nuevos cálculos en esta actividad.

### 3.8.6 PLANES DE MEJORA

Reconocida la incertidumbre actualmente asociada al consumo de combustibles, gasóleo y fuelóleo, se considera prioritario poner en marcha un nuevo mecanismo de colaboración tanto con el ente de Puertos del Estado como con ANAVE, para acceder y poder procesar la información correspondiente al consumo de combustibles en el tráfico marítimo nacional, e incluso de las rutas marítimas seguidas por el mismo. El borrador de propuesta para concretar dicha colaboración se encuentra en fase avanzada por parte de la Unidad (Subdirección General de Calidad del Aire y Prevención de Riesgos) que elabora el inventario de emisiones.

## **3.9 ACTIVIDADES DE COMBUSTIÓN (EXCEPTO TRANSPORTE, 1A1, 1A2 y 1A4)**

### 3.9.1 DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD

Estas tres categorías de actividades de combustión, que incluyen toda la combustión estacionaria más la maquinaria móvil agrícola, forestal e industrial, constituyen conjuntamente una fuente clave para el N<sub>2</sub>O por sus niveles de emisión de N<sub>2</sub>O en los años 1996-1998 y por su tendencia en los años 1994-1996; y para el CH<sub>4</sub> por su tendencia en el año 1999. En las tablas 3.9.1 y 3.9.2 se presentan respectivamente las emisiones de N<sub>2</sub>O y de CH<sub>4</sub> expresadas en masa de CO<sub>2</sub> equivalente. Esta información se complementa con el índice de evolución temporal (base 100 año 1990) de dichas emisiones, y sus contribuciones respectivas a las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente del total del inventario y del sector "Energía".



**Tabla 3.9.1.- Emisiones de N<sub>2</sub>O**

	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
N <sub>2</sub> O (Gg de CO <sub>2</sub> -eq)	983	1.317	1.468	1.537	1.603	1.603	1.661
Índice CO <sub>2</sub> -eq	100,0	134,0	149,4	156,4	163,1	163,1	169,0
% CO <sub>2</sub> -eq sobre total	0,34	0,41	0,38	0,40	0,40	0,39	0,39
% CO <sub>2</sub> -eq sobre energía	0,46	0,55	0,51	0,52	0,51	0,51	0,50

**Tabla 3.9.2.- Emisiones de CH<sub>4</sub>**

	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
CH <sub>4</sub> (Gg de CO <sub>2</sub> -eq)	937	859	809	814	831	873	888
Índice CO <sub>2</sub> -eq	100,0	91,7	86,3	86,9	88,7	93,2	94,8
% CO <sub>2</sub> -eq sobre total	0,33	0,27	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
% CO <sub>2</sub> -eq sobre energía	0,44	0,36	0,28	0,28	0,27	0,28	0,27

### 3.9.2 METODOLOGÍA

La variable de actividad utilizada en este conjunto de actividades es el consumo de combustibles. Dado que en los epígrafes 3.2 a 3.5 ya se han mostrado los consumos correspondientes a cada una de las categorías o sub-categorías aquí contempladas, y que asimismo ha sido tratada la información sobre los aspectos metodológicos de la estimación de las emisiones se obvia aquí la presentación de los mismos.

### 3.9.3 INCERTIDUMBRE Y COHERENCIA TEMPORAL

Con respecto a la incertidumbre de las variables de actividad (consumo de combustibles), se remite a lo expuesto en los apartados correspondientes de los epígrafes 3.2 a 3.5. Por lo que a los factores de emisión se refiere, y según figura en la tabla 2.5 de la Guía de Buenas Prácticas de IPCC, la incertidumbre para el N<sub>2</sub>O se estima en un orden de magnitud, mientras que para el CH<sub>4</sub> se encuadra en el rango 50-150%

### 3.9.4 CONTROL DE CALIDAD Y VERIFICACIÓN

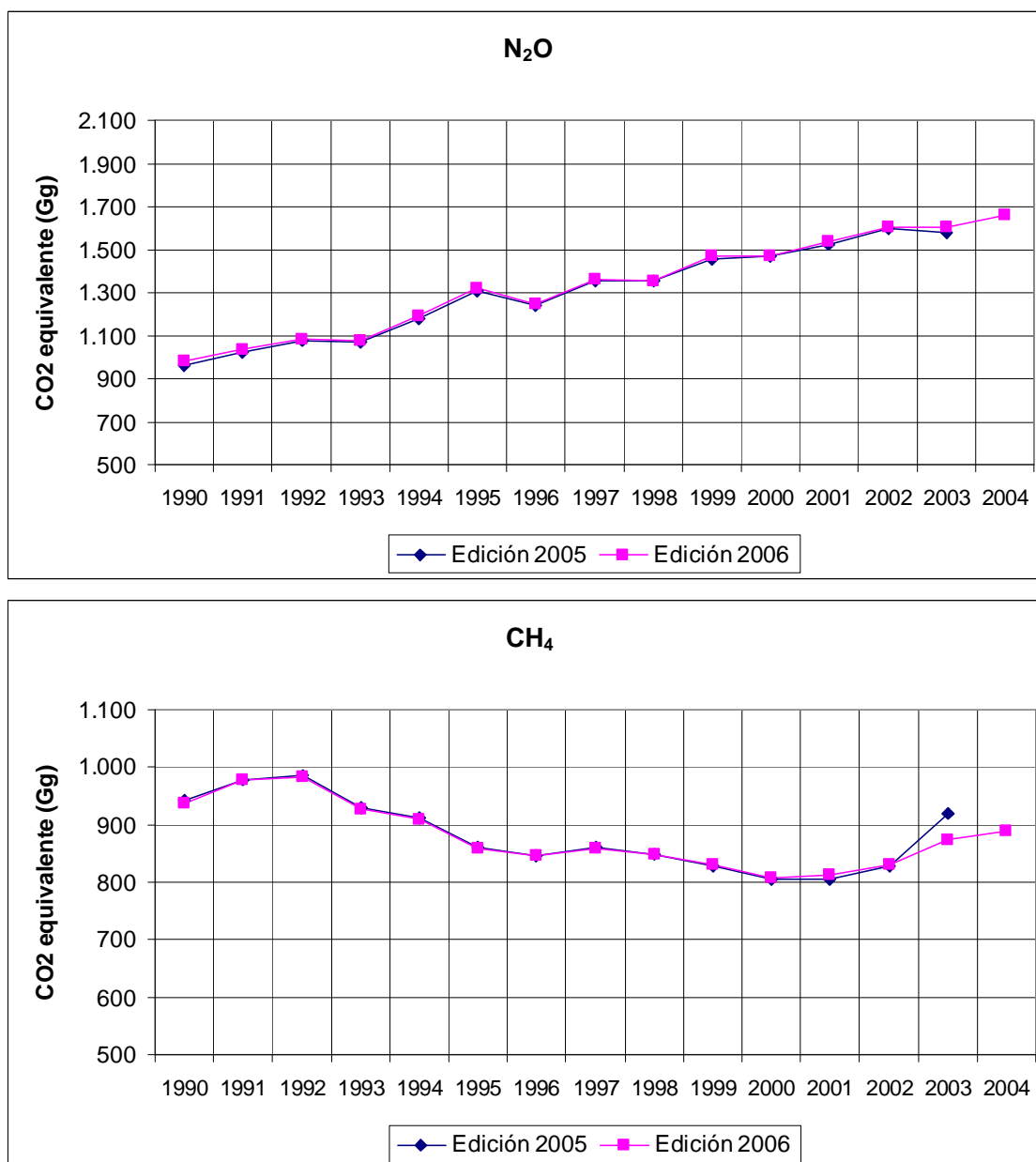
Véase lo reseñado en los apartados correspondientes al control de calidad y verificación de los epígrafes 3.2 a 3.5.

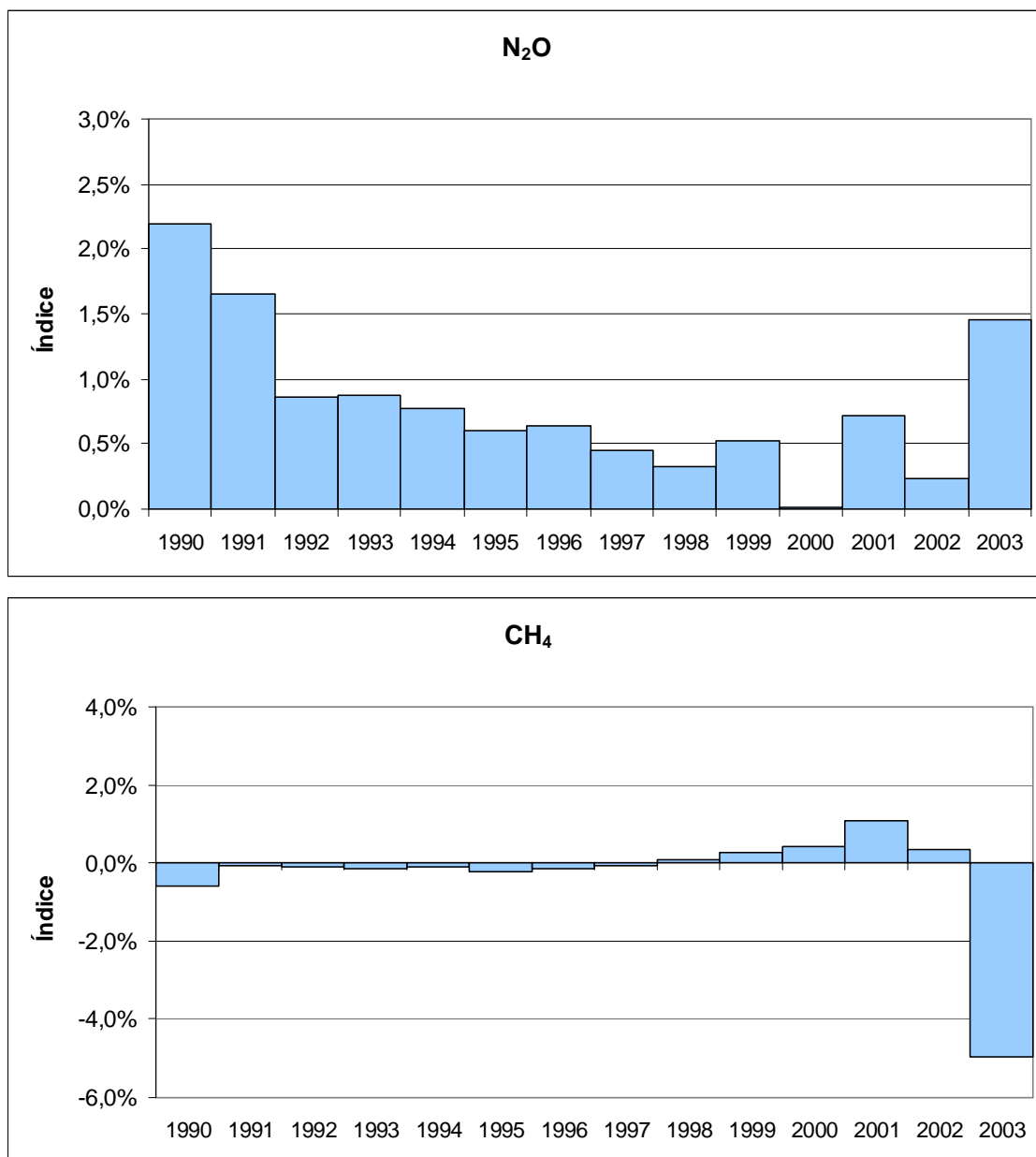
### 3.9.5 REALIZACIÓN DE NUEVOS CÁLCULOS

Por lo que a las emisiones de N<sub>2</sub>O y CH<sub>4</sub> se refiere, los nuevos cálculos han estado motivados en su práctica totalidad por las modificaciones realizadas en las variables de actividad (consumos de combustibles) y su distribución entre los diferentes tipos de instalaciones de combustión (calderas, turbinas, motores, hornos), habiéndose ya descrito estas modificaciones en los epígrafes 3.2 a 3.5. Tan

sólo cabe mencionar específicamente la revisión realizada en los procesos de metalurgia no férrea primaria y secundaria para los cuales, al haberse podido disponer de nueva información, se han actualizado las estimaciones pasando a utilizarse en esta edición del inventario factores de emisión por tipo de combustible utilizado en lugar del método empleado en la edición anterior basado en las cantidades producidas y en requerimientos energéticos por defecto.

La comparación para este conjunto de actividades de resultados de las emisiones de  $\text{N}_2\text{O}$  y  $\text{CH}_4$  expresadas en masa de  $\text{CO}_2$  equivalente entre las ediciones actual y anterior del inventario se muestra en términos de valores absolutos en la figura 3.9.1 y en términos relativos (diferencia porcentual) en la figura 3.9.2. En términos absolutos para el  $\text{N}_2\text{O}$  se produce en todo el periodo un incremento de las emisiones de  $\text{CO}_2$  equivalente de escasa significatividad en el conjunto del inventario, dado que los años con mayor variación corresponden a 1990, 1991 y 2003 con un incremento respectivamente, en valores absolutos, de 21, 17 y 23 Gg de  $\text{CO}_2$  equivalente. Dichos años son asimismo los que tienen una mayor variación relativa. En cuanto al  $\text{CH}_4$  las diferencias son asimismo poco significativas con excepción del año 2003 en que se produce un descenso de 46 Gg de  $\text{CO}_2$  equivalente, lo que en términos relativos supone un 5%, motivado principalmente por la modificación en la estimación de las emisiones de  $\text{CH}_4$  en los hornos de coque de una planta siderúrgica integral (véase apartado 3.4.5).

**Figura 3.9.1.- Emisiones de CO<sub>2</sub>-eq. Comparación Eds 2006 vs 2005**

**Figura 3.9.2.- Emisiones de CO<sub>2</sub>-eq. Diferencia porcentual Eds 2006 vs 2005**

### 3.9.6 PLANES DE MEJORA

Véase los planes de mejora reseñados en los apartados correspondientes de los epígrafes 3.2 a 3.5.

### 3.10 EMISIONES FUGITIVAS – COMBUSTIBLES SÓLIDOS (1B1)

#### 3.10.1 DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD

Esta categoría integra las emisiones generadas en los procesos de extracción, almacenamiento y manipulación de combustibles sólidos, carbones, pero no incluyen las provenientes de actividades de combustión, aunque utilicen carbones, para la generación de energía destinada a aquellos procesos.

Las actividades identificadas y para las cuales se han estimado emisiones de metano, y/o dióxido de carbono, son: a) la minería del carbón; b) tratamiento previo del carbón; c) almacenamiento de carbón; y d) hornos de coque (fugas en su apertura y extinción)<sup>26</sup>.

La producción bruta de carbón en la minería ha experimentado un descenso sostenido prácticamente lineal, pasando de 43.120 kt en 1990 a 24.075 kt en 2004 (caída del 44,2% con respecto a 1990), y en esta evolución ha registrado una caída mayor la minería subterránea que la minería a cielo abierto, lo que tiene, como se verá más abajo, su incidencia en la evolución de las emisiones, dado que la extracción subterránea tiene unos factores de emisión significativamente mayores que los correspondientes a la minería a cielo abierto.

Por lo que respecta a las producciones de coque de carbón, la serie refleja una evolución general descendente partiendo de 3.211 kt en 1990 hasta situarse en 2.839 kt en 2004, lo que supone una reducción del 11,6%.

Entre los contaminantes emitidos por estas actividades, véase tabla 3.10.1, destaca el metano, contaminante por el cual esta categoría IPCC se ha identificado como fuente clave, tanto por su nivel de emisión hasta 1997 como por su tendencia en todo el periodo inventariado 1990-2004. El otro gas con efecto directo sobre el calentamiento es el dióxido de carbono, cuyas emisiones corresponden a la apertura y extinción de hornos de coque.

**Tabla 3.10.1.- Emisiones por contaminante**  
(cifras en Gigagramos de CO<sub>2</sub>-eq)

	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
CO <sub>2</sub>	17,63	13,38	15,27	14,54	14,42	72,03	72,80
CH <sub>4</sub>	1.819,51	1.470,31	1.247,61	1.098,72	1.063,13	1.043,15	1.008,96
<b>Total CO<sub>2</sub>-equivalente</b>	<b>1.837,14</b>	<b>1.483,70</b>	<b>1.262,88</b>	<b>1.113,25</b>	<b>1.077,56</b>	<b>1.115,18</b>	<b>1.081,76</b>

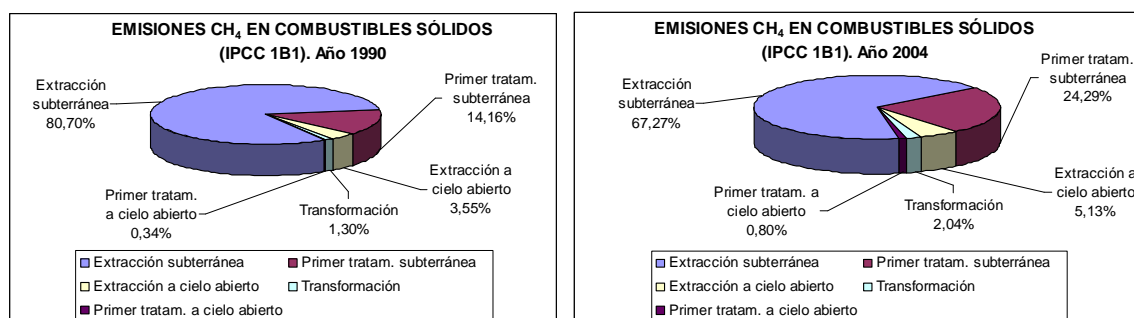
<sup>26</sup> Entre las actividades de manipulación se distinguen los procesos de transformación del carbón en coque y semicoque sólido. Este último proceso no se contempla en la lista de actividades al no realizarse en España.

La minería del carbón es la fuente predominante de CH<sub>4</sub>, con una participación que supera el 98% de las estimaciones de dicho contaminante en la categoría IPCC 1B1. Por técnica de extracción, y a pesar de observarse en los últimos años una pauta de gradual retroceso de la actividad, cabe reseñar la elevada contribución de la minería subterránea tanto en la propia fase de extracción como la de primer tratamiento, véanse tabla 3.10.2 y figura 3.10.1. Así, las emisiones de CH<sub>4</sub> en esta categoría han descendido en el año 2004 un 44,9% con respecto a 1990, debido principalmente a la bajada del mismo orden que se produce en la actividad de la minería subterránea (46,5%). Las restantes fuentes, exceptuando el primer tratamiento en la minería a cielo abierto, de escasa repercusión en el total, muestran también reducciones de sus emisiones: 8,1% para la minería a cielo abierto y 11,6% para la transformación de combustibles sólidos.

**Tabla 3.10.2.- Emisiones de CH<sub>4</sub>**  
(cifras en Gigagramos de CO<sub>2</sub>-eq)

Categoría IPCC	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
1B1a.i Minería subterránea <i>del cual</i>	1.725,96	1.381,11	1.164,92	1.015,23	977,22	962,04	923,79
Extracción	1.468,32	1.135,52	887,35	777,61	714,27	717,45	678,73
Primer tratamiento	257,64	245,60	277,57	237,62	262,95	244,60	245,06
1B1a.ii Minería a cielo abierto <i>del cual</i>	70,29	71,54	62,53	64,30	66,88	61,46	64,60
Extracción	63,46	63,20	52,96	54,72	55,77	51,74	53,81
Primer tratamiento	6,82	8,34	9,57	9,57	11,11	9,72	10,79
1B1b Transformación combust. sólidos	23,26	17,66	20,15	19,18	19,03	19,64	20,57
<b>1B1 Combustibles sólidos</b>	<b>1.819,51</b>	<b>1.470,31</b>	<b>1.247,61</b>	<b>1.098,72</b>	<b>1.063,13</b>	<b>1.043,15</b>	<b>1.008,96</b>

**Figura 3.10.1.- Principales actividades emisoras de CH<sub>4</sub>**



### 3.10.2 ASPECTOS METODOLOGICOS

Este apartado se centra fundamentalmente en la metodología aplicada para la estimación de las emisiones metano al considerarse fuente clave en el inventario nacional. Al final del mismo se incluye un subapartado dedicado a otros contaminantes emitidos en esta categoría IPCC con especificidades metodológicas.

### 3.10.2.1 Emisiones de CH<sub>4</sub>

Cada una de las fuentes emisoras descritas en el apartado anterior, esto es, minería, primer tratamiento, almacenamiento de carbón, y fugas en la apertura y extinción de los hornos de coque, ha sido tratada individualmente, asignando a la categoría IPCC 1B1 la agrupación de las estimaciones de metano así obtenidas. Seguidamente se pasa a comentar la metodología, factores de emisión y variables de actividad aplicadas para cada fuente emisora.

**a) Producción, primer tratamiento y almacenamiento de carbón:** La metodología empleada es específica nacional, adaptando el enfoque de nivel 2 de IPCC<sup>27</sup>. Con la elección de esta metodología se pretende reemplazar los factores por defecto asociados al enfoque de nivel 1<sup>28</sup> por factores derivados de la información disponible a nivel nacional de los contenidos de metano por tipo de carbón.

Se ha empleado información nacional para los factores de emisión por tonelada de producto, distinguiendo por tipo de minería (subterránea o cielo abierto) y tipo de carbón (hulla, antracita, lignito negro o lignito pardo). Los valores (medios) de estos factores se basan en medidas de concentraciones de grisú por tonelada de carbón en distintas cuencas mineras españolas, datos recopilados en un estudio sectorial elaborado por AITEMIN<sup>29</sup>. La información disponible fue complementada con juicios de expertos, relativos a:

- la composición del gas grisú, asumiendo que el gas se encuentra constituido esencialmente de metano<sup>30</sup>;
- la caracterización de los carbones y técnicas extractivas en cada una de las cuencas analizadas en el estudio, a la hora de valorar la representatividad de los contenidos de metano obtenidos;
- la completitud de la información, estableciendo supuestos acerca de contenidos de metano en carbones extraídos a cielo abierto (*in-situ gas content*) que no aparecían explícitamente identificados en la fuente de referencia consultada. Tras el examen de los valores recogidos en el informe y los rangos propuestos

---

<sup>27</sup> Véase Manual Referencia 1996 IPCC, ecuación 1 (apartado 1.7.2.2) y ecuación 3 (apartado 1.7.2.3).

<sup>28</sup> El Manual Referencia 1996 IPCC no propone para el enfoque de nivel 1 un valor por defecto, sino un rango amplio para cada tipo de minería en función del nivel de metano contenido.

<sup>29</sup> AITEMIN (Asociación de Investigación Tecnológica de Equipos Mineros), "Medición de la concentración de grisú en capa en diversas cuencas carboníferas españolas", 1989.

<sup>30</sup> En el Libro Guía EMEP/CORINAIR (ed. 2005), capítulo B511, apartado 9, se informa de una especiación del gas grisú con un contenido de metano entre el 80% y 95% (Williams 1993). Según esta misma fuente, las concentraciones de dióxido de carbono resultan inferiores al 6% y el contenido de nitrógeno no supera el 8%.

por IPCC<sup>31</sup> se ha asumido que los valores de los factores de la minería a cielo abierto son un orden de magnitud inferiores a sus homólogos de la minería subterránea;

- las emisiones procedentes de capas adyacentes en la minería a cielo abierto (*assumed emission factor for surrounding strata*). Los expertos no estiman significativas las emisiones asociadas a esta fuente, por lo cual se asume válido obviar tal componente en la ecuación asociada al enfoque de nivel 2 de IPCC para la minería a cielo abierto;
- la fracción de gas emitido durante el almacenamiento y primer tratamiento de carbones. Basándose en un juicio de experto se ha establecido que el 20% del contenido de metano *in situ* de carbones procedentes tanto de minería subterránea como a cielo abierto es emitido durante el primer tratamiento y el almacenamiento. Dado que las emisiones son estimadas por separado se ha asignado un porcentaje del 10% a cada una de las dos actividades citadas.

En la tabla 3.10.4 se presentan los factores de emisión derivados de la información recopilada y de los juicios de expertos.

**Tabla 3.10.4.- Contenidos medios y factores de emisión de CH<sub>4</sub> por tipo de carbón y actividad**

	Factores de emisión de CH <sub>4</sub>				Unidades.
	Hulla	Antracita	Lignito Negro	Lignito Pardo	
PRODUCCIÓN					
Contenido CH <sub>4</sub> (Cielo Abierto)	0,7	0,1	0,5	0,1	m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /t carbón
FE (Cielo Abierto)	469	67	335	67	g CH <sub>4</sub> /t producción bruta
Contenido CH <sub>4</sub> (Subterránea)	7	1	5	NA	m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /t carbón
FE (Subterránea)	4.690	670	3.350	NA	g CH <sub>4</sub> /t producción bruta
TRATAMIENTO					
FE (Cielo Abierto)	46,9	6,7	33,5	6,7	g CH <sub>4</sub> /t consumida
FE (Subterránea)	469	67	335	NA	g CH <sub>4</sub> /t consumida
ALMACENAMIENTO					
FE	469	67	335	6,7	g CH <sub>4</sub> /t almacenada

Los factores de la tabla anterior han sido aplicados para la estimación de metano asumiendo que la totalidad del gas liberado en las actividades de minería es emitido, dado que no se ha dispuesto de información relativa a la instalación de sistemas de degasificación en minería subterránea o a la cantidad de metano recuperado con fines posteriores energéticos o consumido en antorchas está

<sup>31</sup> Los rangos sugeridos en el Manual de Referencia 1996 IPCC para la metodología de nivel 1 son 10-25 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/tonelada de carbón extraído para minería subterránea (ecuación 1, apartado 1.7.2.2) y, para minería a cielo abierto, 0,3-2 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/tonelada (ecuación 2, apartado 1.7.2.3.)



disponible. Por carencias de información tampoco ha sido posible evaluar las emisiones potenciales en minas abandonadas<sup>32</sup>.

En la tabla anterior de factores, véase columna de unidades, se han distinguido distintas variables de actividad, diferenciadas por tipo de carbón y/o técnica extractiva, en función de la actividad emisora:

- Para la extracción se ha seleccionado la producción bruta de carbones. Los datos, dispuestos a nivel provincial por clase de carbón y tipo de minería, son facilitados por la Subdirección General de Minas del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio<sup>33</sup>.
- Respecto al primer tratamiento de carbones, se ha adoptado como variable el consumo interior disponible (*domestic supply*) siguiendo las recomendaciones de expertos que aseguraban que la práctica totalidad del carbón consumido es tratado previamente antes de su uso final.

La fuente de información principal son los cuestionarios internacionales de carbones remitidos a la Agencia Internacional de la Energía. Los datos recopilados no presentan una distinción por tipo de minería y la clasificación de carbones no coincide con la determinada en los factores de emisión, al presentar agregadas hasta el año 2004 las partidas de hullas y de antracitas. En la elaboración posterior de la información para subsanar las limitaciones en el nivel de desglose facilitado se adoptaron los siguientes criterios: la aplicación de los porcentajes correspondientes a la producción bruta nacional para diferenciar por tipo de minería y de los ratios obtenidos en el cuestionario internacional de carbones referido al año 2004 para estimar por separado las cantidades de hulla y de antracita.

- Para el almacenamiento, se toma como variable de actividad la cantidad en stock existente a final de año en cuatro categorías de localizaciones básicas: depósitos de las centrales térmicas de carbón, depósitos a pie de mina, depósitos en siderurgia y otros. La información procede de las siguientes fuentes: CARBUNION<sup>34</sup>, Red Eléctrica Española<sup>35</sup>, y de las estadísticas

---

<sup>32</sup> Se hace notar que los factores de emisión de CH<sub>4</sub> que figuran en el CRF Reporter asociados a minería corresponden a los factores ponderados por las cantidades de cada tipo de carbón extraídas en cada tipo de minería. Los comportamientos diferenciados que presentan en función del tipo de actividad (extracción o primer tratamiento) y del tipo de minería (subterránea o cielo abierto) están basados en la distinta participación porcentual de tipos de carbones con alto contenido de metano (hulla y lignito negro) en los carbones extraídos.

<sup>33</sup> En 2004 los datos de hulla y antracita se suministraron agregados, asumiéndose idéntica relación a la observada en 2003.

<sup>34</sup> Carbunion (Federación nacional de empresarios de minas de carbón) proporciona datos globales de pequeñas partidas almacenadas en siderurgia y 'Otros' hasta 1996, año a partir del cual se replican las cifras asumiendo estabilidad en la serie. El carbón depositado se asume que corresponde íntegramente a hulla.

nacionales del carbón elaboradas por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio<sup>36</sup>. Sin embargo, al no proporcionar ninguna de las fuentes mencionadas un desglose por tipo de minería, se ha asumido que los carbones se extraen en minería subterránea, excepción hecha del lignito pardo, de procedencia exclusivamente nacional y del cual se conoce que su extracción se realiza a cielo abierto.

**b) Apertura y extinción de los hornos de coque:** Se ha seleccionado como método de estimación de metano el procedimiento sugerido por el Libro Guía EMEP/CORINAIR, basado en la producción de coque. al presentarse este en forma adecuada para el cálculo con la información disponible de actividad. Respecto al factor de emisión se ha tomado el valor por defecto propuesto en el Libro Guía EMEP/CORINAIR (345 g CH<sub>4</sub>/t coque)<sup>37</sup>.

La producción de coque se desarrolla fundamentalmente dentro de plantas siderúrgicas integrales<sup>38</sup>, cuya información asociada se ha recogido mediante cuestionarios a plantas. Los datos en otros sectores, analizados al nivel de fuente superficial, se obtienen tras descontar de las cifras reflejadas en los cuestionarios de carbones remitidos a la Agencia Internacional de la Energía y EUROSTAT o en estadísticas nacionales, “Estadística de Fabricación de Pasta Coquizable, de Coquerías y de Gas de Horno Alto”, la cantidad agregada obtenida de los cuestionarios.

#### 3.10.2.2 Emisiones de CO<sub>2</sub>

Aunque las emisiones fugitivas de CO<sub>2</sub> de la categoría 1B1 “combustibles sólidos” no constituyen una fuente clave del inventario se hace mención por haberse tratado con una metodología específica nacional. En cuanto a su cobertura, se ha limitado en la presente edición del inventario, a falta de información relativa a emisiones potenciales de CO<sub>2</sub> en las actividades mineras<sup>39</sup>, a las actividades de apertura y extinción en hornos de coque. Véase Anexo 3 para una descripción de sus aspectos metodológicos.

---

<sup>35</sup> Red Eléctrica Española, en su estadística “Informe de explotación del sistema eléctrico”, publica las existencias en centrales térmicas por tipo de carbón y planta.

<sup>36</sup> El Ministerio de Industria, Turismo y Comercio facilita los datos de depósitos en minas por clase de carbón.

<sup>37</sup> Libro Guía EMEP/CORINAIR (ed. 1996), capítulo B146, Tabla 4, referencia [6] (Polonia, 1992).

<sup>38</sup> En la actualidad en España existen 2 coquerías localizadas en el sector siderúrgico.

<sup>39</sup> CO<sub>2</sub> en el gas de las vetas carboníferas, quemas de carbón, combustión y oxidación de residuos de carbón y otros materiales con carbono (véase Guía Buenas Prácticas IPCC, apartado 2.6.1.4)

### 3.10.3 INCERTIDUMBRE Y COHERENCIA TEMPORAL

La incertidumbre asociada a las variables de actividad de la minería del carbón (producción bruta, consumo interior disponible y existencias de carbones) se estima en torno al 5%<sup>40</sup>.

La distinción por tipo de carbones, caso del desglose entre hulla y antracita en el consumo interior bruto, o por clase de minería, caso de los almacenamientos o del consumo interior bruto, aumentaría la incertidumbre asignada inicialmente a los datos de actividad agregados. Estos elementos se han incorporado, por lo que respecta a la cuantificación de la incertidumbre, en los factores de metano, que, junto con la relación de supuestos establecidos (véase aspectos metodológicos), han llevado a cifrar las incertidumbres asociadas a los mismos en torno al 100% para la minería a cielo abierto, al 50% para la minería subterránea y también al 50% para las actividades posteriores. En la evaluación de tales porcentajes, se ha tomado en consideración el orden de magnitud y/o rangos indicados para el enfoque de nivel 2 en la tabla de incertidumbres que figura en la Guía de Buenas Prácticas IPCC (tabla 2.14, apartado 2.6.1.6)<sup>41</sup>.

Para el cálculo de la incertidumbre asociada a la producción de coque metalúrgico se combinan las incertidumbres de la producción en coquerías emplazadas en siderurgia y en las restantes coquerías. Se ha asumido una incertidumbre propagada próxima a la estimada para coquerías en siderurgia, al constituir este sector socioeconómico el principal productor nacional de coque y valorarse minoritaria la aportación del resto de sectores. Los expertos del sector han estimado que la incertidumbre correspondiente a la producción del sector siderúrgico pudiera encontrarse en torno al 2% dado que se trata de una información conocida por las empresas y suministrada directamente por las plantas vía cuestionario. Por otra parte, el factor de emisión de metano asociado a la categoría 1B1b tiene asociada una incertidumbre del 85%, derivada de los límites superior e inferior que constituyen los diferentes rangos propuestos por el Libro Guía EMEP/CORINAIR<sup>42</sup>.

<sup>40</sup> Esta estimación está en consonancia con las indicaciones de la Guía Buenas Prácticas IPCC, apartado 2.6.1.6, evaluando una incertidumbre en el rango de 1-2% con la posibilidad de incrementarse al 5% o, inclusive, el 10% en función de la variable de actividad seleccionada (producción vendible) o de la política nacional de explotación (existencia de minas no reguladas).

<sup>41</sup> Minería a cielo abierto: factor de 2; subterránea: rango del 50 al 75%; y actividades posteriores: 50%.

<sup>42</sup> Libro Guía EMEP/CORINAIR (ed. 2005), capítulo B146, tablas 8.2 y 9. Se han recopilado los factores medios y rangos de metano o COV de la tabla 8.2 para los procesos de coquización (sin combustión), desechando el valor central superior por considerarlo anómalo. Los datos analizados se han derivado aplicando, para el caso de los factores de COV, el contenido de metano reflejado en la tabla 9.1 correspondiente a la fuente en cuestión.

Con relación a la consistencia de las series, se hace notar que los factores de emisión de metano, al nivel en que son aplicados<sup>43</sup>, se han mantenido constantes a lo largo del periodo inventariado. Por otra parte, para la determinación de las variables de actividad asociadas a minería la información de base ha procedido de las mismas fuentes de referencia y el tratamiento de dicha información ha sido homogéneo a lo largo de los años. Por lo que se refiere a la variable de actividad de la producción de coque se ha recogido la información de dos fuentes de base: a) el Cuestionario sobre Carbones que se remite a la Agencia Internacional de la Energía y EUROSTAT, y b) la Estadística de Fabricación de Pasta Coquizable, de Coquerías y de Gas de Horno Alto, optando según los años por la fuente cuyos datos se consideraban más acordes con los requerimientos de la industria siderúrgica.

#### 3.10.4 CONTROL DE CALIDAD Y VERIFICACIÓN

En esta categoría se han realizado fundamentalmente procedimientos de control basados en el examen previo de los datos socioeconómicos recopilados, analizando la evolución de la serie en el periodo inventariado.

Cabe reseñar que, para la producción bruta de carbones, la información de base se solicita desglosada a nivel provincial, por tipo de minería y clase de carbón. Este desglose territorial de la información de base facilita la detección de valores anómalos e imputaciones incorrectas de cantidades a partir de un análisis individual de las series provinciales y de la tipificación de la minería de carbón y de las clases de carbón extraídas por provincia.

#### 3.10.5 REALIZACIÓN DE NUEVOS CÁLCULOS

En este apartado se describe la principal modificación en cuestión de aspectos metodológicos efectuada en la presente edición (1990-2004) con relación a la edición pasada (1990-2003).

Variable de actividad de la categoría IPCC 1B1 asociada al primer tratamiento (consumo interior disponible): Se han revisado los ratios aplicados para desagregar por tipo de carbón las cantidades acumuladas de hulla y antracita, habiéndose tomado en la presente edición la fracción observada en el cuestionario internacional de los carbones para 2004. Este cambio afecta a todo el periodo de referencia 1990-2003.

En la edición pasada los ratios considerados procedían de los datos de producción bruta nacional. Al analizar para 2004 las cantidades estimadas por tipo de carbón (hulla vs antracita) con la nueva información reportada en el cuestionario internacional, se apreció una disparidad significativa en las cifras debido

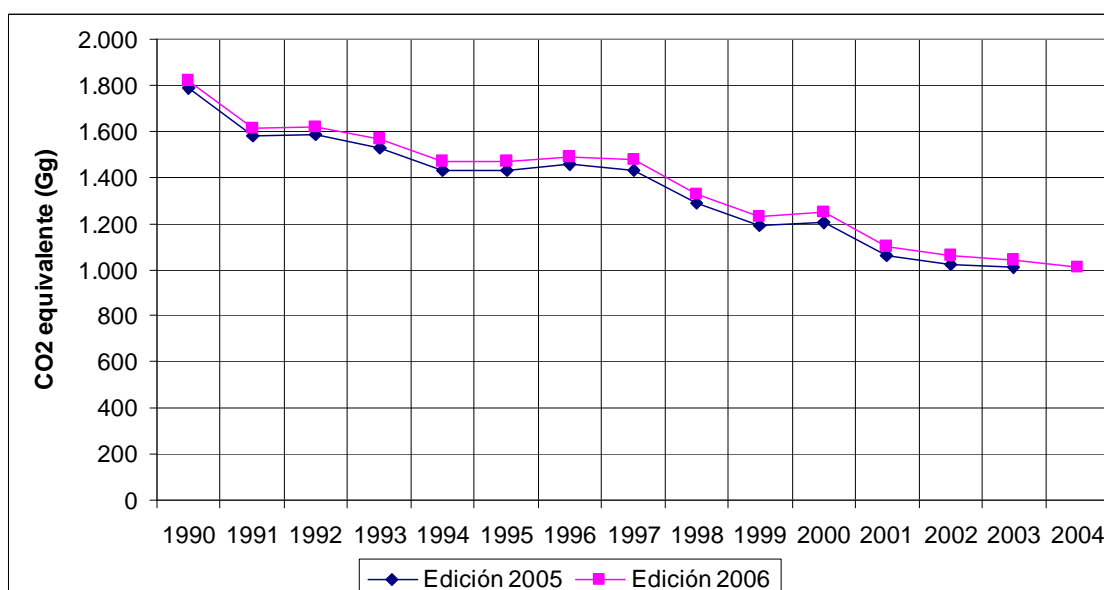
---

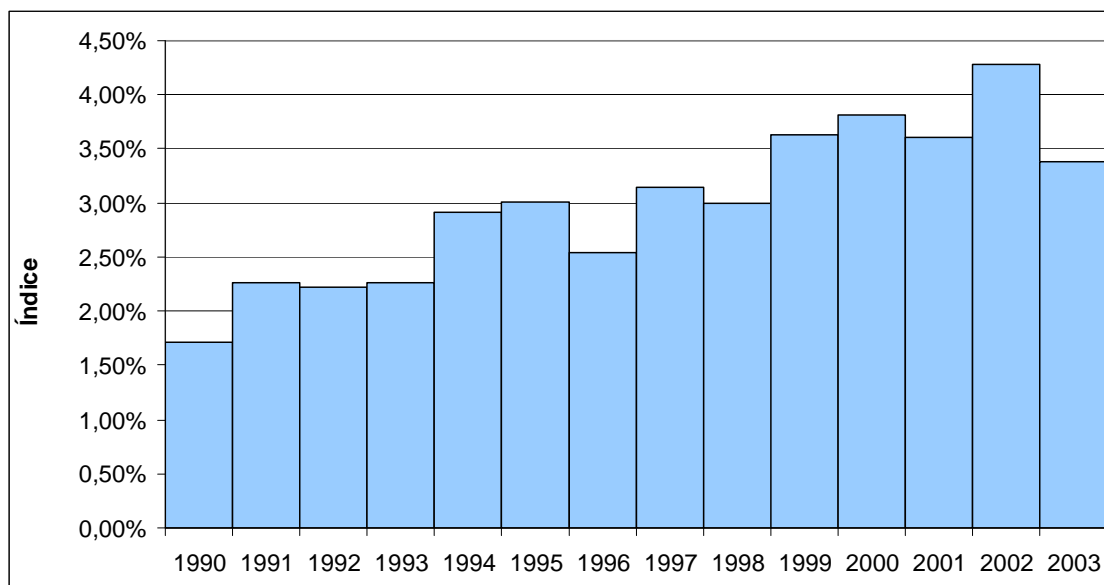
<sup>43</sup> En el caso concreto de la minería, primer tratamiento y almacenamiento, la estimación se realiza por tipo de carbón y tipo de minería.

fundamentalmente a los distintos niveles de importación alcanzados por cada tipo de carbón. Dado que con el anterior procedimiento de estimación se asumía que las importaciones seguían la misma proporción observada en las producciones, se ha juzgado más apropiado tomar directamente la información desglosada de consumo interior disponible para 2004 y asumir idéntica relación entre la hulla y la antracita para el resto de los años inventariados.

La repercusión de este cambio ha sido un aumento apreciable en el consumo interior disponible de hulla en detrimento de las cantidades estimadas para antracita. Con relación a las emisiones de metano, dado que los factores asociados a la hulla, tanto en minería subterránea como a cielo abierto, son superiores a los de antracita, se ha producido un ascenso en las estimaciones para todos los años del periodo de referencia. En el gráfico de valores absolutos, figura 3.10.2, se aprecia una variación de las estimaciones en términos de CO<sub>2</sub>-eq entre 30,6 Gg (año 1990) y 40,6 Gg (año 2000). Según se refleja en la figura 3.10.3, en términos porcentuales, la revisión ha supuesto un incremento con respecto a las emisiones de la edición anterior dentro del rango del 1,7%, para el año 1990, y el 4,3%, para el año 2002.

**Figura 3.10.2.- Emisiones de CH<sub>4</sub>. Comparación Eds 2006 vs 2005**



**Figura 3.10.3.- Emisiones de CH<sub>4</sub>. Diferencia porcentual Eds 2006 vs 2005**

### 3.10.6 PLANES DE MEJORAS

Se plantea de cara a próximas ediciones del inventario la recopilación de información relativa a las coquerías no emplazadas en siderurgia vía cuestionario a planta. Se considera que este desarrollo posibilitará una mejora sustancial en la fiabilidad de los datos de producción nacional de coque, variable de actividad empleada para la manufactura de combustibles sólidos. Este planteamiento puede asimismo mejorar la precisión de la estimación de los gases siderúrgicos del balance de combustibles del inventario.

## 3.11 EMISIONES FUGITIVAS – PETRÓLEO Y GAS NATURAL (1B2)

### 3.11.1 DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD

Esta categoría integra las emisiones generadas en los procesos de extracción, almacenamiento, transporte, procesamiento o eliminación de combustibles derivados del petróleo o gas natural en los que no se realiza un aprovechamiento energético del combustible. Así, se incluyen entre otras actividades la quema en antorchas de petróleo o gas natural, pero no las actividades de combustión destinadas a proporcionar energía en los procesos extractivos o de transformación<sup>44</sup>.

<sup>44</sup> Es importante precisar que la quema en antorchas de petróleo se refiere a la actividad productiva de la cabecera de la industria petrolífera, pero no a la quema en las antorchas en la industria química y en la siderurgia, pues las emisiones de estas últimas se encuadran en la categoría 6C de IPCC.

Los flujos de emisiones estimados para las actividades de esta categoría son los siguientes:

- a) Evaporación y pérdidas de compuestos orgánicos en las plataformas de producción durante la extracción, primer tratamiento y carga para su posterior transporte, distinguiendo entre gas natural y crudo de petróleo.
- b) Fugas en terminales marinos de crudo (contempla operaciones de carga-descarga de buques petroleros, manipulación y posterior almacenamiento en depósitos ubicados en los terminales).
- c) Fugas en sistemas de suministro de combustibles gaseosos, distinguiendo entre redes de transporte y distribución.
- d) Pérdidas en el procesamiento de productos petrolíferos y gas natural<sup>45</sup>, distinguiendo por tipo de operación y clase de combustible.
- e) Emisiones intencionadas de gas, por cuestiones de seguridad, en las plantas de procesamiento y en sistemas de suministro del gas natural mediante el venteo directo del gas o la combustión del mismo en antorchas<sup>46</sup>.

Tras el proceso de refinamiento del crudo, los productos resultantes contienen cantidades no significativas de metano, por lo cual no se estiman emisiones de este contaminante. Sin embargo, en fases posteriores del proceso de refino tienen lugar emisiones de COVNM, estimándose las asociadas a distribución de productos petrolíferos, con tratamiento individualizado de la gasolina, y almacenamiento de productos petrolíferos.

Esta categoría IPCC se ha identificado como fuente clave por su nivel de emisiones de CO<sub>2</sub> a lo largo del periodo inventariado, por su tendencia de emisiones de CO<sub>2</sub> en 1993-1994 y por la tendencia de metano en 1991-1992. Otro gas de efecto invernadero emitido es el N<sub>2</sub>O, cuyos niveles de emisión, significativamente inferiores en términos de CO<sub>2</sub>-eq, se estiman exclusivamente en las antorchas de gas. En la tabla 3.11.1 se presentan las emisiones de gases de efecto invernadero por contaminante.

---

<sup>45</sup> Los procesos de tratamiento del gas natural, como el caso de la recuperación de azufre, se han estimado en conjunto con las pérdidas en extracción, primer tratamiento y carga.

<sup>46</sup> Para el gas natural la información disponible de quema en antorchas se refiere exclusivamente a las plantas de regasificación.

**Tabla 3.11.1.- Emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente**  
(cifras en Gigagramos)

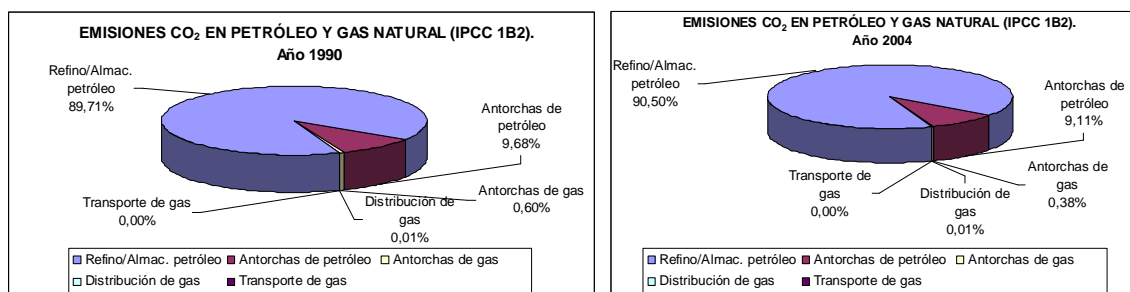
	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
CO <sub>2</sub>	1.743,69	1.903,27	2.197,04	2.066,63	2.148,88	1.915,11	2.177,00
CH <sub>4</sub>	631,02	817,67	783,73	865,18	943,40	689,33	831,67
N <sub>2</sub> O	0,0311	0,0195	0,0163	0,0241	0,0876	0,0615	0,0249
<b>Total CO<sub>2</sub>-equivalente</b>	<b>2.374,74</b>	<b>2.720,96</b>	<b>2.980,78</b>	<b>2.931,83</b>	<b>3.092,37</b>	<b>2.604,51</b>	<b>3.008,69</b>

Las principales fuentes de CO<sub>2</sub> en petróleo y gas natural son los procesos de la industria de refino de petróleo (categoría IPCC 1B2a.iv Refino/Almacenamiento), entre los cuales destacan el craqueo catalítico fluido y otros procesamientos de productos petrolíferos<sup>47</sup>, con unas contribuciones en el 2004 del 68,8% y del 20,3% respectivamente. Así, según se concluye de la tabla 3.11.2, la emisión de CO<sub>2</sub> en la categoría 1B2 registra un incremento del 24,8% en 2004 respecto a 1990, resultado del aumento observado en el refino y almacenamiento de productos, cifrado en un 26%, suavizado por el ascenso más moderado en las antorchas, que ha sido estimado en un 17,5%. En la figura 3.11.1 se complementa la información anterior representando las contribuciones de cada una de las fuentes sobre las emisiones totales de CO<sub>2</sub> en la categoría IPCC 1B2.

**Tabla 3.11.2.- Emisiones de CO<sub>2</sub>**  
(cifras en Gigagramos)

Categoría IPCC	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
1B2a.iv Refino/Almac. petróleo	1.564,17	1.712,37	1.997,30	1.864,29	1.930,32	1.740,41	1.969,92
1B2b.iii Transporte de gas	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01
1B2b.iv Distribución de gas	0,21	0,01	0,25	0,27	0,27	0,25	0,29
1B2c.ii Venteos gas	0,07	0,07	0,06	0,03	0,01	0,00	0,01
1B2c.i Antorchas de petróleo	168,70	184,47	193,88	193,76	188,47	153,78	198,26
1B2c.ii Antorchas de gas	10,54	6,42	5,40	8,05	29,50	20,53	8,31
<b>1B2 Petróleo y gas natural</b>	<b>1.743,69</b>	<b>1.903,27</b>	<b>2.197,04</b>	<b>2.066,63</b>	<b>2.148,88</b>	<b>1.915,11</b>	<b>2.177,00</b>

**Figura 3.11.1.- Principales actividades emisoras de CO<sub>2</sub>**



<sup>47</sup> En la categoría de otros procesamientos de productos petrolíferos se estiman emisiones de CO<sub>2</sub> generadas en la calcinación de coque y en la producción de hidrógeno.



El procesamiento de crudo en las 10 refinerías existentes en España, de procedencia exterior en su práctica totalidad, experimenta una tendencia general al alza, pasando de 53.556 kt en 1990 a 61.734 kt en 2004, lo cual representa un aumento del 15,3%.

Cabe reseñar que la evolución de las emisiones en antorchas de petróleo presenta elevada correlación con la serie de crudo procesado ya que, si bien su puesta en funcionamiento es una medida de seguridad y, por tanto, el volumen incinerado y emitido está en función de condicionantes más complejos, tales como el tipo de gas, la existencia de periodos de parada en la refinería o excesos de producción, el procedimiento de estimación aplicado por defecto toma esa cantidad como valor de la variable de actividad (véase Aspectos metodológicos para mayor detalle).

El segundo contaminante en importancia, aproximadamente un tercio de las emisiones de CO<sub>2</sub>-eq estimadas para esta categoría IPCC (rango del 26 a 32% de las emisiones totales), es el metano. Las emisiones de este contaminante se cifran para 2004 en 832 Gg de CO<sub>2</sub>-eq lo cual constituye, frente a los 631 Gg estimados para 1990, un incremento del 31,8%. Las principales aportaciones tienen lugar en forma de gas natural fugado en las redes de distribución, con una contribución estimada al metano global para esta categoría de 56,7% en 2004, o venteado en el sistema de transporte, con un 37,3% en 2004. La evolución heterogénea de esta última fuente emisora, junto a la pauta más uniforme observada (descenso inicial seguido de un periodo de crecimiento) en las emisiones de distribución de gas, determina el perfil de las emisiones globales.

### 3.11.2 ASPECTOS METODOLOGICOS

Este apartado se centra en la exposición de la metodología aplicada para la estimación de dióxido de carbono y de metano, pues es para estos dos contaminantes para los que se configura como fuente clave esta categoría de actividad.

Con objeto de facilitar una visión preliminar de las fuentes de emisión, se reseña que la actividad denominada “procesamiento de productos petrolíferos” engloba, a su vez, distintas fuentes emisoras que han sido tratadas de forma individual. Por su parte, los sistemas de suministro de gas natural aparecen desglosados por tipo de instalación o naturaleza de las pérdidas. Se presenta a continuación, en las tablas 3.11.3 (procesamiento de productos petrolíferos) y 3.11.4 (suministro de gas natural) la relación de fuentes estimadas en dichas actividades y su correspondencia con las categorías IPCC.

**Tabla 3.11.3.- Procesamiento de productos petrolíferos**

Categoría IPCC	Fuente emisora <sup>(1)</sup>		Contaminante	
	Tipo de proceso	Descripción	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>
1B2a.iv Refino/Almac. petróleo	Separación	Destilación al vacío		√
		Coquización retardada		NE <sup>(b)</sup>
	Conversión	Calcinación de coque	√	
		Craqueo catalítico en lecho fluido <sup>(a)</sup>	√	√ <sup>(c)</sup>
		Hidrotratamientos	√	
	Tratamiento	Reformado con vapor	√	
		Hidrosulfuración	√	

Nota: Para las restantes actividades de procesamiento llevadas a cabo en las refinerías, tales como la destilación atmosférica o endulzamiento de destilados, no se disponen de factores de emisión aunque se asume sean de escasa representatividad.

(a) Emisiones directas de proceso

(b) Emisiones en el regenerador del catalizador

(c) No se ha encontrado factor de emisión en la literatura

(d) Emisiones significativas si la unidad de craqueo catalítico fluido no dispone de filtros electrostáticos (Libro Guía EMEP/CORINAIR, ed. 2005, capítulo B411, Tabla 8.1). En España, las instalaciones cuentan con esta técnica de control

**Tabla 3.11.4.- Sistemas de suministro de gas natural**

Categoría IPCC	Tipo de red/ instalación	Fuente emisora		Contaminante	
		Descripción		CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>
1B2b.iii Transporte de gas	Transporte	Gasoductos		√	√
1B2b.iv Distribución de gas	Distribución	Red de distribución, acometidas y estaciones de regulación y medida (ERM)		√	√
1B2c.ii Venteos de gas	Transporte	Estaciones compresoras		√	√
	Transporte	Plantas de regasificación		√	√
	Transporte	Almacenamientos subterráneos		√	√
1B2c.ii Antorchas de gas	Transporte	Plantas de regasificación		√	√

En la selección de procedimientos metodológicos se ha analizado individualmente cada fuente emisora, evaluando la metodología y el factor de emisión más apropiado a la vista de la disponibilidad de las variables socioeconómicas asociadas y de su contribución a las emisiones totales de la categoría.

#### 3.11.2.1 Emisiones de CO<sub>2</sub>

Las emisiones de CO<sub>2</sub> de la categoría 1B2 se han calculado agrupando las estimaciones realizadas para cada fuente potencialmente emisora reseñada en el apartado anterior. Se describen a continuación los aspectos metodológicos de cada una de ellas:

**a) Calcinación de coque:** Para estimar las emisiones en esta fuente emisora se ha aplicado un balance de masa de carbono en coque (pérdida de carbono durante la calcinación del coque verde). De acuerdo a la clasificación expuesta en el Manual Referencia 1996 IPCC, apartado 1.5, este procedimiento se considera un enfoque metodológico de nivel 2 ya que el consumo de combustible, en este caso

para uso no energético, aparece identificado para una clase de instalación suficientemente homogénea.

A partir de un contenido de carbono en el coque verde del 91,8% y una pérdida de masa de coque verde a coque calcinado del 30%, se ha derivado un factor de emisión de 1.009,8 kg CO<sub>2</sub> por tonelada de coque verde ( $1.009,8 = (44/12) \cdot 0,918 \cdot 0,30 \cdot 1000$  siendo el ratio (44/12) el factor de elevación a masa de dióxido de carbono). Los parámetros empleados fueron recopilados de la publicación "Refino de petróleo, gas natural y petroquímica"<sup>48 49</sup>, referido en lo sucesivo como "Refino", asumiendo en el cálculo posterior del factor que la masa perdida corresponde íntegramente a carbono.

La masa de coque verde procesado en las unidades de coquización es un dato directo de planta al tratarse de una información solicitada en los cuestionarios remitidos a las propias refinerías.

**b) Regenerador del catalizador en el craqueo catalítico fluido (FCC):** Dado que el catalizador desactivado del FCC se regenera mediante la combustión del coque retenido, se han estimado las emisiones según un balance de masa de carbono contenido en dicho coque<sup>50</sup>. De acuerdo a la clasificación expuesta en el Manual Referencia 1996 IPCC, apartado 1.5, este procedimiento se considera un enfoque metodológico de nivel 2 ya que el consumo de combustible, en este caso para uso no energético, viene especificado para una clase de instalación suficientemente homogénea.

En el cálculo de emisiones se aplica un factor de emisión fijo de 3.366 kg CO<sub>2</sub> por tonelada de coque retenido en catalizador, valor derivado a partir de un contenido medio de carbono en el coque verde del 91,8% ( $3.366 = (44/12) \cdot 0,918 \cdot 1000$  siendo el ratio (44/12) el factor de elevación a masa de dióxido de carbono). Para determinar la composición media del coque se ha consultado la publicación "Refino", tabla 7.3.

La masa de coque retenido en el catalizador de las unidades de FCC es un dato directo de planta al tratarse de una información solicitada en los cuestionarios remitidos a las propias refinerías.

---

<sup>48</sup> "Refino de petróleo, gas natural y petroquímica". Fundación Fomento Innovación Industrial. 1997.

<sup>49</sup> Véanse Tabla 7.3 (Composición elemental típica del coque) y pág. 265 ("La pérdida de peso del coque en su proceso de calcinación alcanza un 28-30% de la alimentación") de la citada publicación.

<sup>50</sup> Las refinerías no informan de generadores de vapor o turbinas de gas en las unidades de craqueo que aprovechen el calor generado con la combustión del monóxido de carbono residual originado en la regeneración del catalizador. No existen, por tanto, problemas por doble contabilización.

**c) Plantas de hidrógeno, reformado con vapor y plantas recuperadoras de azufre:** Las refinerías proporcionan, vía cuestionario, emisiones estimadas por tipo de instalación, basándose en los combustibles y características del proceso.

**d) Antorchas en refinerías de petróleo:** Las antorchas pueden incinerar gran diversidad de combustibles gaseosos como gas de refinería, de purga, ácido o gases residuales procedentes de las plantas de recuperación de azufre. La composición y capacidad energética son características sumamente variables en función tanto del tipo de gas como de la propia refinería, lo cual impide establecer unos factores por defecto generales. Dada la deficiente cobertura informativa por planta de las cantidades y composiciones de los gases quemados en antorchas, se adoptó por defecto el enfoque metodológico de nivel 1 propuesto en la Guía de Buenas Prácticas IPCC, apartado 2.7.1.1, siendo completado con las declaraciones de CO<sub>2</sub> emitido por parte de las propias refinerías.

El factor de emisión empleado es de 3,15 kg CO<sub>2</sub> por tonelada de crudo procesado, derivado de un contenido medio de carbono en el crudo de petróleo y una fracción de carbono emitido en antorchas. Tomando un valor medio de 86%C en el crudo y de 0,1% del carbono total del crudo<sup>51</sup>, se obtiene el factor según la ecuación:  $(3,15 = (44/12) \cdot 0,86 \cdot 0,001 \cdot 1000)$ . Para establecer una composición media del crudo de petróleo se ha consultado la referencia "Refino"<sup>52</sup>.

La cantidad de crudo procesado es un dato directo de planta al tratarse de una información solicitada en los cuestionarios remitidos a las propias refinerías. Según ya se ha comentado, algunas refinerías anexan con la información anterior estimaciones de CO<sub>2</sub> emitido en antorchas, dando en tal caso preferencia a las emisiones facilitadas por estar calculadas a partir del conocimiento tanto del volumen de gas como de la composición promedio de la mezcla incinerada.

**e) Red de transporte de gas natural (incluye gasoductos, estaciones compresoras, almacenamientos subterráneos y plantas de regasificación):** Para la estimación de emisiones en fugas y venteos, se aplica una metodología específica nacional. Por lo que respecta a las antorchas, de acuerdo a la clasificación expuesta en el Manual Referencia 1996 IPCC, apartado 1.5, el procedimiento de estimación se considera un enfoque metodológico de nivel 2 ya que el consumo de combustible, en este caso para uso no energético, viene especificado para una clase de instalación suficientemente homogénea.

La principal empresa nacional de transporte de gas natural facilita, vía cuestionario, la información sobre los volúmenes de gas natural emitido por planta (caso de estaciones compresoras, almacenamientos subterráneos y plantas de

<sup>51</sup> Fracción de carbono emitido valoración facilitada por expertos del programa EMEP/CORINAIR.

<sup>52</sup> "La composición del petróleo es muy variada... Los elementos preponderantes son el carbono (84-87% en peso).." (pág.30).

regasificación) y a nivel agregado para los gasoductos<sup>53</sup>. Para 2004, con la puesta en funcionamiento de una nueva planta de regasificación, se ha extendido la recogida de información a la empresa gestora de dicha planta.

Las estimaciones realizadas por las empresas del gas natural emitido en plantas se basan en el registro del número de venteos y del volumen del gas emitido en cada uno de ellos a partir de la capacidad de las instalaciones y/o colectores que se ven afectados en el proceso de venteo, o en su defecto, a partir de datos de caudales y periodicidad del ciclo de venteo. Por lo que respecta a los gasoductos, la información de las fugas es un dato directo de las empresas. La completitud de las series disponibles de emisiones de gas natural por tipo de instalación y/o planta identificada se ha asegurado en los primeros años del periodo inventariado estimando los datos no disponibles mediante procedimientos de regresión o ratios de elevación.

La información solicitada vía cuestionario se completa con una composición molar media anual del gas natural transportado, lo cual permite estimar, para cada empresa, un contenido medio anual de CO<sub>2</sub> y un contenido de carbono total en el gas natural. En la tabla 3.11.5 siguiente se recogen los contenidos obtenidos.

**Tabla 3.11.5.- Estimación de contenidos medios de CO<sub>2</sub> y carbono en el gas natural**  
(% en masa)

	CO <sub>2</sub>	C (total)
1990	0,90%	74,05%
1991	0,90%	74,05%
1992	0,75%	74,28%
1993	0,38%	74,84%
1994	0,08%	75,23%
1995	0,03%	75,13%
1996	0,11%	74,51%
1997	0,24%	73,66%
1998	0,27%	72,45%
1999	0,32%	72,40%
2000	1,03%	74,23%
2001	1,10%	74,37%
2002	1,10%	74,50%
2003	1,00%	74,48%
2004 <sup>(*)</sup>	1,11%	74,42%

(\*) El dato de 2004 corresponde a una de las dos empresas consultadas de transporte.

<sup>53</sup> Las instalaciones cubiertas son: 3 plantas de regasificación (4 en 2004), 8 estaciones de compresión y 1 almacenamiento subterráneo. Al cierre del inventario se aportó la información del otro almacenamiento existente en España, razón por la cual no ha podido integrarse en la presente edición la serie de misiones correspondientes a esta instalación.

Las emisiones de CO<sub>2</sub> generadas en venteos o fugas de gas natural se han calculado aplicando el contenido de CO<sub>2</sub> correspondiente al volumen de gas declarado por cada empresa. El procedimiento de estimación difiere del anterior cuando se trata de las emisiones en antorchas pues, al tener lugar en este caso una combustión de gas natural, se considera que el 99,5%, fracción de oxidación por defecto de IPCC, del carbono total contenido en el gas natural es oxidado (es decir, factor de emisión CO<sub>2</sub> =  $(44/12) \cdot (\%C \text{ total}/100) \cdot 0,995$ ).

Se hace notar que, en el CRF Reporter, se ha tomado el gas natural total suministrado<sup>54</sup> como variable socioeconómica para la categoría 1B2B3 (Transporte de gas natural) por criterios de homogeneidad con la variable solicitada para la distribución de gas natural (1B2B4), el gas consumido; sin embargo, para la estimación de emisiones se han utilizado las propias pérdidas de gas natural. Al calcular el cociente entre ambas variables, pérdidas y gas suministrado, se obtiene una serie con una tendencia global a la baja que no refleja una pauta uniforme, presentando tramos de incremento sostenido seguidos por intervalos con pendiente descendente. Esta evolución dispar a lo largo de la serie de pérdidas, en valores absolutos o porcentuales, está claramente marcada por la variabilidad registrada en los venteos de las plantas de regasificación, principal fuente emisora en el sistema de transporte de gas natural<sup>55</sup>.

**f) Red de distribución de gas (incluye tuberías, acometidas y estaciones de regulación y medida, ERM):** Para la estimación de emisiones de estas actividades se aplica una metodología específica nacional. En la presente edición del inventario se ha tenido en cuenta informes de la principal empresa distribuidora de gas natural<sup>56</sup> comparando los factores recogidos en su procedimiento de control de emisiones, para acometidas, ERM y conductos, diferenciados en este último caso por material de tubería y presión, con distintas fuentes bibliográficas. Los informes de dicha empresa incluían un estudio de campo<sup>57</sup> diseñado para determinar el factor de emisión de gas natural en la red de distribución entre 0,4 y 4 bar (media presión B) con tuberías de polietileno, dada su elevada aportación a las emisiones de gas natural totales y a las diferencias detectadas entre el factor originalmente propuesto por dicha empresa y los sugeridos en literatura para dicha presión y material.

---

<sup>54</sup> El gas natural suministrado se calcula sumando las cantidades consumidas con fines energéticos (consumo estimado en la categoría IPCC 1A), no energéticos (insumos empleados en la industria petroquímica) y pérdidas durante el transporte y distribución de gas natural.

<sup>55</sup> Los venteos en las plantas de regasificación han contribuido en el periodo 1990-2004 entre el 87,6% y el 97,4% del gas natural emitido en el sistema de transporte nacional.

<sup>56</sup> "Evaluación de fugas en redes de distribución de gas natural. Propuesta de modificaciones al procedimiento PGM-087-E Rev.2" (AMF-LITEC 05/T/5), 2005 y "Evaluación de fugas en redes de distribución de gas natural. Determinación del factor de emisión para líneas de Polietileno-Media Presión B" (AMF-LITEC 05/T/8), 2005.

<sup>57</sup> Muestra de medidas en 21 estaciones de regulación y medida aplicando el método de variación de presión para la determinación de fugas (AMF-LITEC 05/T/8).

La revisión de factores ha motivado una modificación metodológica. El procedimiento contemplado en la presente edición estima el gas natural global emitido en todo el sistema de transporte (tuberías, acometidas y ERM) por tipo de material de la tubería y presión de trabajo. Para el cálculo del CO<sub>2</sub> emitido se ha aplicado la composición media anual del gas natural facilitada por la principal empresa nacional de transporte (véase párrafo anterior).

En la tabla 3.11.6, se muestran los factores de emisión utilizados, diferenciados por combinación de material de tubería- presión de trabajo de la línea de distribución principal, empleados para la estimación conjunta de emisiones de gas natural en la línea de distribución principal, las acometidas y las ERM. La inclusión de las acometidas y las ERM en el factor de emisión se ha efectuado asumiendo sendos porcentajes sobre el gas emitido en las líneas de distribución: del 55% en el caso de las acometidas<sup>58</sup> y del 2% para las ERM<sup>59</sup>.

**Tabla 3.11.6.- Factores de emisión de gas natural por tipo de tubería**  
(m<sup>3</sup>N/km de red)<sup>(1)</sup>

Materiales	Presión de trabajo(*)			
	APA	MPB	MPA	BP
Acero	1,20	3,90	1,00	0,80
PVC		15,50	7,80	4,70
Fibrocemento		37,20	9,30	7,80
Fundición dúctil		10,10	2,60	2,30
Fundición gris		10,10	9,30	7,80
Plancha asfaltada		37,20	14,00	12,40
Plomo				7,80
Polietileno	1,00	0,50	0,30	0,30

(1) Longitud de red a mediados del año.

(\*) APA (Alta Presión A): entre 4 y 16 bar; MPB(Media Presión B): entre 0,4 y 4 bar (en la práctica, generalmente 4 bar); MPA: entre 0,05 a 0,4 bar (en la práctica entre 100 y 150 mbar); BP (Baja Presión): inferior a 50 mbar.

La longitud de las redes de distribución por tipo de tubería (cruce material \* presión de trabajo) correspondiente a final de cada año es facilitada por la Asociación Española del Gas, SEDIGAS. Estimando una evolución uniforme de la variable, se calcula la longitud a mediados de año promediando las longitudes por tipo de tubería al final del año correspondiente y del año anterior.

<sup>58</sup> Rango considerado en Eurogas-Marcogaz para las acometidas: 20-90% de las fugas en línea de distribución ("Joint Group Environment, Health and Safety. Working Group on Methane. Emissions Methodology for estimation of methane emissions in the gas industry. Final working group report. 2003").

<sup>59</sup> La carencia de información precisa para la estimación de fugas en ERM en la presente edición se ha suplido asumiendo la relación observada entre los volúmenes de gas fugado en tuberías y en ERM estimados con la metodología aplicada en la edición pasada.

En la serie de emisiones de gas natural asociadas al sistema de distribución se evidencian tres periodos: de 1990 a 1992 y de 2001 a 2004 con un incremento de emisiones como consecuencia del desarrollo en las infraestructuras gasistas; y de 1992 a 2001, en el que descienden las emisiones por la sustitución de tuberías de mayor potencial emisor (fibrocemento, fundación gris o plancha asfaltada) que contrarresta el crecimiento de la red. Las medidas implementadas para mejorar la red de distribución y reducir las fugas de gas natural han sido la eliminación progresiva de tuberías de materiales con mayores fugas a partir del año 1992 e instalación de tuberías de polietileno, de menor potencial emisor. Como consecuencia de estas actuaciones los ratios de gas natural fugado por unidad de longitud de red o unidad de volumen de gas distribuido muestran un incremento hasta 1992 seguido de un descenso continuado a partir de tal fecha.

Otros combustibles gaseosos distribuidos por tuberías son los gases licuados del petróleo, el aire propanado y, hasta 1999, el gas manufacturado de nafta y carbón. Dada la composición química de estos combustibles se ha considerado que las fugas de los mismos son fuentes emisoras únicamente de COVNM.

Se hace notar que la variable socioeconómica solicitada en el CRF Reporter es la energía consumida de combustibles gaseosos<sup>60</sup>, mientras que para la estimación de las emisiones se han considerado las pérdidas de gas natural basándose en los datos de la red nacional de tubería. Al observar tanto los valores absolutos como los ratios de gas natural emitido por total suministrado, se aprecia un incremento hasta 1992 que viene motivado por el aumento significativo en los kilómetros de red de baja presión de fibrocemento y de fundición gris. En años posteriores se produce una renovación progresiva de las tuberías con una sustitución a redes menos emisoras que contrarresta el aumento general en la longitud de la red nacional, suponiendo una continua bajada en las emisiones, y ratios, de gas natural emitido.

#### 3.11.2.2 Emisiones de CH<sub>4</sub>

Las emisiones de CH<sub>4</sub> de la categoría IPCC 1B2 se han calculado agrupando las estimaciones realizadas para cada fuente potencialmente emisora reseñada en el apartado anterior. Se enuncian a continuación sus metodologías de estimación:

**a) Extracción, primer tratamiento y carga de combustibles líquidos y gaseosos:** El criterio determinante para la elección del método de estimación, tanto para los combustibles líquidos como para los gaseosos, ha sido el de disponibilidad de información de las variables socioeconómicas, lo que ha motivado la adopción en

---

<sup>60</sup> El dato socioeconómico señalado en el CRF corresponde a la energía distribuida para consumo final, energético o no, por tuberías para GLP, aire propanado y gas manufacturado, junto con la energía total distribuida de gas natural (calculada a partir del consumo en el sector transformación, consumo final y pérdidas estimadas).



ambos casos de la metodología simple expuesta en el Libro Guía de EMEP/CORINAIR<sup>61</sup>.

La referencia para los factores de emisión de metano es el Manual CORINAIR<sup>62</sup>, del cual se recopilaron factores de emisiones de COV<sup>63</sup>, y sus coeficientes de especiación entre CH<sub>4</sub> y COVNM<sup>64</sup>.

La variable de actividad para ambos tipos de combustible es la cantidad nacional extraída, dato recopilado de estadísticas nacionales elaboradas por el MICYT, "Estadística de Prospección y Producción de Hidrocarburos".

**b) Terminales marinos:** Idéntico comentario con relación a la metodología y factor de emisión.

Como variable de actividad se ha tomado la cantidad total de crudo adquirido (importado) por las refinerías. Las principales fuentes de referencia utilizadas son los cuestionarios internacionales de productos petrolíferos remitidos a los organismos internacionales, AIE y EUROSTAT. Para el último año del periodo inventariado, al no estar disponible dicha fuente durante la fase de elaboración del Inventario, se ha consultado el informe anual elaborado por la Corporación de Reservas Estratégicas de Productos Petrolíferos (CORES).

**c) Destilación al vacío:** El Libro Guía EMEP/CORINAIR desarrolla una metodología específica para esta actividad emisora, método detallado<sup>65</sup>, cuyos requerimientos de información se adecúan a los disponibles por las propias refinerías.

Los factores de emisión empleados, distinguiendo si disponen o no de técnicas de control, están derivados del Libro Guía EMEP/CORINAIR<sup>66</sup>, el cual recopila factores de THC (hidrocarburos totales) en términos de volumen de alimentación al vacío (m<sup>3</sup> alimentación). Para determinar el factor de emisión de metano se ha asumido una especiación del 1% de CH<sub>4</sub> en las emisiones de THC. Asimismo, dado que el dato socioeconómico de base es la masa de alimentación, se ha expresado el factor de emisión en tal magnitud aplicando una densidad media de 0,885 kg/l. Así, el factor obtenido para instalaciones sin técnicas de control es de 1,6 g/tonelada de

---

<sup>61</sup> Véase capítulo B521, capítulo 4, del citado documento (ed. 2005)

<sup>62</sup> Manual CORINAIR (1992). "Default Emission Factors Handbook". Segunda edición. CITEPA, parte 6, apartados 5.2 y 5.3, referentes a COV.

<sup>63</sup> El factor de COV para gas natural incluye las emisiones por desulfuración.

<sup>64</sup> Parte 1, tabla 4.7 del Manual CORINAIR.

<sup>65</sup> Véase capítulo B411, apartado 5, del citado documento (ed. 2005).

<sup>66</sup> Factor de THC sin control=0,144 kg/m<sup>3</sup> alimentación al vacío; las emisiones de THC en instalaciones con control no son significativas (Libro Guía. EMEP/CORINAIR., ed. 2005, capítulo B411, Tabla 8.1).

alimentación al vacío ( $1,6=0,144 \cdot 1000 \cdot 0,001 \cdot 0,885$ ) y considerado despreciable para unidades con control.

La masa de alimentación en las unidades de destilación al vacío es un dato directo de planta al tratarse de una información solicitada en los cuestionarios remitidos a las propias refinerías.

**d) Antorchas en refinerías:** La limitada información sobre volúmenes incinerados y caracterización de los gases consumidos ha sido determinante en la selección del procedimiento de estimación. Así, se ha adoptado el enfoque metodológico de nivel 1 señalado en la Guía de Buenas Prácticas IPCC, apartado 2.7.1.1, tomando como variable de actividad el crudo procesado.

El factor de emisión utilizado, de  $2 \text{ g/m}^3$  alimentación en refinería, proviene del propuesto para THC en el Libro Guía EMEP/CORINAIR<sup>67</sup>, expresado originalmente en volumen de crudo, habiéndose asumido una equivalencia entre THC y COV y una especiación del 20% de metano en los compuestos orgánicos emitidos, porcentaje citado en la guía metodológica de EMEP/CORINAIR<sup>68</sup>. Para la conversión a masa de crudo, se ha empleado la densidad referida en la publicación "Refino"<sup>69</sup>, de 0,883 kg/litro de crudo.

La masa de crudo procesado es un dato directo de planta al tratarse de una información solicitada en los cuestionarios remitidos a las propias refinerías.

**e) Antorchas en plantas de regasificación:** El procedimiento empleado de cálculo se ha basado en la metodología simplificada descrita en el Libro Guía EMEP/CORINAIR<sup>70</sup>, consistente en aplicar un factor por defecto al volumen de gas incinerado.

El factor de emisión elegido,  $211 \text{ g/mil m}^3\text{N}$ , ha sido calculado a partir del factor recomendado en el Libro Guía EMEP/CORINAIR<sup>71</sup> ( $0,2 \text{ g/m}^3\text{S}$ ) y un factor de conversión de  $\text{m}^3$  estándares a normales de 288/273 ( $15^\circ\text{C}$  para la temperatura estándar).

El volumen de gas quemado en antorchas es un dato directo de las empresas de transporte, información facilitada a nivel de planta vía cuestionario.

---

<sup>67</sup> Véase capítulo B923, apartado 8, tabla 2, del citado documento (edición 1996).

<sup>68</sup> U.S. EPA Chief.

<sup>69</sup> Valor indicado en la página 670 del citado documento.

<sup>70</sup> Véase capítulo B926, apartado 4, del citado documento (edición 1996)

<sup>71</sup> Véase capítulo B926, apartado 8, del citado documento (ed. 2005). Se ha seleccionado el factor de emisión recopilado del informe publicado por la asociación de la industria del petróleo noruega (programa de investigación, OLF, 1993), por recomendación de la guía metodológica.

**f) Red de transporte y de distribución de gas natural:** Véanse los apartados respectivos correspondientes a emisiones de CO<sub>2</sub>.

### 3.11.3 INCERTIDUMBRE Y COHERENCIA TEMPORAL

Cabe mencionar la variedad de actividades emisoras que engloba esta categoría y la heterogeneidad en la magnitud de sus incertidumbres asociadas. A nivel global, la incertidumbre asignada a las variables de actividad se estima en un 10% para las relacionadas con los productos petrolíferos y un 30% para las relacionadas con el gas natural. Los datos de actividad de los productos petrolíferos incorporan una incertidumbre debida fundamentalmente a la identificación de las sucesivas fases seguidas en la producción, transporte y distribución. Por lo que respecta al gas natural, las emisiones de gas estimadas a partir de reseguimientos en las instalaciones o de la aplicación de factores, muestran una incertidumbre presumiblemente superior, resultado de la metodología o de los factores de emisión aplicados en la estimación del gas natural.

Por otra parte, la incertidumbre global del factor de metano se estima en un 5%, influida primordialmente por los márgenes de error de la composición del gas natural<sup>72</sup>. Para el dióxido de carbono, la incertidumbre en su factor de emisión puede considerarse globalmente en torno al 25%.

Con relación a la consistencia de las series, se hace notar que los factores de emisión de metano y de dióxido de carbono por fugas y venteos de gas natural, o de dióxido de carbono en antorchas de gas, se estiman a partir de la composición media anual del gas natural proporcionada por las empresas de transporte de gas. Los factores implícitos para otras fuentes emisoras reflejan las características particulares de cada planta, caso de las emisiones declaradas por las refinerías, o se han mantenido constantes a lo largo de todo el periodo inventariado. Por otra parte, para la determinación de las variables de actividad la información de base ha procedido de las mismas fuentes de referencia y el tratamiento de dicha información ha sido homogéneo en toda la serie. Al efectuar una modificación metodológica, véase apartado de nuevos cálculos, toda la serie ha sido revisada.

Por lo que respecta a la completitud de inventario, se comenta que las estimaciones de dióxido de carbono y de metano en esta categoría contemplan las principales fuentes emisoras. Se asume que otras fuentes no tratadas no resultan relevantes en las emisiones totales de esta categoría para los referidos contaminantes. Las causas de esta exclusión pueden ser: a) no estar mencionadas en guías metodológicas como fuentes potenciales, como, por ejemplo, las emisiones fugitivas en las refinerías no asociadas a procesos, el almacenamiento y distribución de productos petrolíferos; b) no haberse encontrado factor en la

---

<sup>72</sup> El factor de metano está basado en el contenido de tal componente en el gas natural, según composición facilitada por la principal compañía de transporte de gas natural.

literatura, como ocurre con ciertos procesamiento del crudo (destilación atmosférica o endulzamiento de destilados); c) carecer de variables socioeconómicas, como las emisiones fugitivas por prospección.

#### 3.11.4 CONTROL DE CALIDAD Y VERIFICACIÓN

Con la información facilitada por la principal empresa distribuidora de gas natural se contrastaron los factores de emisión de gas natural en las líneas de distribución con los aplicados en el contexto de otros países, y del análisis se derivó una estimación de la incertidumbre asociada a la variable de actividad.

#### 3.11.5 REALIZACIÓN DE NUEVOS CÁLCULOS

En este apartado se describen las principales variaciones que, para el periodo 1990-2003, presenta la nueva edición del inventario con relación a la edición anterior.

- Modificación de la fuente básica de referencia seleccionada para la variable de distribución y depósito de crudo de petróleo en los terminales marinos. En la edición anterior la cantidad adquirida de crudo por las refinerías era recopilada de la publicación nacional de OILGAS<sup>73</sup>. Tras apreciar discrepancias con distintas estadísticas nacionales consultadas se ha decidido reemplazar la información por la del cuestionario sobre gas natural que se remite a la AIE y a EUROSTAT, asegurando de esta manera la coherencia con la información que figura en los balances energéticos del inventario de emisiones.

Este cambio, que afecta a todo el periodo inventariado, se refleja principalmente en una reducción en las cantidades anuales adquiridas de crudo y, en consecuencia una variación de igual signo y magnitud, en términos de porcentaje, de las emisiones de metano asociadas. Las diferencias porcentuales para esta fuente emisora van de -5,5 % (1991) a 0,6% (1996).

- Reubicación de las emisiones asociadas al transporte de gas natural. Los venteos de gas natural originados en los almacenamientos subterráneos, estaciones compresoras y plantas de regasificación, anteriormente contemplados en la categoría 1B2b.iii, se encuentran ubicados en la presente edición dentro de la categoría 1B2c.ii (Venteos de gas). Este cambio está motivado por una reinterpretación de la clasificación y las categorías IPCC que lo integran.
- Modificación de la metodología y variables correspondientes a los sistemas de distribución de gas natural. En la presente edición se ha desarrollado una colaboración con la principal compañía del sector para analizar la validez de los

---

<sup>73</sup> Enciclopedia OILGAS. "Enciclopedia Nacional del Petróleo, Petroquímica y Gas". Sede Técnica, S.A.

procedimientos anteriores y evaluar posibles mejoras sobre los mismos, que ha desembocado en una revisión en profundidad de la metodología aplicada. Dicha compañía, respaldada por SEDIGAS, ha elaborado un informe donde se propone una actualización tanto de los procedimientos como de los factores de emisión de gas natural asociados a las distintas fuentes emisoras en distribución. Asimismo han aportado una revisión de los datos socioeconómicos, longitudes de red por clase de tubería, disponibles por la asociación española del gas, logrando así una cobertura total nacional.

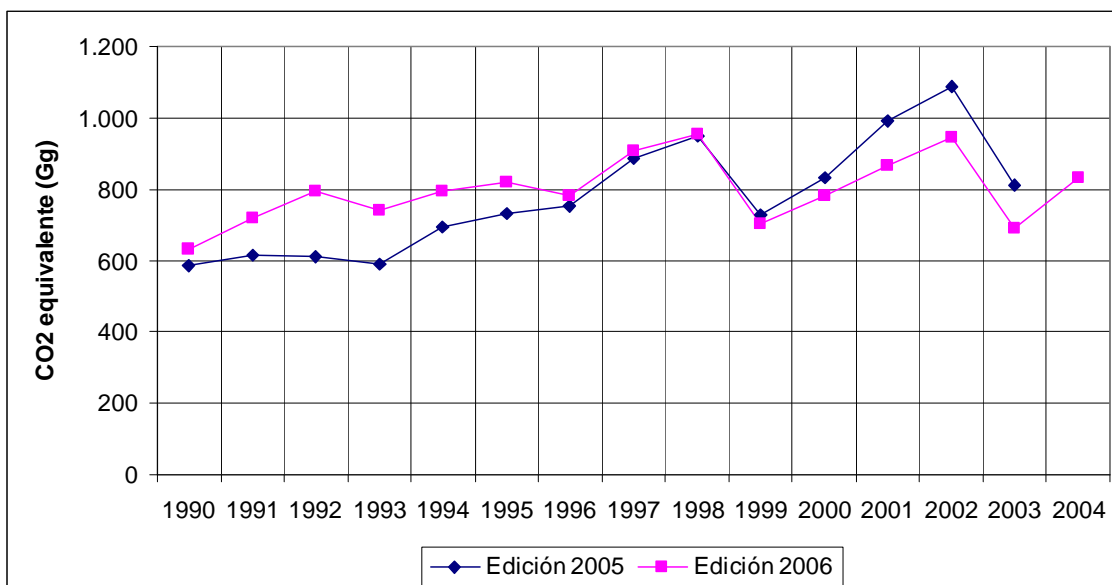
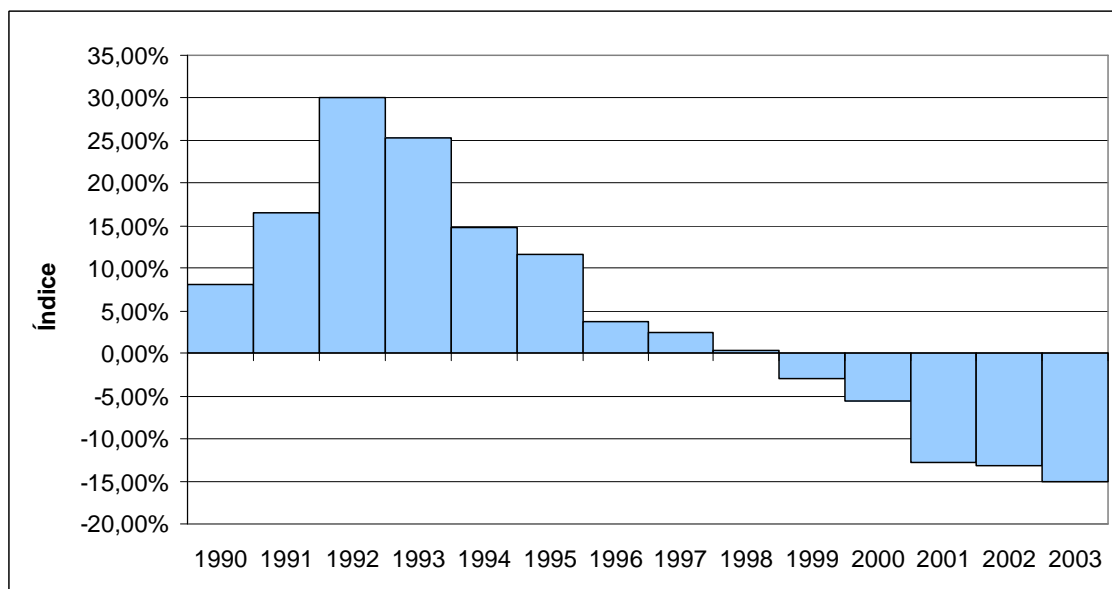
Este cambio que afecta a todo el periodo inventariado, representa un incremento de las emisiones anteriormente estimadas de metano y dióxido de carbono procedente del gas natural, reduciéndose su variación porcentual hasta 1998, fecha a partir de la cual las emisiones de la pasada edición superan la presente estimación. Las diferencias porcentuales para esta fuente emisora van de -50 % (1992) a 26% (2002).

Cabe hacer notar que, para el metano, las evoluciones mostradas en las diferencias absolutas y en las tasas de variación entre las distintas ediciones se manifiestan, aunque de forma más suavizada, en los gráficos correspondientes a toda la categoría 1B2.

- Ajuste del factor de emisión de CO<sub>2</sub> por unidad de energía consumida en antorchas de gas. Por homogeneidad con los restantes factores de CO<sub>2</sub> por combustión de gas natural que se han aplicado en el inventario se ha ajustado la precisión del factor de emisión resultante de las composiciones medias anuales facilitadas por las empresas del transporte de gas natural.

Este cambio, que afecta a todo el periodo inventariado, supone diferencias porcentuales en las estimaciones de esta fuente emisora que van de -0,6 % (2003) a 2,8% (1990).

En las figuras 3.10.2 y 3.10.3 se muestra la repercusión del conjunto de modificaciones arriba comentadas sobre el metano. Dada la escasa trascendencia que tales cambios han supuesto en las emisiones de CO<sub>2</sub> correspondientes a esta categoría (variaciones en el rango de  $\pm 0,03\%$ ), no se presentan aquí los gráficos para este contaminante.

**Figura 3.10.2.- Emisiones de CH<sub>4</sub>. Comparación Eds 2006 vs 2005****Figura 3.10.3.- Emisiones de CH<sub>4</sub>. Diferencia porcentual Eds 2006 vs 2005**

### 3.11.6 PLANES DE MEJORAS

Se planea en la próxima edición recopilar la información precisa para incorporar factores de emisión específicos de ERM, adaptando la actual metodología de estimación de emisiones de gas natural en el sistema de distribución.

El sector de suministro del gas es un mercado en incipiente proceso de liberalización. En ediciones próximas del inventario se pretende investigar la relación completa de empresas suministradores actuales y promover el contacto con los nuevos operadores a medida que se vayan incorporando al mercado gasista, solicitando la información pertinente.

### **3.12 OTRAS FUENTES**

Siguiendo la nomenclatura de fuentes de IPCC se considerarían adicionalmente otras actividades que no siendo fuentes clave en el inventario sí se encuadran bajo el epígrafe de energía. Seguidamente se mencionan alguna de las principales de este grupo "Otras fuentes".

En la combustión estacionaria, tanto de origen industrial (categoría 1A2) como en la realizada en otros sectores englobados en la categoría 1A4, las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes del uso de la clase "otros combustibles" no constituye una fuente clave en el inventario ni por nivel ni por tendencia debido a la escasa participación de este tipo de combustibles en dichos sectores.

Otros cruces de actividades con contaminante, que, aunque recogidos dentro del sector energía, no se identifican como fuentes clave ni por nivel ni por tendencia en el periodo inventariado son las siguientes:

1A3a – Aviación civil: emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O.

1A3b – Transporte por carretera: emisiones de CH<sub>4</sub>.

1A3d – Tráfico marítimo nacional: emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O.

1A3c y 1A3e – Ferrocarriles y otros transportes: emisiones de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O.

1B1 – Emisiones fugitivas en minería y tratamiento de carbón: CO<sub>2</sub><sup>74</sup>.

1B2 – Emisiones fugitivas de petróleo y gas natural: CH<sub>4</sub><sup>75</sup>.

---

<sup>74</sup> En esta actividad no se ha estimado las emisiones fugitivas de CO<sub>2</sub> de las actividades mineras, tal y como se ha comentado en el apartado 3.10.2.2. Queda por tanto pendiente el diagnóstico de caracterización de esta actividad como fuente clave o no cuando se disponga de la correspondiente estimación de dichas emisiones.

<sup>75</sup> No se ha incluido en la estimación las antorchas y venteos en la producción de petróleo y gas natural, pues no se dispone de información al efecto. Quedaría pendiente el diagnóstico de esta actividad como fuente clave o no si se llegara a realizar la estimación de las emisiones correspondientes, aunque presumiblemente en España dada la relativamente menor producción de estos hidrocarburos resulte posiblemente una fuente no clave.





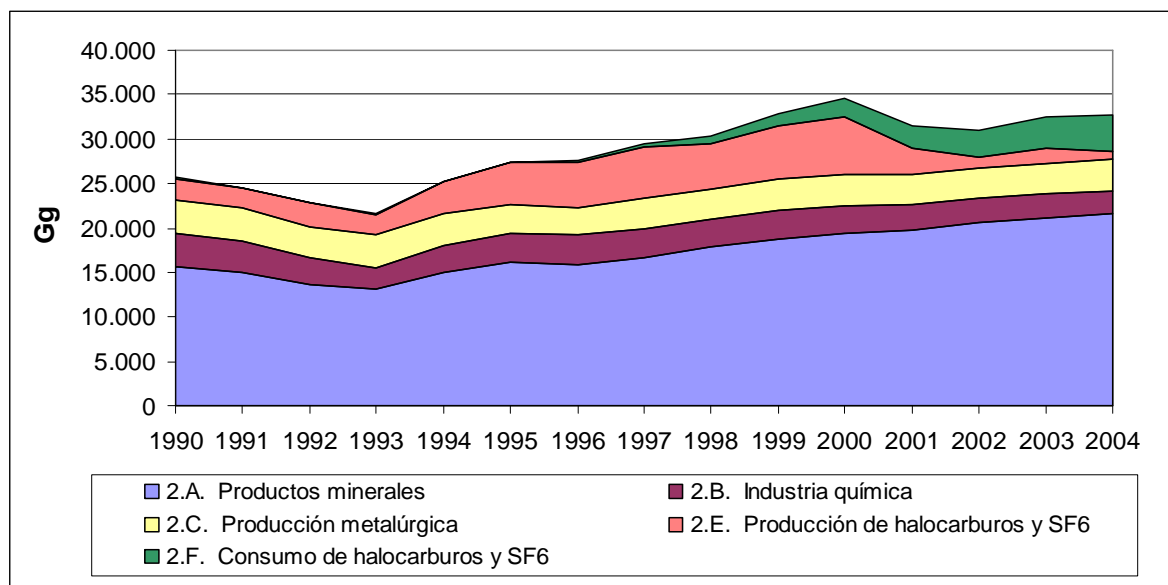
## **4.- PROCESOS INDUSTRIALES**

### **4.1 PANORÁMICA DEL SECTOR.**

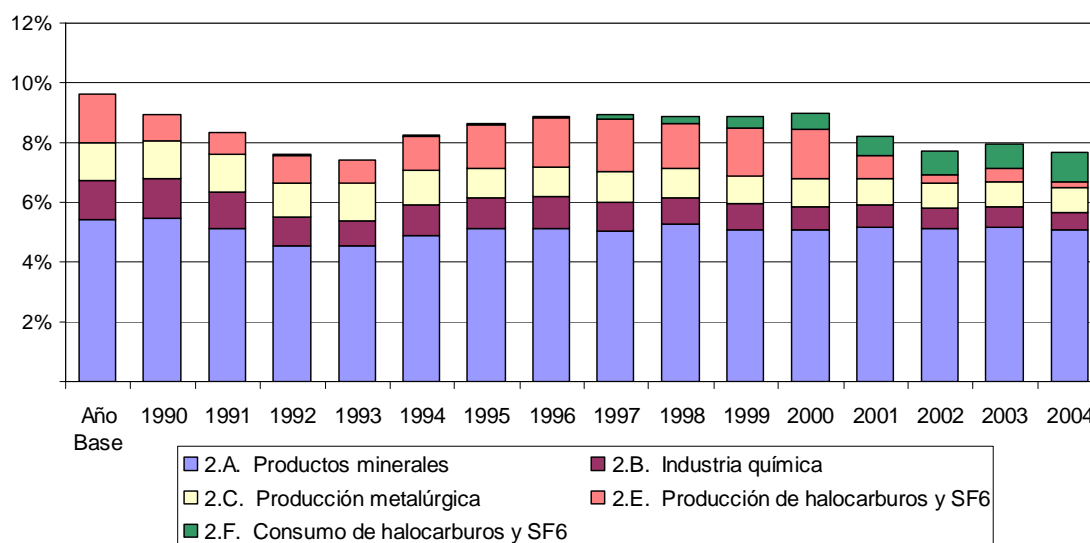
Las emisiones de los procesos industriales representan en el año 2004 un 7,64% de las emisiones totales españolas en términos de CO<sub>2</sub> equivalente, lo que supone una reducción con respecto al año base en el que representaban un 9,63% del total. Por otro lado, las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente en este sector han registrado un incremento del 17,32% en el año 2004 con respecto al año base, pasando de 25.646 gigagramos (Gg) de CO<sub>2</sub> equivalente en 1990 a 32.707 Gg en el año 2004. En la tabla 4.1.1 se presentan en términos de CO<sub>2</sub> equivalente las emisiones del sector de procesos industriales con desglose por categorías componentes según la nomenclatura CRF, representándose en la figura 4.1.1 la evolución de dichas emisiones a lo largo del periodo 1990-2004.

**Tabla 4.1.1.- Emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente**  
(cifras en Gg)

	<b>1990</b>	<b>1995</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>
2.A Productos minerales	15.669	16.250	19.405	19.805	20.539	21.136	21.624
2.B Industria química	3.757	3.228	3.122	2.888	2.724	2.768	2.518
2.C Producción metalúrgica	3.750	3.209	3.567	3.327	3.496	3.330	3.608
2.D Otras industrias							
2.E Producción de halocarburos y SF <sub>6</sub>	2.403	4.638	6.395	2.993	1.171	1.749	787
2.F Consumo de halocarburos y SF <sub>6</sub>	67	116	2.022	2.527	2.994	3.531	4.170
<b>Procesos Industriales</b>	<b>25.646</b>	<b>27.442</b>	<b>34.510</b>	<b>31.540</b>	<b>30.924</b>	<b>32.515</b>	<b>32.707</b>

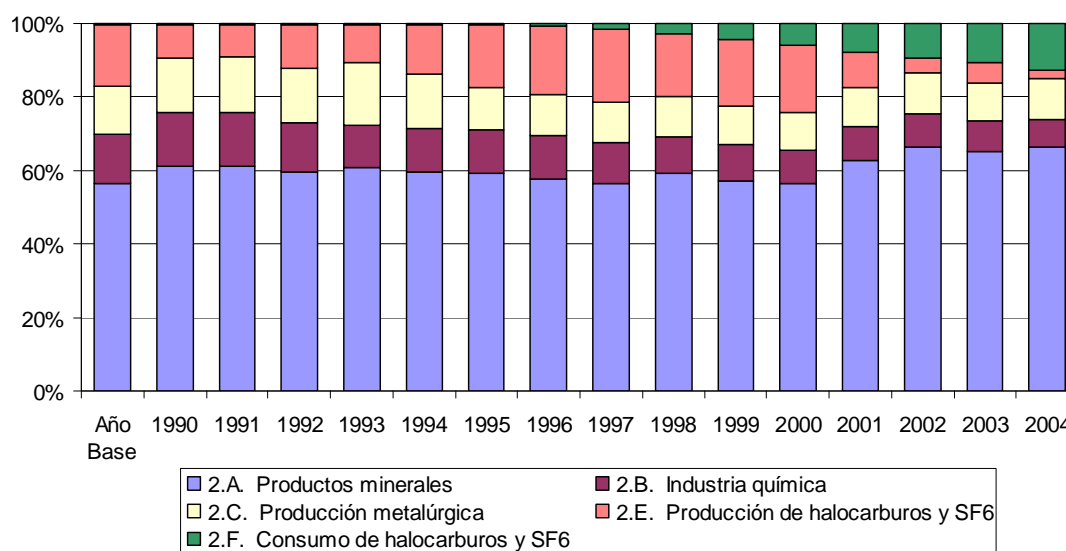
**Figura 4.1.1.- Evolución de las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente**

En la figura 4.1.2 se muestra la contribución de las distintas categorías fuente de este sector a las emisiones totales de CO<sub>2</sub> equivalente a lo largo del periodo 1990-2004. Como puede observarse la contribución conjunta del sector es inferior al 10% del total de emisiones, produciéndose un descenso a partir del año 2000 causado por el incremento de las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente de los restantes sectores.

**Figura 4.1.2.- Porcentaje de las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente por categoría respecto al total del inventario**

En la figura 4.1.3 se muestra la distribución por categoría fuente de las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente del sector de procesos industriales. Como puede observarse en la figura, las emisiones de la categoría de productos minerales constituyen la principal fuente emisora de este sector (65,34% en el año 2004), seguido por la producción metalúrgica y el consumo de halocarburos y SF<sub>6</sub> (10,92% y 10,96% respectivamente en el año 2004). También puede apreciarse la evolución de las distintas categorías, donde las mayores variaciones se producen en el incremento del consumo de gases fluorados, cuya presencia en el año base es prácticamente testimonial, y en la producción de halocarburos, donde se produce un incremento de las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente hasta el año 2000 y un posterior descenso en los años posteriores causado principalmente por la implantación de sistemas de recuperación de los gases emitidos.

**Figura 4.1.3.- Porcentaje de las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente por categoría respecto al total del sector**



En lo que sigue de esta sección se examinan en detalle las fuentes clave del sector de procesos industriales. Para el periodo 1990-2004 se han identificado las siguientes fuentes clave:

- Producción de cemento (2A1) por su nivel de emisión CO<sub>2</sub> y por su tendencia para todo el periodo 1990-2004.
- Uso de piedra caliza y dolomita (2A3) por su nivel de emisión de CO<sub>2</sub> en los años 1995-2004 y por su tendencia en el periodo 1991-1993.
- Producción de ácido nítrico (2B2) por su nivel de emisión de N<sub>2</sub>O para el periodo 1990-2003 y por su tendencia en todo el periodo 1990-2004.

- Producción de hierro y acero (2C1) por su nivel de emisión de CO<sub>2</sub> en los años 1990-1994, 1998, 2000, 2002 y 2004 y por su tendencia en los años 1992 y 1995-2003.
- Producción de aluminio (2C3) por su tendencia en las emisiones de PFC en los años 1990 y 1999-2004.
- Fabricación de HCFC-22 (2E1) por su nivel de emisión de HFC en el periodo 1990-2001 y por su tendencia en los años 1990-1995, 1997-1998 y 2001-2004.
- Consumo de halocarburos y SF<sub>6</sub> (2F) por su nivel de emisión conjunto de HFC y PFC en los años 2000-2004 y por su tendencia en el periodo 1997-2004.
- Uso de SF<sub>6</sub> en equipos eléctricos (2F8) por su tendencia en el año 1990.

Como síntesis de lo anterior se presenta a continuación la tabla 4.1.2 que recoge, para las categorías clave de este sector, la contribución de las emisiones al nivel y a la tendencia, el número de orden de la categoría en la relación de fuentes clave<sup>76</sup>, así como los valores absolutos en términos de CO<sub>2</sub> equivalente, referidos todos ellos al año 2004.

**Tabla 4.1.2.- Fuentes clave: contribución al nivel y a la tendencia**

Actividad IPCC		Gas	CO <sub>2</sub> -eq (Gg) (2004)	Contribución Nivel (2004)			Contribución Tendencia (2004)		
Código	Descripción			%	Fuente clave	Nº orden	%	Fuente clave	Nº orden
2A1	Producción de cemento	CO <sub>2</sub>	16.631	3,89	SI	6	1,08	SI	17
2A3	Uso de piedra caliza y dolomía	CO <sub>2</sub>	2.207	0,52	SI	22	0,23	NO	30
2-2A1-2A2- 2A3-2C1	Otros procesos industriales	CO <sub>2</sub>	3.391	0,79	SI	18	0,29	NO	26
2B2	Producción de ácido nítrico	N <sub>2</sub> O	1.788	0,42	NO	26	1,40	SI	15
2C1	Producción de hierro y acero	CO <sub>2</sub>	1.879	0,44	SI	25	0,46	NO	24
2C3	Producción de aluminio	PFC	183	0,04	NO	49	0,59	SI	22
2E1	Fabricación de HCFC-22	HFC	454	0,11	NO	40	3,63	SI	8
2F	Consumo de halocarburos y SF <sub>6</sub>	HFC y PFC	3.915	0,91	SI	17	2,21	SI	11
2F8	SF <sub>6</sub> en equipos eléctricos	SF <sub>6</sub>	255	0,06	NO	46	0,05	NO	49

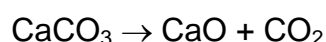
En los epígrafes restantes de este capítulo se examinan las actividades (según categoría IPCC) o conjunto de actividades (combinación de más de una categoría IPCC) del sector de procesos industriales, habiendo tenido en cuenta para esta agrupación la identificación previamente reseñada de fuentes clave; en algunos casos se han agrupado dos o más fuentes clave por conveniencia de la exposición y, en todo caso, se hace también en el epígrafe final una presentación (si bien más resumida) de las fuentes no claves del sector.

<sup>76</sup> Orden determinado por la contribución de las emisiones de la categoría al nivel o a la tendencia

## 4.2 PRODUCCIÓN DE CEMENTO (2A1).

### 4.2.1 DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD

En esta actividad se contemplan las emisiones que se producen durante el proceso de fabricación de clínker como consecuencia de la disociación térmica de las moléculas de carbonato cálcico y carbonato magnésico presentes en el crudo de acuerdo con las siguientes reacciones químicas:



Estas reacciones tienen lugar en el proceso de cocción del crudo, previo a la formación de los compuestos hidráulicos del clínker.

La emisión de CO<sub>2</sub> es inherente al proceso de fabricación de clínker, siendo un valor prácticamente fijo por tonelada de clínker fabricada. Las emisiones correspondientes a las actividades de combustión en este proceso se encuadran dentro de la categoría CRF 1A2f.

En la tabla 4.2.1 se muestran las emisiones de CO<sub>2</sub> para esta actividad, siendo este gas el que confiere a esta fuente su naturaleza de clave. En la tabla 4.2.2 se muestran dichas emisiones en términos de CO<sub>2</sub> equivalente. En esta misma tabla se presentan el índice de evolución temporal (base 100 año 1990) de las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente, y las contribuciones de las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente de esta categoría sobre el total del inventario y sobre el sector "Procesos Industriales".

**Tabla 4.2.1.- Emisiones de CO<sub>2</sub>**  
(cifras en Gg)

1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
12.534	12.622	15.034	15.327	15.853	16.371	16.631

**Tabla 4.2.2.- Emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente: valores absolutos, índices y ratios**

	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
CO <sub>2</sub> -eq (Gg)	12.534	12.622	15.034	15.327	15.853	16.371	16.631
Índice CO <sub>2</sub> -eq	100,0	100,7	119,9	122,3	126,5	130,6	132,7
% CO <sub>2</sub> -eq sobre total	4,37	3,97	3,91	3,99	4,12	4,07	4,07
% CO <sub>2</sub> -eq sobre procesos industriales	48,87	45,99	43,56	48,59	50,26	52,94	51,15

### 4.2.2 METODOLOGÍA

La estimación de las emisiones de CO<sub>2</sub> correspondientes a esta actividad se ha realizado utilizando el método de nivel 2 de IPCC, mediante la aplicación de un factor de emisión a las cantidades de clínker producido.

La información sobre la producción de clínker se ha obtenido a través de la publicación “Industrias del Cemento” para el periodo 1990-1998 y mediante información facilitada por la propia asociación del sector de fabricación de cemento (OFICEMEN) para el periodo 1999-2004. La disponibilidad de esta información ha determinado la elección del método de estimación de las emisiones. En la tabla 4.2.3 se presenta la producción de clínker expresada en toneladas.

**Tabla 4.2.3.- Producción de clínker**  
(cifras en toneladas)

1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
23.211.731	23.373.454	27.840.499	28.382.550	29.357.596	30.316.646	30.798.002

Para la estimación de las emisiones de CO<sub>2</sub> existen diversas referencias que proponen distintos factores de emisión (EMEP/CORINAIR, IPCC). Sin embargo aquí se ha optado por utilizar la información facilitada por la propia asociación del sector de fabricación de cemento, la cual indica unas emisiones de CO<sub>2</sub> provenientes de la descarbonatación de 540 kg CO<sub>2</sub>/t de clínker producido. Este factor se ha obtenido mediante la aplicación de la siguiente fórmula a los análisis de clínker tomados en el año 2005 en 12 fábricas de cemento (clínker de cemento gris):

Factor de emisión [t CO<sub>2</sub>/t clínker] =

$$0,785 \cdot (\text{Salida CaO [t CaO/t clínker]} - \text{Entrada CaO [t CaO/t material de entrada]}) + \\ 1,092 \cdot (\text{Salida MgO [t MgO/t clínker]} - \text{Entrada MgO [t MgO/t material de entrada]})$$

siendo 0,785 y 1,092 las fracciones estequiométricas de CO<sub>2</sub>/CaO y de CO<sub>2</sub>/MgO respectivamente. Los valores medio, mínimo y máximo así obtenidos son los siguientes:

	CaO	MgO	Factor de emisión (t CO <sub>2</sub> /t clínker)
<b>Media de 12 fábricas</b>	<b>65,66</b>	<b>1,93</b>	<b>0,540</b>
Valor máximo	66,97	3,23	0,561
Valor mínimo	64,18	0,96	0,514

Fuente: Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones

Como precisión adicional cabe mencionar que las calizas utilizadas en las cementeras españolas son de una calidad notable, con menor contenido en arcilla (que descarbonata menos). Es por ello por lo que el factor de emisión obtenido como resultado es inferior a los que figuran en otras referencias metodológicas.

#### 4.2.3 INCERTIDUMBRE Y COHERENCIA TEMPORAL

Para la cuantificación de la incertidumbre se ha tenido en cuenta que la estimación de las emisiones se realiza utilizando el enfoque de nivel 2, y con datos

de actividad (clínker producido) facilitados por todas las plantas del sector. Se considera así que la incertidumbre de la variable de actividad puede cifrarse en un 1,5%, como valor medio del rango 1-2% indicado en la Tabla 3.2 de la Guía de Buenas Prácticas de IPCC. En cuanto al factor de emisión aplicado se han tenido en cuenta los valores medios de los rangos de incertidumbre de los pasos (2), (3), (4) y (5) de tabla anteriormente citada, que combinados apropiadamente dan como resultado una incertidumbre combinada del factor de emisión del 8,2%.

Por lo que respecta a la pauta temporal la serie se considera coherente al cubrir el conjunto de plantas del sector en el periodo inventariado y provenir la información directamente de las plantas habiendo sido gestionada por la asociación empresarial del sector.

#### 4.2.4 CONTROL DE CALIDAD Y VERIFICACIÓN

Entre las actividades de control de calidad se realiza la revisión de la homogeneidad de la serie de producción de clínker, teniendo en cuenta que la información provisional facilitada para el último año de la edición previa del inventario es a veces revisada en la edición actual.

#### 4.2.5 REALIZACIÓN DE NUEVOS CÁLCULOS

No se han realizado nuevos cálculos en esta actividad.

#### 4.2.6 PLANES DE MEJORA

No se prevén actuaciones específicas en la estimación de emisiones de esta categoría.

### **4.3 USO DE PIEDRA CALIZA Y DOLOMITA (2A3).**

#### 4.3.1 DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD

En esta actividad se recogen las emisiones provenientes de la descarbonatación de la piedra caliza y dolomita consumidas en diversos procesos productivos (fabricación de vidrio, fritas de vidrio, ladrillos y tejas y magnesitas), así como la utilizada para desulfuración de los gases emitidos por chimenea.

En la tabla 4.3.1 se muestran las emisiones de CO<sub>2</sub> para esta actividad, siendo este gas el que confiere a esta fuente su naturaleza de clave. En la tabla 4.3.2 se muestran dichas emisiones en términos de CO<sub>2</sub> equivalente. En esta misma tabla se presentan el índice de evolución temporal (base 100 año 1990) de las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente, y las contribuciones de las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente de esta categoría sobre el total del inventario y del sector "Procesos Industriales".

**Tabla 4.3.1.- Emisiones de CO<sub>2</sub>**  
(cifras en Gg)

1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
1.220	1.353	1.906	1.915	2.012	2.083	2.207

**Tabla 4.3.2.- Emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente: valores absolutos, índices y ratios**

	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
CO <sub>2</sub> -eq (Gg)	1.220	1.353	1.906	1.915	2.012	2.083	2.207
Índice CO <sub>2</sub> -eq	100,0	110,8	156,2	156,9	164,9	170,7	180,8
% CO <sub>2</sub> -eq sobre total	0,42	0,43	0,50	0,50	0,52	0,52	0,54
% CO <sub>2</sub> -eq sobre procesos industriales	4,76	4,93	5,52	6,07	6,38	6,74	6,79

#### 4.3.2 METODOLOGÍA

Como variable de actividad para la estimación de las emisiones se toma el consumo de piedra caliza y dolomita. Estos consumos se han obtenido del siguiente modo:

- Fabricación de magnesitas: mediante cuestionario individualizado a las dos plantas productoras.
- Fabricación de vidrio: mediante información facilitada por la asociación empresarial Vidrio España, habiéndose realizado estimaciones mediante procedimientos de interpolación en aquellos años y sub-sectores de fabricación de vidrio para los que no se disponía de información al respecto; y para la fabricación de fritas de vidrio, a partir de información facilitada por la Asociación Nacional de Fabricantes de Fritas, Esmaltes y Colores Cerámicos (ANFFECC) sobre emisiones de CO<sub>2</sub> debidas a la descarbonatación, bajo el supuesto de que dichas emisiones proceden en un 50% por el uso de carbonato cálcico y en otro 50% por el uso de carbonato sódico.
- Fabricación de ladrillos y tejas: se ha estimado el consumo de carbonato cálcico asumiendo que el 12% de la arcilla es carbonato cálcico (información facilitada por la Asociación Española de Fabricantes de Ladrillos y Tejas de Arcilla Cocida, HISPALYT).
- Desulfuración: mediante cuestionario específico remitido a las centrales térmicas en las cuales se utiliza este tipo de técnica de reducción de las emisiones.

Cabe indicar que no se han incluido en esta categoría las emisiones de CO<sub>2</sub> debidas al uso de piedra caliza y dolomita como fundentes en los procesos de fabricación de acero (sinterización, hornos altos, hornos de acero), habiéndose contabilizado dichas emisiones dentro de la categoría 2C1.



En la tabla 4.3.3 se presenta el consumo estimado de estas materias expresado en toneladas.

**Tabla 4.3.3.- Consumo de piedra caliza y dolomita**  
(cifras en toneladas)

	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
Piedra caliza	2.576.034	2.871.865	4.075.494	4.067.145	4.300.877	4.456.931	4.706.776
Dolomita	182.388	237.195	268.689	284.681	288.144	283.395	310.313

La estimación de las emisiones de CO<sub>2</sub> se ha realizado tomando como factores de emisión los derivados de la relación estequiométrica del carbonato cálcico (caliza) y del carbonato cálcico-magnésico (dolomita). Se entiende que la información proporcionada por los distintos sectores ya descuenta el factor de impureza del mineral, y se asume en general una eficiencia completa de la calcinación (estos dos últimos supuestos podrán eventualmente ser contrastados y en su caso introducidos explícitamente como factores de corrección en la fórmula del factor de emisión). En la tabla 4.3.4 se muestran los factores de emisión utilizados.

**Tabla 4.3.4.- Uso de piedra caliza y dolomita. Factores de emisión**

	Factor de emisión CO <sub>2</sub> (kg/t)
Piedra caliza (CaCO <sub>3</sub> )	440
Dolomita (CaMg(CO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> )	478

Como caso particular al uso de estos factores de emisión se encuentra la estimación de las emisiones procedentes de la desulfuración de los gases emitidos en centrales térmicas. En este caso se ha dispuesto de información individualizada facilitada por las centrales térmicas que utilizan esta técnica de desulfuración, referente a los siguientes parámetros:

- cantidad de materia prima utilizada (caliza)
- riqueza de carbonato cálcico en la caliza utilizada (%)
- factor de descarbonatación (%): es el porcentaje de carbonato que se disocia generando CO<sub>2</sub>. Este factor es específico de cada central ya que viene determinado esencialmente por el modo de combustión de la instalación.

Con la información de variables y parámetros anteriores se estiman las emisiones de CO<sub>2</sub> como producto de la cantidad de materia prima utilizada por la fracción de riqueza de carbonato cálcico y por la fracción que se descarbonata y por el factor estequiométrico de generación de CO<sub>2</sub> en la descarbonatación del carbonato cálcico (0,44)

### 4.3.3 INCERTIDUMBRE Y COHERENCIA TEMPORAL

La cuantificación de la incertidumbre para la variable de actividad podría cifrarse en valores en torno al 10%, teniendo en consideración que en la mayoría de los casos se trata de información específica de planta, lo que arrojaría un valor de incertidumbre menor que el indicado que se vería contrarrestado por la información a nivel de sectorial para alguna de las aplicaciones aquí contempladas. En cuanto a la incertidumbre de los factores de emisión se considera que podría asimilarse a la correspondiente a la fabricación de cal la cual, según la Tabla 3.4 de la Guía de Buenas Prácticas de IPCC, estaría en torno al 2%.

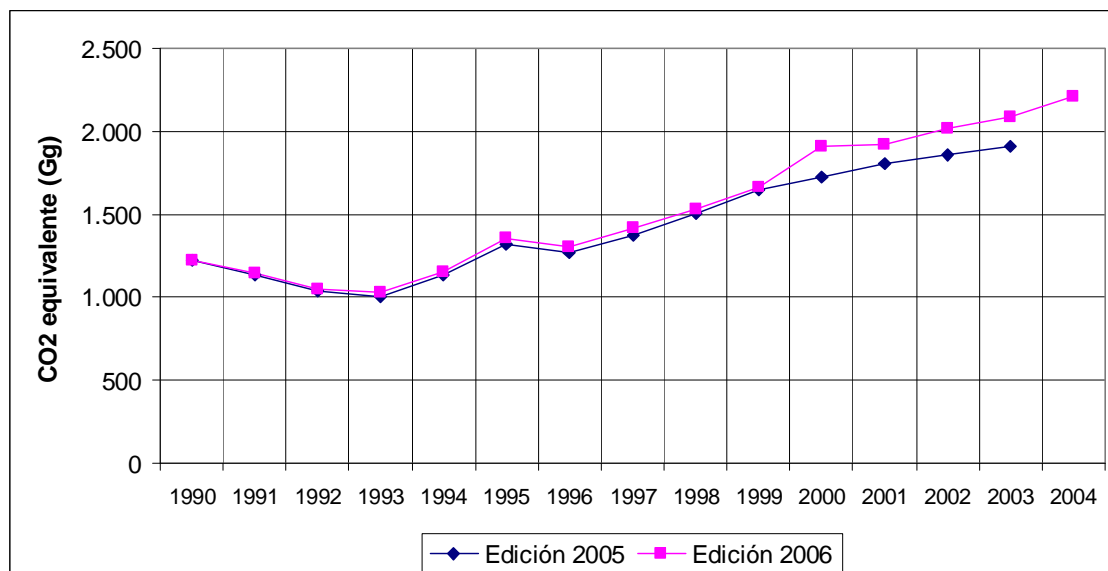
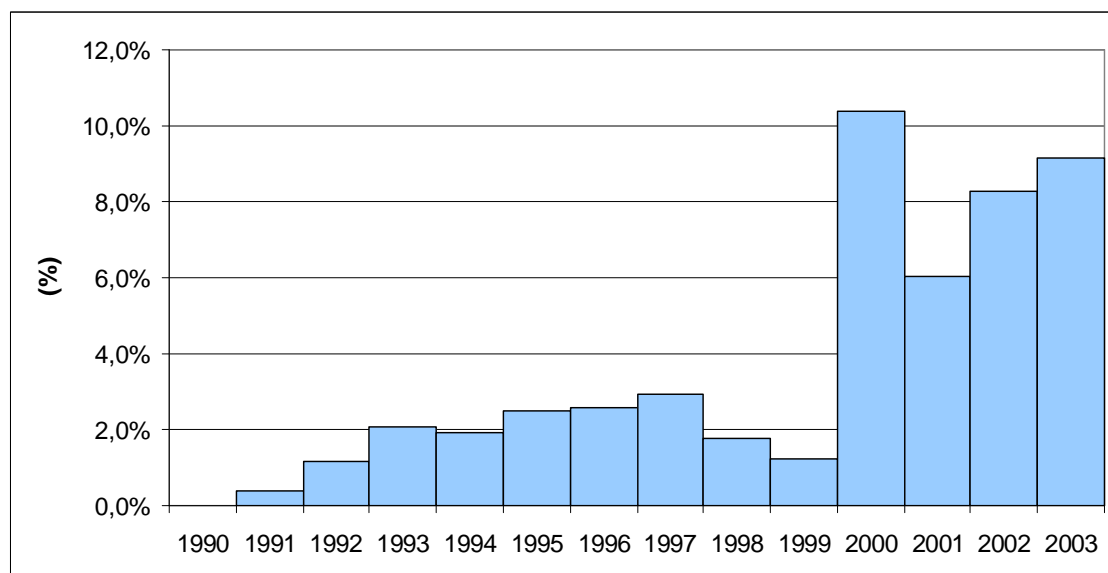
Como se ha comentado anteriormente, se distinguen aquí en cuanto a la información de la variable de actividad diversos conjuntos de agregación. Para los procesos en que la información viene facilitada directamente a nivel de planta se considera que el requerimiento de coherencia temporal está suficientemente contrastado, y para los procesos en los que se dispone de información agregada a nivel de sector, caso de la fabricación de ladrillos y tejas, se han realizado las tareas previas de extrapolación de muestra de plantas informantes al conjunto del total del sector basándose en los datos de producción de la muestra y del total del sector, con lo que asimismo se ha conseguido un buen perfil de coherencia temporal de la serie.

### 4.3.4 CONTROL DE CALIDAD Y VERIFICACIÓN

Las principales tareas de control de calidad se han referido al examen del contenido de carbonatos en las materias primas utilizadas, tarea que se ha acometido en conjunción con los equipos técnicos de las principales asociaciones empresariales de las actividades y procesos aquí considerados.

### 4.3.5 REALIZACIÓN DE NUEVOS CÁLCULOS

En esta edición del inventario se ha incluido la estimación de las emisiones de CO<sub>2</sub> provenientes del uso de carbonato cálcico como técnica de reducción de las emisiones de SO<sub>2</sub>. Esta técnica comenzó a ser utilizada en el año 1991 en una central térmica, siendo utilizada actualmente por cuatro centrales térmicas. La información necesaria para realizar el procedimiento de estimación de las emisiones ha sido recabada mediante cuestionario específico individualizado a las propias centrales. Las emisiones de CO<sub>2</sub> generadas en este proceso pasan de 4 Gg en el año 1991 a 181 Gg en el año 2004. La comparación de resultados de las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente entre las ediciones actual y anterior del inventario se muestra en términos de valores absolutos en la figura 4.3.1 y en términos relativos (diferencia porcentual) en la figura 4.3.2.

**Figura 4.3.1.- Emisiones de CO<sub>2</sub>-eq. Comparación Eds 2006 vs 2005****Figura 4.3.2.- Emisiones de CO<sub>2</sub>-eq. Diferencia porcentual Eds 2006 vs 2005**

#### 4.3.6 PLANES DE MEJORA

Como línea de mejora se propone investigar adicionalmente los coeficientes de riqueza de carbonato en las materias primas para poder aquilatar con mayor precisión los correspondientes factores globales de emisión, al entender que este factor de riqueza es el que puede mostrar una variabilidad más significativa.

## 4.4 PRODUCCIÓN DE HIERRO Y ACERO (2C1).

### 4.4.1 DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD

En esta categoría se recogen las emisiones producidas en la industria siderúrgica, con excepción de las correspondientes a los procesos de combustión asociados (incluidas en la categoría 1A2a), relativas a los procesos de fabricación de sinter, arrabio y acero. No se han incluido aquí las emisiones procedentes del proceso de fabricación de coque al haberse recogido dichas emisiones en la categorías 1A1c (combustión) y 1B1b (emisiones fugitivas).

En el año 1990 existían 3 plantas siderúrgicas integrales. Cada una de estas plantas disponía de hornos de sinterización, hornos altos y acerías de oxígeno básico, siendo la producción de acero en dichas plantas el 44% del total nacional (el 56% restante corresponde a acerías eléctricas, dado que en España no existen hornos de solera en el periodo inventariado). Sin embargo, en el año 2004 sólo quedan dos de las citadas plantas integrales, careciendo una de ellas de las instalaciones de sinterización y horno alto (el arrabio necesario para la fabricación del acero se lo suministra la otra planta integral, perteneciente a la misma empresa y próxima en su ubicación geográfica), siendo la producción de acero al oxígeno el 24% de la producción total y la producción de acero en hornos eléctricos el 76% restante.

En la tabla 4.4.1 se muestran las emisiones de gases de efecto invernadero para esta actividad, siendo el CO<sub>2</sub> el gas que confiere a esta fuente su naturaleza de clave. En la tabla 4.4.2 se complementa la información anterior, expresando el conjunto de las emisiones en términos de CO<sub>2</sub> equivalente. En esta misma tabla se presentan el índice de evolución temporal (base 100 año 1990) de las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente, y las contribuciones de las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente de esta categoría sobre el total del inventario y del sector "Procesos Industriales".

**Tabla 4.4.1.- Emisiones**  
(cifras en Gg)

Contaminante	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
CO <sub>2</sub>	1.825	1.232	1.816	1.732	1.853	1.655	1.879
CH <sub>4</sub>	1,0	0,7	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7

**Tabla 4.4.2.- Emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente: valores absolutos, índices y ratios**

	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
CO <sub>2</sub> -eq (Gg)	1.846	1.248	1.832	1.749	1.869	1.670	1.895
Índice CO <sub>2</sub> -eq	100,0	67,6	99,3	94,7	101,2	90,4	102,6
% CO <sub>2</sub> -eq sobre total	0,64	0,39	0,48	0,45	0,49	0,42	0,46
% CO <sub>2</sub> -eq sobre procesos industriales	7,20	4,55	5,31	5,54	5,92	5,40	5,83

#### 4.4.2 METODOLOGÍA

La estimación de las emisiones de CO<sub>2</sub> se ha realizado utilizando el método de nivel 2 de IPCC según el cual se rastrea el carbono a través del proceso de producción, evitándose de esta manera la contabilidad por partida doble de las emisiones. La elección de este método ha sido posible debido a que se ha podido disponer de balances de masa de carbono en las materias de entrada y salida correspondientes para cada uno de los procesos encuadrados dentro de esta categoría, tal y como se describe más adelante en este apartado, con distinción entre las tecnologías utilizadas en la fabricación de acero (acerías eléctricas vs acerías de oxígeno básico) dadas las diferencias sustanciales en cuanto a la tecnología y las materias primas utilizadas.

En cuanto a las emisiones de CH<sub>4</sub>, tan sólo se ha estimado las correspondientes a la carga de los hornos altos. Para ello se ha utilizado el factor propuesto en el Manual CORINAIR<sup>77</sup> (parte 1, epígrafe 6.2.3) para el total de compuestos orgánicos volátiles de 0,2 kg/t de arrabio, con un porcentaje de CH<sub>4</sub> del 90% y un 10% de COVNM.

Como variable de actividad para la estimación de las emisiones se toman las producciones de acero, sinter y arrabio, las cuales se presentan en la tabla 4.4.3. Las producciones de sinter, arrabio y acero en hornos de oxígeno básico han sido facilitadas directamente por cada una de las plantas siderúrgicas integrales. En cuanto a la producción de acero en hornos eléctricos, la información sobre producciones ha sido obtenida para los años 1990-1994 a través del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio (MITYC); y para los años 1994-2004 de información facilitada por la Unión de Empresas Siderúrgicas (UNESID).

**Tabla 4.4.3.- Producción de acero, sinter y arrabio**  
(cifras en toneladas)

	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
Acero	13.162.544	12.817.855	15.999.504	16.590.308	16.530.329	16.580.455	17.978.623
Sinter	5.588.228	4.158.830	4.267.399	4.321.598	4.145.548	3.837.132	4.095.004
Arrabio	6.946.968	4.747.019	5.468.860	5.450.332	5.382.829	4.999.365	5.466.542

A continuación se detalla para cada uno de estos procesos la metodología seguida para estimar las emisiones de CO<sub>2</sub>.

<sup>77</sup> “Default Emission Factors Handbook” (1992). Second Edition. Edited by CITEPA for DG-XI CEC.

### a) Producción de acero en hornos de oxígeno básico.

Las emisiones del CO<sub>2</sub> en los hornos de oxígeno básico han sido estimadas utilizando el balance de masa de carbono entre las entradas y salidas a la acería, computando el carbono diferencial que quedaría tras descontar de la masa de carbono de las entradas la masa de carbono de los productos inventariados en las salidas (esta masa de carbono diferencial por el ratio 44/12 desemboca en la cifra de emisiones estimadas de CO<sub>2</sub> en esta actividad para cada centro). La información necesaria para realizar el balance de carbono, cuya estructura se presenta en la tabla 4.4.4, ha sido facilitada vía cuestionario por las dos plantas siderúrgicas integrales existentes en la actualidad a partir del año 2000, mientras que para el periodo 1990-1999, al no disponer de esta información, se han obtenido las emisiones totales de CO<sub>2</sub> en el proceso para cada planta aplicando a las toneladas de acero producidas el factor de emisión medio resultante del periodo 2000-2002.

Por último, para la planta siderúrgica integral existente en el periodo 1990-1994, se han estimado las emisiones de CO<sub>2</sub> aplicando el factor de emisión implícito resultante del balance de carbono en el periodo 2000-2002 de una de las dos factorías actualmente en funcionamiento con instalaciones similares a la planta desaparecida.

**Tabla 4.4.4.- Producción de acero en hornos de oxígeno básico.  
Balance de carbono**

		Flujo de productos		Contenido de carbono		Balance de carbono	
		UNIDAD	AÑO	UNIDAD	AÑO	UNIDAD	AÑO
<b>ENTRADA</b>	Carga metálica						
	Chatarra de acero	t		% C		t C	
	Arrabio sólido	t		% C		t C	
	Fundentes						
	Cal gruesa	t		% C		t C	
	Dolomía cruda	t		% C		t C	
	Arrabio	t		% C		t C	
<b>TOTAL ENTRADA</b>						<b>t C</b>	
<b>SALIDA</b>	Chatarra + cascarilla	t		% C		t C	
	Acero	t		% C		t C	
	Gas de acería recuperado	kNm <sup>3</sup>		% C/Nm <sup>3</sup>		t C	
	Gas de acería antorcha	kNm <sup>3</sup>		% C/Nm <sup>3</sup>		t C	
	Emisiones difusas de partículas al agua	t		% C		t C	
	Emisiones difusas de partículas al aire	t		% C		t C	
<b>TOTAL SALIDA</b>						<b>t C</b>	

<b>Diferencia en masa de carbono</b>	<b>t C</b>	
--------------------------------------	------------	--

<b>Emisión CO<sub>2</sub></b>	<b>kt CO<sub>2</sub></b>	
-------------------------------	--------------------------	--

<b>Factor de emisión CO<sub>2</sub> implícito</b>	<b>(kg/t acero)</b>	
---	---------------------	--

### **b) Producción de acero en hornos eléctricos.**

Para las acerías eléctricas el cómputo de las emisiones de CO<sub>2</sub> de proceso se realiza sobre la base de la contribución, en términos de balance de carbono, de: I) consumo auxiliar de combustibles (carbón coquizable, antracita, mezcla de carbones, coque de petróleo, coque siderúrgico, gas natural); y de II) otras materias auxiliares (electrodos de grafito, dolomía, ...). Otros flujos de materiales se asume que están en equilibrio en términos del balance de carbono, es decir, saldo nulo como diferencia entre las entradas (chatarra, arrabio, ferroaleaciones, carbón de afino) y las salidas (acero producido, escorias y polvos), según información técnica facilitada por UNESID.

### **c) Arrabio.**

Para las coladas de arrabio se han estimado las emisiones del CO<sub>2</sub> utilizando el balance de masa de carbono entre las entradas y salidas a los hornos altos, computando el carbono diferencial que quedaría tras descontar de la masa de carbono de las entradas la masa de carbono de los productos inventariados en las salidas (esta masa de carbono diferencial elevada por el ratio 44/12 desemboca en la cifra de emisiones estimadas de CO<sub>2</sub> en esta actividad).

La información relativa al balance de carbono, que se presenta en la tabla 4.4.5, ha podido realizarse a partir del año 2000 con la información facilitada por la única planta que realiza este proceso en estos años. Para el periodo 1990-1999, al no disponer de esta información, se han obtenido las emisiones totales de CO<sub>2</sub> en el proceso para cada planta existente en dichos años aplicando a las toneladas de arrabio producidas el factor de emisión medio resultante del periodo 2000-2002.

Tabla 4.4.5.- Carga de hornos altos. Balance de carbono

		Flujo de productos		Contenido de carbono		Balance de carbono	
		UNIDAD	AÑO	UNIDAD	AÑO	UNIDAD	AÑO
<b>ENTRADA</b>	Carga mineral	t		% C		t C	
	Fundentes						
	Carbonato cálcico	t		% C		t C	
	Silicato de magnesio	t		% C		t C	
	Agentes reductores						
	Carbón de inyección	t		% C		t C	
	Coque	t		% C		t C	
	<b>TOTAL ENTRADA</b>					t C	
<b>SALIDA</b>	Polvo de botellón	t		% C		t C	
	Lodos	t		% C		t C	
	Polvo captación tolvas	t		% C		t C	
	Polvo nave colada	t		% C		t C	
	Arrabio	t		% C		t C	
	Gas de horno alto	kNm <sup>3</sup>		g C/Nm <sup>3</sup>		t C	
	Emisiones difusas de partículas al agua	t		% C		t C	
	Emisiones difusas de partículas al aire	t		% C		t C	
	<b>TOTAL SALIDA</b>					t C	
<b>Diferencia en masa de carbono</b>						<b>t C</b>	
<b>Emisión CO<sub>2</sub></b>						<b>kt CO<sub>2</sub></b>	
<b>Factor de emisión CO<sub>2</sub> implícito</b>						<b>(kg/t arrabio)</b>	

## d) Sínter.

Para estimar las emisiones totales de CO<sub>2</sub> en la fabricación de sínter se ha utilizado el balance de masa de carbono entre las entradas y salidas al proceso de sinterización, computando el carbono diferencial que quedaría tras descontar de la masa de carbono de las materias entrantes la masa de carbono de los productos inventariados en las salidas, obteniéndose una emisión de CO<sub>2</sub> como la masa de este carbono diferencial elevada por el ratio 44/12. De estas emisiones totales, se descuentan las imputables al consumo de combustibles (combustión) en los hornos de sinterización, imputándose a esta categoría 2C1 las emisiones restantes, evitando de esta manera la doble contabilización de emisiones.

Este balance de carbono se ha podido realizar a partir del año 2000 con información facilitada por la única planta que produce sínter en estos años. Para el periodo 1990-1999, al no disponer de esta información, se han obtenido las emisiones totales de CO<sub>2</sub> en el proceso para cada planta aplicando a las toneladas de sínter producidas el factor de emisión medio resultante del periodo 2000-2002, y descontando en cada planta las emisiones correspondientes a los consumos de combustibles (combustión).



En la tabla 4.4.6 se presenta la plantilla con la información solicitada para poder realizar el balance de carbono en la fabricación de sinter.

**Tabla 4.4.6.- Plantas de sinterización. Balance de carbono**

		Flujo de productos		Contenido de carbono		Balance de carbono	
		UNIDAD	AÑO	UNIDAD	AÑO	UNIDAD	AÑO
<b>ENTRADA</b>	Mineral de hierro	t		% C		t C	
	Fundentes	t		% C		t C	
	Caliza	t		% C		t C	
	Recuperaciones	t		% C		t C	
	Polvo botellón	t		% C		t C	
	Antracita	t		% C		t C	
	Finos de coque	t		% C		t C	
	Gas de coquería	kNm <sup>3</sup>		g C/Nm <sup>3</sup>		t C	
	<b>TOTAL ENTRADA</b>					<b>t C</b>	
<b>SALIDA</b>	Sínter	t		% C		t C	
	Emisiones difusas de partículas al aire	t		% C		t C	
	<b>TOTAL SALIDA</b>					<b>t C</b>	
<b>OTRAS SALIDAS</b>							
	CO chimenea (no se resta)			% C		t C	

<b>Diferencia en masa de carbono</b>	<b>t C</b>	
--------------------------------------	------------	--

<b>Emisión CO<sub>2</sub></b>	<b>kt CO<sub>2</sub></b>	
-------------------------------	--------------------------	--

<b>Factor de emisión CO<sub>2</sub> implícito</b>	<b>(kg/t sinter)</b>	
---	----------------------	--

#### 4.4.3 INCERTIDUMBRE Y COHERENCIA TEMPORAL

A nivel agregado para el conjunto de procesos considerados se ha asumido que la incertidumbre de las variables de actividad se sitúa en un 3%, y para el factor de emisión la incertidumbre, presumiblemente mayor, podría cifrarse en torno al 5%.

No obstante lo anterior, y relacionando la incertidumbre con la coherencia temporal, debe mencionarse que el grado de incertidumbre de la información se considera mayor en el periodo 1990-1999, dada la dificultad para recopilar retrospectivamente, con el desglose necesario en el planteamiento metodológico expuesto anteriormente, los datos relativos a estos años. Adicionalmente, y para el caso particular de las acerías eléctricas, debe tenerse en consideración la variabilidad existente a lo largo del periodo inventariado en cuanto a los tipos y calidades de los aceros producidos, cuyas características repercuten en los materiales utilizados en el proceso de fabricación, por lo que los ratios de emisión de CO<sub>2</sub> por tonelada de acero producido son muy variables entre plantas y años.

#### 4.4.4 CONTROL DE CALIDAD Y VERIFICACIÓN

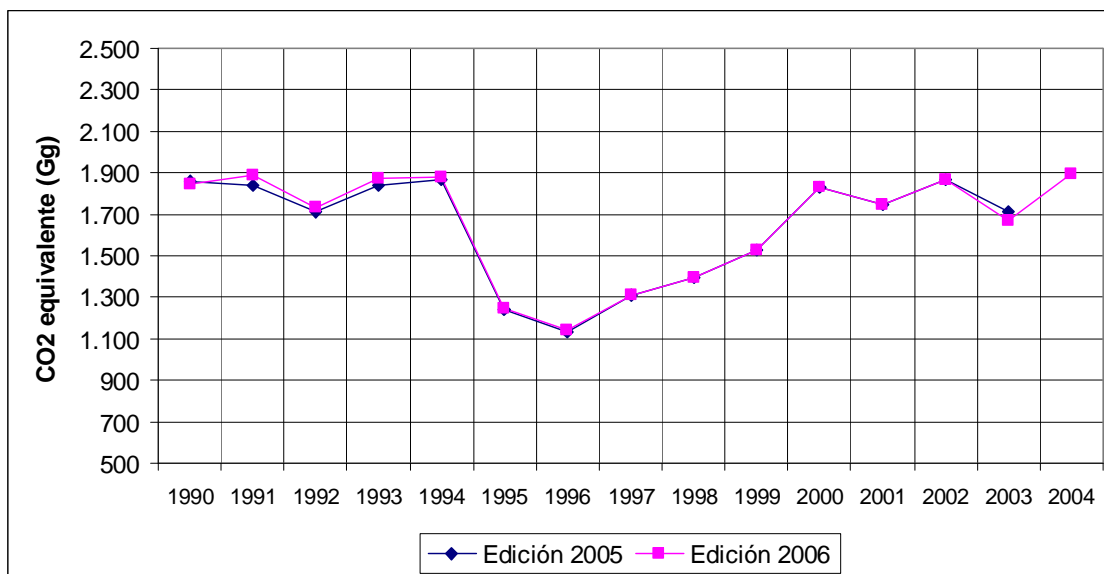
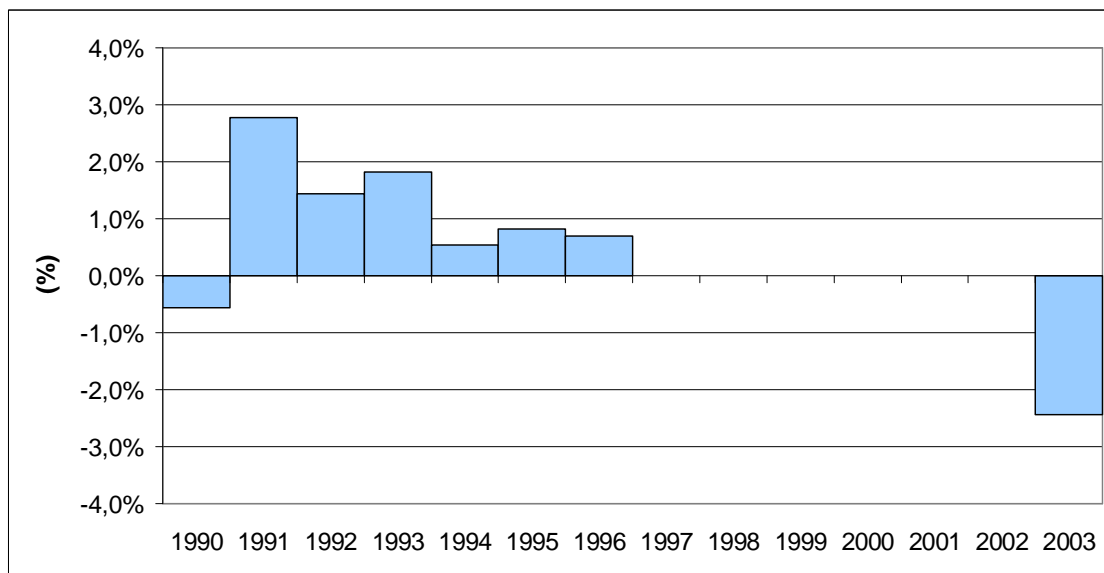
Entre las tareas de control de calidad en esta categoría debe destacarse el seguimiento que se realiza del margen de oscilación interanual del contenido de carbono emitido como CO<sub>2</sub> con respecto al carbono de entradas y salidas. Ante la presencia eventual de valores atípicos en un año se investiga, con las plantas del sector o con la propia asociación, las causas de su aparición y sus posibles justificaciones, efectuando en su caso las correcciones oportunas.

#### 4.4.5 REALIZACIÓN DE NUEVOS CÁLCULOS

Por lo que al acero se refiere, se han revisado las cifras de producción de acero del periodo 1990-1996 de una de las plantas siderúrgicas integrales, según información facilitada por la propia planta. Esta modificación afecta a las emisiones de CO<sub>2</sub> al aplicarse en dichos años el factor específico de planta obtenido en el periodo 2000-2002, tal y como se ha explicado en el apartado 4.4.2.

Por otro lado, en el balance de carbono del horno alto de una de las plantas siderúrgicas integrales se han modificado para el año 2003 los valores de algunos de los parámetros utilizados en dicho balance. En concreto, se han modificado los contenidos de carbono de los lodos de salida y del polvo de la nave de colada (ambos componentes de las salidas del horno alto). Esta modificación supone un descenso de las emisiones de CO<sub>2</sub> de 41,6 Gg en esta categoría el año 2003 con respecto a la edición anterior del inventario.

La comparación de resultados de las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente entre las ediciones actual y anterior del inventario se muestra en términos de valores absolutos en la figura 4.4.1 y en términos relativos (diferencia porcentual) en la figura 4.4.2. Como puede observarse en esta última figura, la variación relativa de las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente como consecuencia de los nuevos cálculos efectuados en esta actividad es inferior al 3% en el año de mayor repercusión.

**Figura 4.4.1.- Emisiones de CO<sub>2</sub>-eq. Comparación Eds 2006 vs 2005****Figura 4.4.2.- Emisiones de CO<sub>2</sub>-eq. Diferencia porcentual Eds 2006 vs 2005**

#### 4.4.6 PLANES DE MEJORA

Una actuación prometedora para la mejora en este sector es el planteamiento de recogida de información individualizada por planta para todas las acérías eléctricas. De este modo se podría contrastar información específica con un nivel de desglose muy superior al actual. Este planteamiento ya ha sido realizado ante UNESID.

## **4.5 PROCESOS INDUSTRIALES (2 EXCEPTO 2A1, 2A2, 2A3 Y 2C1).**

### **4.5.1 DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD**

Esta es una partida heterogénea de actividades que agrupa, por lo que respecta a las emisiones de CO<sub>2</sub>, las actividades correspondientes a procesos industriales con la excepción de la fabricación de cemento y cal, el uso de piedra caliza y dolomita y los procesos en la producción de hierro y acero. Entre la relación de actividades consideradas cabe destacar por su importancia en las emisiones de CO<sub>2</sub> la producción y el uso de carbonato sódico, la fabricación de amoníaco, la producción de carburos, la producción de ferroaleaciones y de silicio metal, la producción de aluminio, los procesos de descarbonatación en la fabricación de azulejos y pavimentos cerámicos, así como el uso de otro tipo de carbonatos no contemplados en otra parte en la industria del vidrio y en la fabricación de magnesita.

En la tabla 4.5.1 se muestran las emisiones de CO<sub>2</sub> (exclusivamente), al conferir este gas la naturaleza de fuente clave al conjunto de actividades mencionadas. En la tabla 4.5.2 se presenta asimismo el índice de evolución temporal (base 100 año 1990) de dichas emisiones, y las contribuciones de las emisiones de CO<sub>2</sub> de esta categoría sobre el total de emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente del inventario y del sector "Procesos Industriales" respectivamente.

**Tabla 4.5.1.- Emisiones de CO<sub>2</sub>**  
(cifras en Gg)

1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
2.644	2.939	3.112	3.253	3.325	3.332	3.391

**Tabla 4.5.2.- Emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente: valores absolutos, índices y ratios**

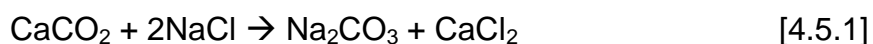
	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
CO <sub>2</sub> -eq (Gg)	8.922	10.959	14.283	11.101	9.677	10.820	10.342
Índice CO <sub>2</sub> -eq	100,0	122,8	160,1	124,4	108,5	121,3	115,9
% CO <sub>2</sub> -eq sobre total	3,11	3,45	3,72	2,89	2,52	2,69	2,53
% CO <sub>2</sub> -eq sobre procesos industriales	34,79	39,94	41,39	35,20	30,68	34,99	31,81

### **4.5.2 METODOLOGÍA**

#### **a) Producción y uso de carbonato sódico**

En España existe tan sólo una planta de fabricación de carbonato sódico, la cual usa el proceso Solvay. Las cifras de producción han sido facilitadas directamente por la propia planta.

De acuerdo con el Manual de Referencia IPCC (apartado 2.6.1) las emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas al proceso de fabricación Solvay son nulas si se realizan bajo condiciones estequiométricas, como se desprende de la observación del balance neto general del conjunto de reacciones que lleva este proceso, y que puede expresarse según la reacción siguiente:



Sin embargo, el proceso real no se efectúa en estas condiciones, sino en condiciones de exceso de producción de CO<sub>2</sub>, que según la citada referencia procede del consumo (no energético) de coque. Este consumo de coque debe ser descontado de las emisiones potenciales del coque energético para no incurrir en doble contabilización. El valor del factor de emisión para la producción de carbonato sódico, ha sido facilitado por la propia planta de producción. Sin embargo por motivos de confidencialidad se omite la presentación de este factor ya que con las emisiones podría inferirse las cifras de producción que la empresa mantiene como confidenciales.

Para el uso de carbonato sódico se ha tomado como variable de actividad el consumo aparente de este producto. En cuanto al uso, se ha tomado como referencia para el factor de emisión el dato que figura en el epígrafe 2.6.2 del Manual de Referencia IPCC de 415 kg CO<sub>2</sub>/tonelada de carbonato sódico

### **b) Productos Minerales: Otros**

La estimación de las emisiones de esta actividad se han llevado a cabo utilizando la metodología por defecto de IPCC de aplicación de un factor de emisión por unidad de material producido o consumido. En general, la variable de actividad utilizada en los procesos aquí considerados es la cantidad de carbonatos y agentes reductores (salvo los incluidos en otras categorías como el carbonato sódico, el carbonato cálcico o la dolomita) utilizados en los procesos de fabricación de los distintos tipos de vidrio (información facilitada vía cuestionario por las propias plantas productoras a través de la asociación empresarial Vidrio España) y en la fabricación de magnesita (información facilitada vía cuestionario por las plantas productoras).

La excepción a esta variable de actividad la constituye el proceso de fabricación de azulejos y pavimentos cerámicos, en el que las emisiones de CO<sub>2</sub> se producen como consecuencia de la descarbonatación de los carbonatos de las arcillas utilizadas como materia prima básica del proceso. En este caso la variable de actividad considerada ha sido la producción de baldosas, distinguiendo entre las baldosas porosas y no porosas. Esta distinción viene motivada por el hecho de que las baldosas porosas necesitan el uso de arcillas con una mayor proporción de carbonatos con el fin de conseguir la porosidad del soporte. Los datos sobre producción de cada tipo de baldosas han sido facilitados por la Asociación Española de Fabricantes de Azulejos, Pavimentos y Baldosas Cerámicas (ASCER).

En la tabla 4.5.3 se presentan las cantidades consumidas de los distintos carbonatos y agentes reductores en la fabricación de vidrio y de magnesita, así como las producciones de baldosas según los tipos considerados<sup>78</sup>.

**Tabla 4.5.3.- Otros productos minerales. Producciones y consumos**  
(cifras en Gg; miles de m<sup>2</sup> para las baldosas)

	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
<b>Producciones</b>							
Baldosas porosas	112.500	196.560	237.222	237.974	229.803	243.000	254.000
Baldosas no porosas	112.500	203.440	383.778	400.026	421.197	381.000	381.000
<b>Consumos</b>							
Carbonato de bario	1,55	1,73	1,77	1,94	2,09	1,25	0,87
Carbonato de potasio	0,65	0,75	0,77	0,86	1,00	0,69	0,75
Carbonato de magnesio	317,19	436,23	406,07	434,87	440,72	423,49	455,07
Carbonato de hierro	4,00	4,62	4,68	4,54	4,68	5,70	5,62
Carbón	0,03	0,07	0,05	0,07	0,09	0,05	0,23

Nota.- Para las baldosas se presenta el dato expresado en miles de m<sup>2</sup> tal y como lo informa la fuente original.

Para cada uno de los tipos de carbonato utilizados, se obtiene el factor de emisión de CO<sub>2</sub> a partir de su composición molecular correspondiente. En el caso del uso de carbón como agente reductor, el factor de emisión de CO<sub>2</sub> depende del contenido de carbono en el carbón, por lo que se presenta el rango de factores a lo largo del periodo inventariado. Por último, por lo que a la producción de baldosas se refiere, los factores de emisión utilizados han sido propuestos por ASCER.

**Tabla 4.5.4.- Otros productos minerales. Factores de emisión de CO<sub>2</sub>**

	Factor	Unidad
<b>Por producción</b>		
Baldosas porosas	735	kg/miles m <sup>2</sup>
Baldosas no porosas	87,5	kg/miles m <sup>2</sup>
<b>Por consumo</b>		
Carbonato de bario	223,016	kg/t
Carbonato de potasio	318,437	kg/t
Carbonato de magnesio	522,238	kg/t
Carbonato de hierro	452,817	kg/t
Carbón	3.229 – 3.258	kg/t

### c) Producción de amoníaco

Para esta actividad se ha podido disponer de la producción de amoníaco en cada una de las plantas existentes en España, la cual se presenta en la tabla 4.5.5. En el año 1990 existían cuatro plantas de fabricación de amoníaco, quedando únicamente dos plantas en el año 2004.

<sup>78</sup> La producción de baldosas se expresa en miles de m<sup>2</sup>.

**Tabla 4.5.5.- Producción de amoníaco**  
(cifras en toneladas)

1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
572.985	550.597	534.028	529.210	513.506	524.619	490.763

En una de las plantas, existente entre los años 1990 y 1996, el proceso de fabricación era por síntesis directa del amoníaco, realizándose dicha síntesis en circuito cerrado sin reformado, con hidrógeno puro y nitrógeno puro por destilación fraccionada del aire. Es por ello por lo que en dicha planta no se producían emisiones de CO<sub>2</sub>.

Para las restantes plantas no se ha podido disponer sin embargo de los consumos de gas natural, nafta o gas de refinería utilizados como materia prima en el proceso de fabricación, por lo que la elección del método de estimación está determinada por esta circunstancia. Por ello se ha aplicado a las toneladas de amoníaco producidas los factores de emisión facilitados por las propias plantas en cada año. Estos factores se sitúan en el rango 1.183-1.294 kg CO<sub>2</sub>/tonelada de amoníaco si se utiliza gas natural y en el rango 1.420-1430 kg CO<sub>2</sub>/tonelada de amoníaco si se utiliza nafta/gas de refinería.

#### **d) Producción de carburos**

Para la producción de carburos sólo se ha podido disponer de los datos de producción, lo que ha determinado que la metodología utilizada en la estimación de las emisiones haya sido la propuesta por defecto por IPCC de aplicación de un factor de emisión por tonelada de carburo producida.

Para el carburo de silicio sólo hay dos plantas de fabricación en España (ambas pertenecientes a la misma empresa), y la producción ha sido facilitada por las propias plantas productoras. En cuanto al carburo de calcio, los datos de producción se han tomado de la publicación "La Industria Química en España", si bien para los años 2003 y 2004 se ha mantenido la producción del año 2002 ante la ausencia de esta fuente de información. En la tabla 4.5.6 se muestran los datos de producción (la información correspondiente al carburo de silicio es confidencial).

**Tabla 4.5.6.- Producción de carburos**  
(cifras en toneladas)

	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
Carburo de silicio	C	C	C	C	C	C	C
Carburo cálcico	43.604	43.600	36.420	38.144	40.900	40.900	40.900

C = Confidencial

Para el carburo cálcico el factor de emisión aplicado ha sido el propuesto en la sección 2.11.2 del Manual de Referencia de IPCC de 1,8 t CO<sub>2</sub>/tonelada de carburo

cálcico. Para el carburo de silicio se omite la presentación de este factor por motivos de confidencialidad ya que con las emisiones podría inferirse las cifras de producción que la empresa mantiene como confidenciales.

### e) Ferroaleaciones

La metodología utilizada para la estimación de las emisiones de las ferroaleaciones es la propuesta por defecto por IPCC, es decir, la aplicación de un factor de emisión al volumen de producción de cada tipo de ferroaleación. Estas producciones, que se muestran en la tabla 4.5.7, han sido facilitadas por las propias plantas productoras.

**Tabla 4.5.7.- Producción de ferroaleaciones**  
(cifras en toneladas)

	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
Ferrosilicio	37.589	38.131	49.961	53.700	58.743	66.485	67.340
Ferromanganeso	49.512	57.368	90.396	106.411	121.890	125.638	158.749
Silicomanganeso	55.091	88.607	141.226	128.334	125.461	125.651	114.826

Sin embargo, para la estimación de las emisiones de CO<sub>2</sub> no se han utilizado los factores de emisión por defecto propuestos por IPCC, sino que se han aplicado factores específicos facilitados por cada planta y producto, y que varían en función de las materias primas utilizadas. Adicionalmente cabe mencionar que para el periodo 1990-2000, y ante la falta de información en dichos años, se han aplicado factores de emisión deducidos como promedio de los obtenidos en el periodo 2001-2004.

### f) Producción de aluminio

La metodología de estimación de las emisiones de CO<sub>2</sub> en la fabricación de aluminio se detallan en el epígrafe 4.7 (esta actividad es fuente clave por sus emisiones de PFC).

### g) Producción de silicio

Dado que en esta actividad tan sólo se ha podido disponer de la producción de silicio metal, se ha utilizado la metodología por defecto propuesta por IPCC para la estimación de las emisiones de CO<sub>2</sub> (aplicación de un factor de emisión sobre la variable de actividad, producción de silicio metal). El dato de producción, que se presenta en la tabla 4.5.8, ha sido facilitado directamente por la única planta fabricante de este producto.



**Tabla 4.5.8.- Producción de silicio metal**  
(cifras en toneladas)

1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
12.060	18.820	29.092	29.114	29.052	29.203	33.315

En cuanto al factor de emisión aplicado, la propia planta productora ha suministrado el factor de 6.666 kg CO<sub>2</sub>/tonelada de silicio metal, superior al factor por defecto propuesto por IPCC de 4.300 kg CO<sub>2</sub>/tonelada de silicio metal (Sección 2.13.4.2, Tabla 2.15, del Manual de Referencia de IPCC).

#### 4.5.3 INCERTIDUMBRE Y COHERENCIA TEMPORAL

Es obvio que cada una de las actividades reseñadas en este epígrafe tiene sus incertidumbres asociadas a variables de actividad y factores de emisión. No obstante, a nivel global podría estimarse que la incertidumbre asociada a la combinación de variables de actividad estaría en torno al 50%, mientras que para la combinación de factores de emisión la incertidumbre se situaría en torno al 20%.

Por lo que a la coherencia temporal se refiere, se ha realizado un seguimiento detallado de los procesos aquí mencionados para asegurar la homogeneidad de las series de variables de actividad utilizadas. En cuanto a los factores de emisión se consideran representativos, bien sea porque provengan del análisis de información detallada por planta, o por basarse en cálculos estequiométricos.

#### 4.5.4 CONTROL DE CALIDAD Y VERIFICACIÓN

En cuanto a las actividades de control de calidad destacan los procedimientos adoptados para pasar en esta edición del inventario a información controlada individualizada por planta en aquellos casos en que todavía en la edición anterior no se producía tal situación. En concreto esta mejora se ha llevado a cabo en la fabricación de ferroaleaciones y de silicio-metal.

#### 4.5.5 REALIZACIÓN DE NUEVOS CÁLCULOS

Para la fabricación de amoníaco, se ha rehecho la estimación de la serie de emisiones de acuerdo con la nueva información facilitada por las plantas del sector. Esta actualización supone un incremento de las emisiones de CO<sub>2</sub> que varía entre los 122 Gg en 1993 a los 232 Gg en 1992.

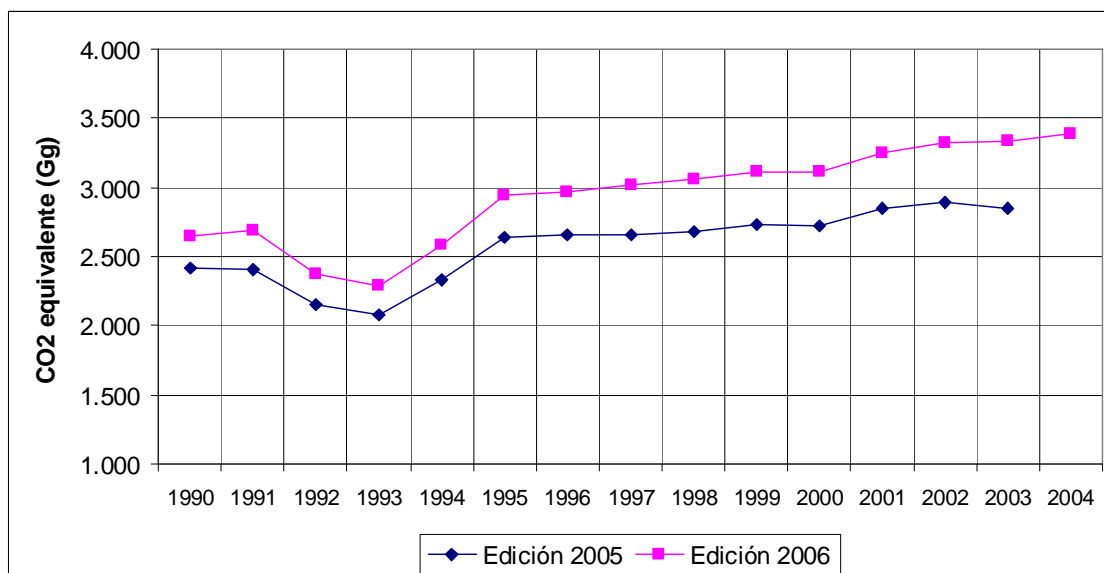
En cuanto a las ferroaleaciones, el recálculo se ha llevado a cabo tanto en la variable de actividad utilizada (producción de los distintos tipos de ferroaleaciones) como en el factor de emisión empleado en la estimación de las emisiones. En ediciones anteriores del inventario tan sólo se disponía de las producciones para un determinado número de años, y se estimaba la producción de los años restantes

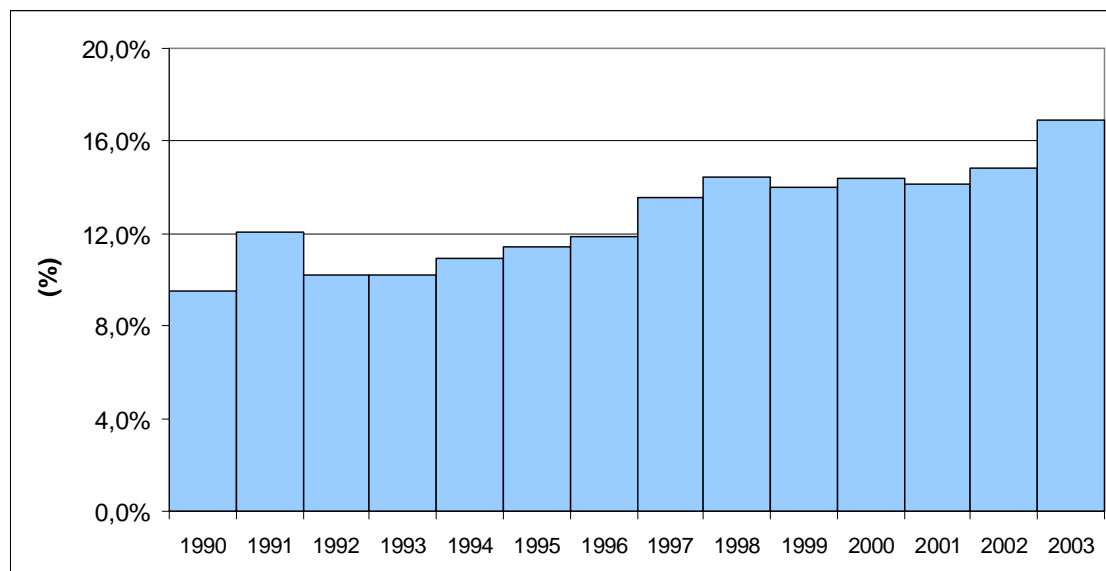
mediante procedimientos de interpolación. En esta edición del inventario se ha podido disponer de datos de producción y de emisiones para cada planta fabricante. Esta modificación supone un incremento (salvo en los años 1990, 1991 y 1996) de las emisiones de CO<sub>2</sub> que tiene su nivel mayor en el año 2003 en el que el incremento es de 129 Gg de CO<sub>2</sub>.

Para el silicio metal se ha incluido por primera vez en el inventario la estimación de las emisiones de CO<sub>2</sub>, dado que si bien se tenía de información sobre las cantidades fabricadas no se disponía de ninguna propuesta metodológica que permitiera estimar estas emisiones a partir de dicha variable de actividad. La inclusión de las emisiones de CO<sub>2</sub> de esta actividad supone un incremento que va desde 80,4 Gg en 1990 a 194,7 Gg en 2003.

En la figura 4.5.1 se muestra la evolución comparada de valores absolutos de las emisiones de CO<sub>2</sub> entre los resultados de la edición actual con los resultados de la edición anterior, mientras que en la figura 4.5.2 se presenta la diferencia porcentual de dichas emisiones entre ambas ediciones del inventario. Como puede observarse en esta última figura, la variación relativa de las emisiones de CO<sub>2</sub> como consecuencia de los nuevos cálculos efectuados en las emisiones de CO<sub>2</sub> en este conjunto de actividades se sitúa entre el 9,5% en el año 1990 y el 16,9% en el año 2003.

**Figura 4.5.1.- Emisiones de CO<sub>2</sub>-eq. Comparación Eds 2006 vs 2005**



**Figura 4.5.2.- Emisiones de CO<sub>2</sub>-eq. Diferencia porcentual Eds 2006 vs 2005**

#### 4.5.6 PLANES DE MEJORA

Dado que la información sobre variables de actividad se considera ya cubierta con un alto grado de detalle (a nivel de planta en la mayoría de las actividades), se planean como mejoras incorporar información específica por planta relativa a tecnologías de control que pudieran tener como consecuencia una mayor exactitud y precisión en el nivel de los factores de emisión aplicados, que no obstante ya incorporan determinadas especificidades de proceso de las plantas.

### **4.6 PRODUCCIÓN DE ÁCIDO NÍTRICO (2B2).**

#### 4.6.1 DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD

El método más utilizado de obtención de ácido nítrico es el de la oxidación catalítica del amoníaco con oxígeno o aire. Se forma óxido nítrico (NO), que es oxidado a dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), y éste se combina con agua y oxígeno para dar ácido nítrico con una concentración que oscila entre el 50% y el 70% en peso ("ácido débil"). Para la producción de ácido nítrico altamente concentrado (98% en peso), se produce el NO<sub>2</sub> de la misma forma descrita anteriormente, siendo absorbido en ácido altamente concentrado, destilado, condensado y finalmente convertido en ácido nítrico altamente concentrado a alta presión mediante la adición de una mezcla de agua y oxígeno puro.

Existen tres tipos de proceso en función de la presión de trabajo: baja (< 1,7 bares), media (1,7-6,5 bares) y alta presión (> 8 bares). En España hay en 2004 5 plantas de fabricación de ácido nítrico: una de baja presión, dos de media presión y otras dos plantas que utilizan los procesos de baja y de media presión.

En la tabla 4.6.1 se muestran las emisiones de N<sub>2</sub>O para esta actividad, siendo este gas el que confiere a esta fuente su naturaleza de clave. En la tabla 4.6.2 se muestran dichas emisiones en términos de CO<sub>2</sub> equivalente. En esta misma tabla se presentan el índice de evolución temporal (base 100 año 1990) de las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente, y las contribuciones de las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente de esta categoría sobre el total del inventario y del sector “Procesos Industriales”.

**Tabla 4.6.1.- Emisiones de N<sub>2</sub>O**  
(cifras en Gg)

1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
9,3	7,7	7,5	6,7	6,2	6,3	5,8

**Tabla 4.6.2.- Emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente: valores absolutos, índices y ratios**

	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
CO <sub>2</sub> -eq (Gg)	2.884	2.384	2.331	2.085	1.937	1.965	1.788
Índice CO <sub>2</sub> -eq	100,0	82,7	80,8	72,3	67,2	68,1	62,0
% CO <sub>2</sub> -eq sobre total	1,00	0,75	0,61	0,54	0,50	0,49	0,44
% CO <sub>2</sub> -eq sobre procesos industriales	11,25	8,69	6,75	6,61	6,14	6,36	5,50

#### 4.6.2 METODOLOGÍA

La producción de ácido nítrico utilizada como variable de actividad en la estimación de las emisiones, se ha obtenido a partir de datos facilitados por las propias plantas productoras para el año 1990, y de información facilitada por la Federación Empresarial de la Industria Química en España (FEIQUE) y por el MITYC para el resto de años del periodo inventariado, con desglose por planta y tipo de proceso de fabricación. En la tabla 4.6.3 se presenta las producciones de ácido nítrico. Como puede apreciarse se ha producido un descenso significativo en la producción a lo largo del periodo inventariado.

**Tabla 4.6.3.- Producción de ácido nítrico**  
(cifras en toneladas)

1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
1.329.107	1.098.533	1.074.181	960.885	892.750	905.730	823.792

Para el caso del NO<sub>x</sub> los factores de emisión asociados dependen del tipo de proceso de fabricación utilizado, distinguiendo entre baja, media o alta presión. Es por ello por lo que es necesario disponer de la información sobre la variable de actividad con distinción entre cada uno de los procesos mencionados.

Para realizar la estimación de las emisiones de N<sub>2</sub>O se ha tomado el factor de emisión de 7 kg N<sub>2</sub>O / t de ácido nítrico indicado inicialmente en la comunicación de

FEIQUE facilitada al MITYC, y que ha sido corroborado para la edición actual del inventario por la principal empresa fabricante de este producto.

#### 4.6.3 INCERTIDUMBRE Y COHERENCIA TEMPORAL

Dado que la información sobre la producción de ácido nítrico procede de las propias plantas productoras, y asumiendo que la información recoge toda la producción (intermedia y final) de ácido nítrico, la incertidumbre de la variable de actividad puede considerarse que está en el 2% de acuerdo con el epígrafe 3.2.1 de la Guía de Buenas Prácticas de IPCC.

En cuanto al factor de emisión aplicado se asume que la incertidumbre se sitúa en torno al 10% según información facilitada por la principal empresa del sector, y que es similar en magnitud a los que figuran en la Tabla 3.8 de la Guía de Buenas Prácticas de IPCC.

Por lo que respecta a la pauta temporal la serie se considera coherente al cubrir el conjunto de plantas del sector en el periodo inventariado y provenir la información directamente de las plantas. En el análisis de la coherencia temporal queda contrastado la disminución a lo largo del periodo inventariado del número de plantas, pasando de 10 plantas en 1990 a 5 en 2004, descenso que queda reflejado en la evolución de la producción.

#### 4.6.4 CONTROL DE CALIDAD Y VERIFICACIÓN

Como control de calidad se ha realizado la contrastación de los datos facilitados por las plantas con respecto a los que figuran en las estadísticas sectoriales que recoge la publicación “La Industria Química en España” editada por el MITYC<sup>79</sup>, con el fin de detectar posibles discrepancias en los datos facilitados.

En cuanto al factor de emisión, el valor utilizado ha sido contrastado como valor representativo dentro del rango de variación que, por años y plantas, han reseñado algunos centros productivos para el periodo más reciente.

#### 4.6.5 REALIZACIÓN DE NUEVOS CÁLCULOS

No se han realizado nuevos cálculos en esta actividad.

#### 4.6.6 PLANES DE MEJORA

Aunque presumiblemente la cobertura de las cifras de producción es total para el conjunto nacional (producción intermedia + final) está previsto hacer una

---

<sup>79</sup> Esta publicación está disponible hasta el año 2002.

investigación adicional por si pudiera quedar sin computar algún centro de actividad con producción intermedia no contabilizada hasta el momento.

Adicionalmente se plantea la posibilidad de realizar en el futuro la estimación con datos individualizados por planta, recogiendo en cada caso el empleo de eventuales técnicas de reducción (reducciones catalíticas, absorción).

## **4.7 PRODUCCIÓN DE ALUMINIO (2C3).**

### **4.7.1 DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD**

La producción de aluminio primario constituye una fuente clave en el inventario por las emisiones de PFC asociadas. La información sobre variables de actividad y parámetros del algoritmo de estimación de las emisiones ha sido recabada vía cuestionario individualizado a cada una de las tres plantas productoras. De las tecnologías de fabricación mencionadas en la sección 2.13.6 del Manual de Referencia de IPCC, dos de las plantas utilizan el sistema de ánodos Söderberg con agujas verticales, mientras que la tercera utiliza el sistema de ánodos precocidos (tanto de picado central como de picado lateral).

En la tabla 4.7.1 se muestran las emisiones de CO<sub>2</sub> y PFC para esta actividad, siendo estos últimos gases los que confieren a esta fuente su naturaleza de clave por su contribución a la tendencia. En la tabla 4.7.2 se complementa la información anterior expresando el conjunto de las emisiones en términos de CO<sub>2</sub> equivalente. En esta misma tabla se presentan el índice de evolución temporal (base 100 año 1990 para el CO<sub>2</sub> y 1995 para los PFC) de las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente, y las contribuciones de las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente de esta categoría sobre el total del inventario y del sector "Procesos Industriales". Cabe mencionar que las emisiones de CO<sub>2</sub> de esta actividad constituyen una fuente clave cuando se consideran conjuntamente con las de otras actividades del sector de procesos industriales (véase epígrafe 4.5), y que si bien se muestran aquí por homogeneidad en la exposición no existe una doble contabilización de estas emisiones en el inventario.

**Tabla 4.7.1.- Emisiones de contaminantes**

	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
CO <sub>2</sub> (Gg)	610	610	615	626	638	641	649
CF <sub>4</sub> (t)	122,2	114,0	51,0	26,3	27,6	26,4	25,4
C <sub>2</sub> F <sub>6</sub> (t)	9,6	9,9	4,2	1,7	2,1	2,0	1,9

**Tabla 4.7.2.- Emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente: valores absolutos, índices y ratios**

	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
CO <sub>2</sub> -eq (Gg)	1.493	1.442	986	812	837	831	831
Índice CO <sub>2</sub> -eq	100,0	96,6	66,0	54,4	56,0	55,6	55,7
% CO <sub>2</sub> -eq sobre total	0,52	0,45	0,26	0,21	0,22	0,21	0,20
% CO <sub>2</sub> -eq sobre procesos industriales	5,82	5,25	2,86	2,58	2,65	2,69	2,56

#### 4.7.2 METODOLOGÍA

Para el cálculo de las emisiones de PFC, se ha optado por utilizar el método de nivel 2 referido en la Guía de Buenas Prácticas de IPCC en el epígrafe 3.3 (ecuación 3.10 y Box 3.3 “Tabereaux approach”), y que se muestra a continuación:

$$\text{kg CF}_4 \text{ o C}_2\text{F}_6/\text{tonelada Al} = 1,698 \cdot (p/\text{CE}) \cdot \text{AEF} \cdot \text{AED} \quad [4.7.1]$$

donde

- $p$  = Fracción media de generación de CF<sub>4</sub> o C<sub>2</sub>F<sub>6</sub> (respectivamente) durante el efecto ánodo respecto al total de gases
- $\text{CE}$  = Eficiencia actual expresada como fracción en vez de como porcentaje
- $\text{AEF}$  = Número de efectos ánodo por cuba y día
- $\text{AED}$  = Duración en minutos del efecto ánodo

Para la aplicación de la fórmula anterior se han utilizado los valores por defecto de la variable “*pendiente*” (slope = 1,698 (p/CE)) de la Guía de Buenas Prácticas de IPCC (epígrafe 3.3.1, tabla 3.9), y de la información sobre las variables “*AEF*” y “*AED*” facilitadas por las plantas productoras mediante un cuestionario específico diseñado al efecto, distinguiendo por planta y series el método de fabricación seguido (ánodos precocidos picado lateral o central y proceso Söderberg de agujas verticales). Dentro de cada serie se recibe información del número de efectos ánodos por cuba y día y de la duración en minutos del efecto ánodo. Los coeficientes por defecto de la variable *pendiente*, expresados en (kg<sub>PFC</sub>/t aluminio) / (minutos de efecto ánodo/cuba-día) son los siguientes:

Tecnología	CF <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> F <sub>6</sub>
Ánodos precocidos. Picado central	0,14	0,018
Ánodos precocidos. Picado lateral	0,29	0,029
Söderberg. Agujas verticales	0,068	0,003
Söderberg. Agujas horizontales	0,18	0,018

Por lo que respecta a la estimación de las emisiones de CO<sub>2</sub> se ha utilizado la metodología propuesta por el Instituto Internacional del Aluminio (IAI) en el documento "Greenhouse Gas Emissions Monitoring and Reporting by the Aluminium Industry" (véase referencias bibliográficas) conforme a la metodología propuesta en "The Greenhouse Gas Protocol: a corporate accounting and reporting standard" (Octubre 2001), desarrollado por el *World Business Council for Sustainable Development* (WBCDS) y el *World Resource Institute* (WRI). Esta metodología utiliza procedimientos de estimación basados en balance de materias en aquellas fuentes emisoras de CO<sub>2</sub> durante el proceso de fabricación de aluminio. En concreto, y por lo que a la situación en las fábricas de España se refiere, se han aplicado los procedimientos que se detallan a continuación.

### a) Ánodos precocidos

#### a.1.- Emisión de CO<sub>2</sub> del ánodo en electrolisis

$$\text{Emisión CO}_2 \text{ (t)} = \text{NCC} \cdot \text{MP} \cdot (100 - S_a - \text{Ash}_a - \text{Imp}_a)/100 \cdot 44/12 \quad [4.7.2]$$

donde

NCC = Consumo neto de ánodo (t ánodo / t aluminio)

MP = Producción de aluminio (toneladas)

S<sub>a</sub> = Contenido de azufre en el ánodo cocido (%)

Ash<sub>a</sub> = Contenido de cenizas en el ánodo cocido (%)

Imp<sub>a</sub> = Flúor y otras impurezas en el ánodo cocido (%)

#### a.2.- Emisión de CO<sub>2</sub> del ánodo en horno (de materias volátiles)

$$\text{Emisión CO}_2 \text{ (t)} = (\text{GAW} - \text{BAP} - \text{HW} - \text{RT}) \cdot 44/12 \quad [4.7.3]$$

con

$$\text{HW (t)} = \text{H}_2/100 \cdot \text{PC}/100 \cdot \text{GAW}$$

donde

GAW = Ánodos crudos (toneladas)

BAP = Producción de ánodos cocidos (toneladas)

HW = Peso del hidrógeno en la brea (toneladas)

H<sub>2</sub> = Contenido de hidrógeno en la brea (% en peso)

PC = Contenido medio de brea en los ánodos crudos (% en peso)

RT = Alquitrán recuperado (toneladas)



a.3.- Emisión de CO<sub>2</sub> del ánodo en horno (del coque de empaquetamiento)

$$\text{Emisión CO}_2 \text{ (t)} = \text{PCC} \cdot \text{BAP} \cdot (100 - \text{Ash}_{\text{PC}} - \text{S}_{\text{PC}})/100 \cdot 44/12 \quad [4.7.4]$$

donde

PCC = Consumo de coque de empaquetamiento por tonelada de ánodo cocido (t coque / t ánodos)

BAP = Producción de ánodos cocidos (toneladas)

S<sub>PC</sub> = Contenido de azufre en el coque (% en peso)

Ash<sub>PC</sub> = Contenido de cenizas en el coque (% en peso)

## b) Pasta Söderberg

Metodología: IAI para pasta Söderberg

$$\begin{aligned} \text{Emisión CO}_2 \text{ (t)} = & [ (\text{PC} \cdot \text{MP}) - (\text{BSM} \cdot \text{MP}/1000) - \\ & [\text{BC}/100 \cdot \text{PC} \cdot \text{MP} \cdot (\text{S}_\text{P} + \text{Ash}_\text{P} + \text{H}_2)/100] - \\ & [ (100 - \text{BC})/100 \cdot \text{PC} \cdot \text{MP} \cdot (\text{S}_\text{C} + \text{Ash}_\text{C})/100 ] ] \cdot 44/12 \end{aligned} \quad [4.7.5]$$

donde

PC = Consumo de pasta neto (t pasta / t aluminio)

MP = Producción de aluminio (toneladas)

BSM = Emisiones de materia soluble en benceno (kg / t aluminio)

BC = Contenido de brea en la pasta (% en peso)

S<sub>P</sub> = Contenido de azufre en la brea (%)

Ash<sub>P</sub> = Contenido de cenizas en la brea (%)

H<sub>2</sub> = Contenido de hidrógeno en la brea (%)

S<sub>C</sub> = Contenido de azufre en el coque calcinado (%)

Ash<sub>C</sub> = Contenido de cenizas en el coque calcinado (%)

Los valores de los parámetros incluidos en las fórmulas anteriores han sido suministrados mediante cuestionario por las propias plantas productoras. Debe señalarse sin embargo que para el proceso de ánodos precocidos se ha podido disponer solamente de los valores de los parámetros correspondientes a los años 2003 y 2004 (salvo alguna excepción), habiéndose asumido estos mismos valores para el periodo 1990-2002.

Por otro lado, cabe mencionar que en el año 2001 desaparecen en una de las plantas las series de ánodos precocidos de picado lateral, siendo sustituidas por una nueva serie de ánodos precocidos de picado central con un número de efectos ánodo por cuba y día (parámetro AEF de la fórmula [4.7.1]) bastante inferior, lo que conlleva un descenso en las emisiones a partir de 2001 con respecto a los años anteriores.

En la tabla 4.7.3 se presenta la producción de aluminio, cuya información ha sido asimismo facilitada directamente por las propias plantas productoras. No se presenta aquí sin embargo la información sobre los parámetros de proceso por ser de carácter confidencial al corresponder todas las plantas a una única empresa.

**Tabla 4.7.3.- Producción de aluminio**  
(cifras en toneladas)

1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
355.301	361.492	365.568	376.381	380.263	389.447	394.863

#### 4.7.3 INCERTIDUMBRE Y COHERENCIA TEMPORAL

Dado que se dispone de la información sobre la producción de aluminio primario no sólo a nivel de planta sino también con desglose por tipo de tecnología utilizada se considera que la incertidumbre global asignable a la estimación de las emisiones de PFC puede situarse en el entorno del 20%. Esta cifra se obtiene como resultado de la combinación de una incertidumbre de la variable de actividad de aproximadamente el 1% con una incertidumbre media del factor de emisión en torno al 20%, estimación esta última deducida al ponderar las incertidumbres que por tecnología y gas aparecen indicadas en la Tabla 3.9 de la Guía de Buenas Prácticas de IPCC.

En cuanto a las emisiones de CO<sub>2</sub> se estima que la incertidumbre de las emisiones puede situarse en torno al 5,8%, asumiendo unas incertidumbres de un 3% para la variable de actividad y de un 5% para el factor de emisión.

Por lo que respecta a la pauta temporal la serie se considera coherente al cubrir el conjunto de plantas del sector en el periodo inventariado y provenir la información directamente de las plantas, tanto en lo referente a la variable de actividad como en los valores de los parámetros utilizados en los algoritmos de estimación de las emisiones.

#### 4.7.4 CONTROL DE CALIDAD Y VERIFICACIÓN

Entre las tareas de control de calidad en esta categoría debe destacarse el seguimiento que se realiza del margen de oscilación interanual del contenido de carbono emitido como CO<sub>2</sub> con respecto al carbono de entradas y salidas. Ante la presencia eventual de valores atípicos en un año se investiga, con las plantas del

sector o con la propia asociación, las causas de su aparición y sus posibles justificaciones, efectuando en su caso las correcciones oportunas.

Actualmente se reseña que el método de estimación aplicado es el de nivel 2. Previamente, hasta la edición del inventario que cubría el periodo 1990-2002, se había reseñado como método de estimación el de nivel 3b. Examinada con detalle esta cuestión con los expertos de la única empresa fabricante de aluminio primario en España, se consideró que la opción más plausible era la de utilizar para el parámetro *pendiente* (slope) los valores por defecto que sugiere la Guía de Buenas Prácticas de IPCC pues la estimación que anteriormente se hacía de la *pendiente* a partir de valores específicos de cada planta y tecnología mostraban una erraticidad que implicaba una mayor imprecisión en la estimación de los factores de emisión de PFC. Así pues se optó por pasar de la calificación de la metodología del nivel 3b al nivel 2.

#### 4.7.5 REALIZACIÓN DE NUEVOS CÁLCULOS

No se han realizado nuevos cálculos en esta actividad.

#### 4.7.6 PLANES DE MEJORA

No se prevén actuaciones específicas en la estimación de emisiones de esta categoría.

### **4.8 FABRICACIÓN DE HCFC-22 (2E1).**

#### 4.8.1 DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD

En esta actividad se consideran las emisiones de HFC-23 resultantes como subproducto en la fabricación de HCFC-22. A lo largo del periodo inventariado han estado en operación, temporalmente o a lo largo de todo el intervalo, tres plantas de fabricación de HCFC-22. La información sobre la producción de este compuesto, que constituye la variable de actividad ha sido facilitada por los propios centros productores.

En la tabla 4.8.1 se muestran las emisiones de HFC-23 para esta actividad, siendo este gas el que confiere a esta fuente su naturaleza de clave. En la tabla 4.8.2 se muestran dichas emisiones en términos de CO<sub>2</sub> equivalente. En esta misma tabla se presentan el índice de evolución temporal (base 100 año 1995) de las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente, y las contribuciones de las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente de esta categoría sobre el total del inventario y del sector "Procesos Industriales".

**Tabla 4.8.1.- Emisiones de HFC-23**  
(cifras en toneladas)

1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
205,4	396,4	540,4	248,1	87,9	134,4	38,8

**Tabla 4.8.2.- Emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente: valores absolutos, índices y ratios**

	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
CO <sub>2</sub> -eq (Gg)	2.403	4.638	6.323	2.903	1.029	1.572	454
Índice CO <sub>2</sub> -eq	100,0	193,0	263,1	120,8	42,8	65,4	18,9
% CO <sub>2</sub> -eq sobre total	0,84	1,46	1,65	0,75	0,27	0,39	0,11
% CO <sub>2</sub> -eq sobre procesos industriales	9,37	16,90	18,32	9,20	3,26	5,08	1,40

#### 4.8.2 METODOLOGÍA

La información sobre emisiones de HFC-23 está basada en las estimaciones realizadas por los propios centros, complementada para los años 1990-1998 con un factor de emisión por defecto cuando no se ha dispuesto de estimación propia facilitada por las plantas. La metodología de estimación aplicada es por tanto en este caso una combinación de los métodos de nivel 1 y nivel 2 en la denominación de IPCC.

No se presenta aquí la información sobre variables de actividad y parámetros de proceso por ser de carácter confidencial al corresponder actualmente la propiedad de las plantas únicamente a dos empresas.

Cabe asimismo mencionar que en una de las plantas existe un descenso de la emisión a partir del año 2001 debido a la construcción y puesta en servicio de una instalación para disminuir la emisión de HFC-23 mediante su compresión, condensación, licuación y almacenamiento. El HFC-23 licuado se carga en cisternas y se envía a un gestor exterior para su tratamiento.

#### 4.8.3 INCERTIDUMBRE Y COHERENCIA TEMPORAL

De acuerdo con la Guía de Buenas Prácticas de IPCC, la incertidumbre de la estimación de las emisiones de HFC-23 para el método de nivel 1 se sitúa en torno al 50% mientras que para el método de nivel 2 la incertidumbre se encuadra entre el 1 y el 2% con un nivel de confianza del 95%. En conjunto, y teniendo en cuenta información adicional de expertos del sector, la incertidumbre de las emisiones estimadas podría cifrarse entre el 25 y el 30%.

En cuanto a la pauta temporal, la variable de actividad es coherente dado que la información de la misma procede siempre de las propias plantas productoras. Para los factores de emisión debe tenerse en cuenta el hecho ya reseñado más arriba de que para los años iniciales de la serie la estimación se ha realizado

mediante la aplicación de factores de emisión por defecto, mientras que para los años finales toda la información está basado en medidas realizadas facilitadas por las plantas, y teniendo en cuenta la penetración de tecnologías de control de las emisiones.

#### 4.8.4 CONTROL DE CALIDAD Y VERIFICACIÓN

Entre las tareas de control de calidad en esta categoría debe destacarse el seguimiento que se realiza de la estimación de las emisiones facilitadas por las plantas en conjunción con la captación del HFC-23 para su posterior tratamiento con relación a la producción de HCFC-22, con el fin de detectar posibles anomalías en la información facilitada.

#### 4.8.5 REALIZACIÓN DE NUEVOS CÁLCULOS

No se han realizado nuevos cálculos en esta actividad.

#### 4.8.6 PLANES DE MEJORA

Se planea estudiar con las dos empresas fabricantes una valoración a lo largo del tiempo de la evolución de la incertidumbre.

### **4.9 CONSUMO DE HALOCARBUIROS Y SF<sub>6</sub> (2F)**

#### 4.9.1 DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD

En este grupo se incluyen las actividades de la categoría 2F del CRF generadoras de emisiones de HFC o PFC, y que son las correspondientes a la refrigeración y aire acondicionado (2F1), el espumado de plásticos (2F2), la extinción de incendios (2F3) y los aerosoles (2F4). No se incluye aquí las emisiones de SF<sub>6</sub> en equipamiento eléctrico.

En la tabla 4.9.1 se muestran las emisiones de cada tipo de gas para cada una de estas actividades. Dado que con anterioridad al año 1995 el uso de estos gases es marginal y por tanto sus emisiones asociadas son muy reducidas, la serie se muestra para el periodo 1995-2004. En la tabla 4.9.2 se muestran dichas emisiones en términos de CO<sub>2</sub> equivalente. En esta misma tabla se presentan el índice de evolución temporal (base 100 año 1995) de las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente, y las contribuciones de las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente de esta categoría sobre el total del inventario y del sector "Procesos Industriales".

**Tabla 4.9.1.- Emisiones de HFC y PFC**  
(cifras en toneladas)

Categoría	Gas	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
2F1	HFC-125		3,66	10,40	19,15	29,60	41,58	53,91	66,30	78,74	91,24
	HFC-134a		58,75	139,54	259,76	412,43	576,13	737,59	903,06	1078,36	1245,45
	HFC-143a		4,33	12,16	22,31	34,43	48,34	62,65	77,03	91,47	105,97
	C <sub>3</sub> F <sub>8</sub>		0,50	1,40	2,58	3,98	5,59	7,24	8,90	10,57	12,25
2F2	HFC-134a										33,98
2F3	HFC-23	0,26	0,59	2,70	6,21	15,75	33,21	51,55	67,55	86,70	100,36
	HFC-125					0,07	0,19	0,33	0,66	3,99	9,30
	HFC-227ea	0,83	1,39	2,83	5,21	8,36	12,32	16,85	21,88	28,11	39,60
	HFC-236fa					0,15	0,39	0,67	0,94	1,19	1,43
	C <sub>4</sub> F <sub>10</sub>	0,05	0,20	0,22	0,25	0,28	0,33	0,37	0,41	0,45	0,49
2F4	HFC-134a	1,62	3,36	3,56	93,67	204,20	230,07	220,22	159,92	124,73	138,75

**Tabla 4.9.2.- Emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente: valores absolutos, índices y ratios**

	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
CO <sub>2</sub> -eq (Gg)	-	8	1.817	2.345	2.787	3.324	3.915
Índice CO <sub>2</sub> -eq	-	100,0	22.982,5	29.658,2	35.252,7	42.043,3	49.523,0
% CO <sub>2</sub> -eq sobre total	-	0,002	0,47	0,61	0,72	0,83	0,96
% CO <sub>2</sub> -eq sobre procesos industriales	-	0,03	5,26	7,43	8,84	10,75	12,04

#### 4.9.2 METODOLOGÍA

A continuación se presenta para cada una de las actividades contempladas en este apartado las especificaciones metodológicas utilizadas en la estimación de las emisiones.

##### a) Refrigeración y aire acondicionado.

En cuanto a la refrigeración y el aire acondicionado se ha contado con información suministrada para algunos años por las asociaciones empresariales del frío y climatización y, por lo que respecta a su uso en la industria de automoción, con información obtenida vía cuestionario a las plantas de fabricación de automóviles. En el primer caso, es decir para los equipos estacionarios de refrigeración y climatización, el equipo de trabajo del inventario ha extendido las tasas de variación interanual para completar los últimos años de la serie al no haberse podido disponer de otra información en esta edición del inventario. Los factores de emisión son por lo que respecta a la producción nacional de automóviles datos derivados de la información de cuestionarios a las plantas fabricantes, y para los demás sub-sectores se han tomado de las guías de IPCC.

La metodología de estimación de las emisiones se ha basado en la expuesta en la Sección 2.17.4.2 del Manual de Referencia de IPCC y en las secciones 3.7.4 y 3.7.5 de la Guía de Buenas Prácticas de IPCC. Según estas referencias las emisiones se pueden originar en las fases de montaje, funcionamiento y retirada de los equipos. A cada una de estas fases corresponde un algoritmo de cálculo de las emisiones. La emisión total será la suma de las emisiones generadas en cada una de las tres fases.

#### **b) Espumado de plásticos.**

El uso de HFC en el espumado de plásticos, concretamente de HFC-134a, se ha comenzado a utilizar en el año 2004 como sustituto de otros gases fluorados que agotan la capa de ozono. La información sobre los consumos de HFC, aplicado en este caso en celdas cerradas, ha sido facilitada por la Asociación Técnica del Poliuretano Aplicado (ATEPA) cifrándose el consumo de HFC-134a en el año 2004 en 250 toneladas.

Para estimar las emisiones de esta sub-categoría se ha aplicado el método de nivel 2 de IPCC con factores de emisión por defecto que figuran en la Tabla 3.18 de la Guía de Buenas Prácticas de IPCC, habiéndose tomado de dicha tabla el factor de emisión para el primer año del 12,5% y para la pérdida anual sobre el stock de gas remanente del 2,5%, siguiendo indicaciones de expertos del sector.

#### **c) Equipos de extinción de incendios.**

Para la extinción de incendios, la información sobre cantidades consumidas de gases fluorados en el mantenimiento y nueva instalación de equipos de extinción se ha obtenido por cuestionario remitido a las principales empresas del sector, con distinción entre equipos fijos y equipos portátiles. Sobre dichos datos de variables de actividad el equipo de trabajo del inventario ha realizado una extrapolación al total del sector a partir de la estimación de la cobertura de las empresas informantes.

A partir de la información anterior (cantidades declaradas o estimadas de HFC y PFC incorporadas) se ha calculado el stock existente en cada año de cada tipo de gas almacenado en el conjunto de equipos utilizados en esta actividad. El stock existente en cada año es el indicador que se toma como variable de actividad socioeconómica, y que se muestra en la tabla 4.9.3.

**Tabla 4.9.3.- Stock de HFC y PFC almacenado  
en equipos de protección de incendios**  
(cifras en toneladas)

GAS	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
HFC-23	-	5,200	664,242	1.031,030	1.350,940	1.733,906	2.007,283
HFC-125	-	-	3,857	6,664	13,171	79,740	185,967
HFC-227ea	-	16,605	246,417	337,096	437,545	562,147	791,959
HFC-236fa	-	-	7,850	13,458	18,785	23,845	28,653
C <sub>4</sub> F <sub>10</sub>	-	1,000	6,604	7,474	8,300	9,085	9,831

Para la estimación de las emisiones se ha asumido de acuerdo con la Sección 2.17.4.4 del Manual de Referencia de IPCC y la Sección 3.7.6 de la Guía de Buenas Prácticas de IPCC un factor de emisión anual del 5% sobre la cantidad de cada gas almacenada en cada año en los equipos de protección de incendios.

#### **d) Aerosoles.**

Por lo que respecta al uso de HFC y PFC como propelentes de aerosoles, la información sobre la variable de actividad (gases incorporados en los dispositivos de aerosol) ha sido facilitada por la Asociación Española de Aerosoles (AEDA). Dicha información consta de:

- Cantidades envasadas según tipo de envase (producción nacional + importaciones):
  - \* Con inhalador y dosificador
  - \* Otros (Uso de aseo personal, aplicaciones domésticas e industriales y productos de uso general)
- Cantidades exportadas

A partir de dichos bloques de información se construye la serie “Consumo aparente”, como diferencia entre las cantidades envasadas (producción nacional + importaciones) menos las exportaciones. Esta serie de consumo aparente, que se presenta en la tabla 4.9.4, es la que se toma como variable de actividad para la estimación de las emisiones. De la observación de dicha tabla se evidencia que el único tipo de gas utilizado en los aerosoles vendidos en España es el HFC-134a.

Es interesante observar que según la propia fuente de AEDA el aumento producido en el consumo de HFC-134a a partir del año 1998 con respecto a los años anteriores se debe a la aplicación de la Directiva 94/48, que entró en vigor en 1997 y que prohibió que los productos decorativos y festivos utilizaran propelentes inflamables, obligando a reemplazar dichos productos por el HFC-134a.



**Tabla 4.9.4.- Consumo de HFC como propelentes de aerosoles**  
(cifras en toneladas)

HFC	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
HFC-134a	-	3,240	224,700	235,440	205,000	114,840	134,624

Los gases de los aerosoles se liberan en un corto espacio de tiempo después de la producción: un promedio de 6 meses después de la venta. La emisión es el 100% del gas inyectado en el aerosol. De conformidad con lo anterior y con la Sección 2.17.4.5 del Manual de Referencia de IPCC y la Sección 3.7.1 de la Guía de Buenas Prácticas de IPCC, se asume que un 50% de la emisión se produce en el año de venta del producto y el 50% restante en el año siguiente, para así tener en cuenta el promedio de 6 meses de retraso desde la venta hasta la utilización. La estimación de la emisión puede realizarse multiplicando el número de aerosoles vendidos en el año por la carga unitaria media del gas específico (HFC o PFC) contenido en el envase típico. No se considera que existan tecnologías de reducción de estas emisiones.

No existe para este sector una clasificación de niveles de métodos de estimación en la Guía de Buenas Prácticas de IPCC, y la aquí aplicada es la propuesta como metodología por defecto en el Manual de Referencia de IPCC.

#### 4.9.3 INCERTIDUMBRE Y COHERENCIA TEMPORAL

En cuanto a la variable de actividad, debe diferenciarse entre la notoriamente mayor incertidumbre del sub-sector de frío y climatización con relación a los restantes sub-sectores de actividad mencionados anteriormente, lo que lleva en conjunto a una estimación de la incertidumbre en torno al 100%. Un valor similar puede asignarse a la incertidumbre del factor de emisión combinado del conjunto de sub-sectores considerados.

En cuanto a la pauta temporal, debe señalarse las limitaciones existentes en los últimos años en los datos de consumos de HFC y PFC, especialmente en el sector del frío y climatización para el que la variable de actividad ha tenido que ser estimada mediante procedimientos de extrapolación.

#### 4.9.4 CONTROL DE CALIDAD Y VERIFICACIÓN

En los sub-sectores en los que la información de base no es exhaustiva se ha controlado que mediante la extrapolación correspondiente de muestra a población, es decir de la cobertura de producción de las empresas que facilitan datos con respecto a la cobertura que dichas empresas representan en relación con el total de su sub-sector, se derive finalmente una estimación de las emisiones que se considere representativa de la cobertura total del sector (este ha sido el caso especialmente de los equipos de protección de incendios y de la fase de carga de

gases fluorados en los equipos de aire acondicionado en las fábricas de automóviles).

#### 4.9.5 REALIZACIÓN DE NUEVOS CÁLCULOS

En este conjunto de actividades tan sólo se ha realizado nuevos cálculos en el año 2003 en la categoría 2.F.3 "Equipos de protección contra incendios". Esta modificación tiene su causa en la actualización de la información sobre cantidades de gases fluorados incorporados a los equipos de extinción de incendios por parte de una de las empresas del sector, y cuyos valores habían sido estimados en la edición anterior del inventario mediante procedimientos de extrapolación. El recálculo supone un descenso de la emisiones de HFC-23 de 0,77 toneladas y un incremento de las emisiones de HFC-227ea de 0,87 toneladas, lo que en términos de CO<sub>2</sub> equivalente significa un descenso de 6,55 Gg (descenso del 0,2%) con respecto a la edición anterior del inventario.

#### 4.9.6 PLANES DE MEJORA

Entre los objetivos de mejora se consideran prioritarios los de revisión de las variables de actividad y de los parámetros que intervienen en el algoritmo de estimación de las emisiones en el sub-sector de frío y climatización, tanto de equipos estacionarios como de equipos móviles.

### **4.10 SF<sub>6</sub> EN EQUIPOS ELÉCTRICOS (2F8).**

#### 4.10.1 DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD

El SF<sub>6</sub> se utiliza como aislante en equipos eléctricos, bien sean interruptores (circuit breakers), o armarios o cabinas de control eléctrico (switch gear). El SF<sub>6</sub> presenta ventajas de eficiencia como aislante que lo hace prácticamente irremplazable en equipos que trabajan con muy altas tensiones (por encima de los 52 kV); aunque también se usa en equipos para tensiones inferiores, en este caso, en competencia con otros procedimientos aislantes como: aceite, vacío, o corte al aire. La carga media de SF<sub>6</sub> en los equipos eléctricos depende del tamaño y funcionalidad del equipo que debe aislar, pudiendo variar entre los cientos y miles de kilogramos para los equipos que trabajan con tensiones de 52 o más kV, mientras que para los equipos de baja tensión la carga puede oscilar entre 1 y 2 kilogramos. La cantidad de SF<sub>6</sub> acumulado en equipos eléctricos puede calcularse como sumatorio, referido a los distintos tipos de equipos, del número de equipos en cada categoría por la carga típica del equipo representativo de la categoría. En el caso español esta es la única fuente que ha sido identificada como emisora de SF<sub>6</sub>.

La contribución de esta categoría al total de emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente del inventario es poco significativa (véase la tabla 4.10.2), no constituyendo una fuente clave por su nivel de emisiones en el periodo inventariado, aunque sí por su contribución a la tendencia en el año 1990.

En la tabla 4.10.1 se muestran las emisiones de SF<sub>6</sub> para esta actividad, siendo este gas el que confiere a esta fuente su naturaleza de clave. En la tabla 4.10.2 se muestran dichas emisiones en términos de CO<sub>2</sub> equivalente. En esta misma tabla se presentan el índice de evolución temporal (base 100 año 1995) de las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente, y las contribuciones de las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente de esta categoría sobre el total del inventario y del sector “Procesos Industriales”.

**Tabla 4.10.1.- Emisiones de SF<sub>6</sub>**  
(cifras en toneladas)

1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
2,80	4,53	8,56	7,65	8,67	8,69	10,67

**Tabla 4.10.2.- Emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente: valores absolutos, índices y ratios**

	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
CO <sub>2</sub> -eq (Gg)	67	108	205	183	207	208	255
Índice CO <sub>2</sub> -eq	61,8	100,0	188,8	168,7	191,2	191,7	235,5
% CO <sub>2</sub> -eq sobre total	0,02	0,03	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06
% CO <sub>2</sub> -eq sobre procesos industriales	0,26	0,39	0,59	0,58	0,66	0,67	0,78

#### 4.10.2 METODOLOGÍA

De una forma general, las emisiones se pueden generar en cada uno de los siguientes puntos del ciclo de vida de los equipos eléctricos que incorporan SF<sub>6</sub> como aislante:

- 1) En la fase de fabricación del equipo (lo que incluye las operaciones de prueba y la carga de los equipos).
- 2) Durante la instalación en el lugar de funcionamiento del equipo.
- 3) Durante la fase de funcionamiento del equipo.
- 4) En la retirada de funcionamiento del equipo.

Estos cuatro puntos o fases del ciclo vida que dan origen a las emisiones se corresponden con los respectivos cuatro términos que figuran en el segundo miembro de la ecuación [4.10.1] siguiente, y que es la transcripción de la Ecuación 3.16 de la Guía de Buenas Prácticas de IPCC correspondiente al método de nivel 2a, que es el que se ha adoptado para la estimación de las emisiones de esta actividad:

$$ET = EF + EI + EO + ER \quad [4.10.1]$$

donde:

ET = Emisiones totales

EF = Emisiones en fabricación

EI = Emisiones en instalación

EO = Emisiones en operación de los equipos

ER = Emisiones en la retirada de los equipos

Para la aplicación concreta del método de estimación, se han cuantificado los términos anteriores de la siguiente manera:

- a) Para los dos primeros términos se han tomado las propias estimaciones facilitadas por la Asociación Nacional de Fabricantes de Bienes de Equipo (SERCUBE), las cuales figuran en la tabla 4.10.3 siguiente

**Tabla 4.10.3.- Estimación de pérdidas de SF<sub>6</sub> en fabricación e instalación**  
(cifras en toneladas)

	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
Pérdidas en fabricación	-	1,006	4,051	2,895	3,398	2,840	3,333
Pérdidas en instalación	-	0,055	0,095	0,070	0,130	0,107	0,270

- b) Para el tercer término, se aplica un factor de pérdida sobre el stock acumulado de SF<sub>6</sub> en el parque de equipos eléctricos. El stock acumulado ha sido facilitado asimismo por SERCUBE con distinción entre equipos de media y de alta tensión (véase tabla 4.10.4). Para los equipos de media tensión, que vienen sellados, las emisiones en la fase de operación son mínimas o inexistentes, mientras que para los equipos de alta tensión, que vienen cerrados, las emisiones son comparativamente más elevadas. En consonancia con lo anterior, el factor de emisión seleccionado para los equipos de alta tensión ha sido del 2% anual, que es el factor que figura en la Ecuación 3.17 (correspondiente al enfoque de nivel 2b) de la Sección 3.5 de la Guía de Buenas Prácticas de IPCC; mientras que para los equipos de media tensión se ha tomado, tras las consultas efectuadas a los expertos del sector, un factor de emisión del 0,2% anual.
- c) Para el cuarto término, se desconoce la cantidad emitida en la operación propiamente dicha de retirada de los equipos. No obstante sí se conoce las cantidades retiradas, que van generando a su vez un stock de SF<sub>6</sub> en equipos dados de baja (pendiente del proceso de eliminación definitiva y posible recuperación parcial del gas). Es por ello que la contribución de este término se ha computado aplicando al stock calculado de SF<sub>6</sub> en equipos retirados o dados de baja (véase tabla 4.10.4) el mismo coeficiente de pérdida anual que para los equipos en operación (2%).

**Tabla 4.10.4.- Estimación del SF<sub>6</sub> almacenado en equipos eléctricos**  
(cifras en toneladas)

	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
Equipos en funcionamiento							
Alta tensión	139,900	169,600	195,100	201,500	216,700	241,400	299,900
Media tensión	1,000	40,000	203,400	265,700	333,000	389,100	468,300
Equipos dados de baja	-	-	5,288	6,107	6,910	6,772	6,816

#### 4.10.3 INCERTIDUMBRE Y COHERENCIA TEMPORAL

A nivel agregado, y con referencia al factor de emisión, se estima que la incertidumbre podría situarse en torno al 30% (valor más alto de los propuestos para Europa en pérdidas en fabricación e instalación en la Tabla 3.13 de la Guía de Buenas Prácticas de IPCC). En cuanto al stock existente de SF<sub>6</sub> la incertidumbre podría estimarse en torno al 20%, y una incertidumbre similar podría estimarse para el factor de emisión de fugas en operación.

En cuanto a la coherencia temporal, interesa diferenciar entre los componentes que contribuyen a las emisiones. Así, por un lado, las pérdidas en fabricación e instalación facilitadas por SERCOBE provienen de datos directos y se consideran temporalmente homogéneas. Por lo que respecta a la estimación de las existencias de SF<sub>6</sub> en equipos en operación debe mencionarse que la serie con información directa de 1995 a 2004 ha tenido que ser extendida por extrapolación para cubrir los años iniciales de la serie (1990-1994), si bien el procedimiento se considera que produce una serie homogénea.

#### 4.10.4 CONTROL DE CALIDAD Y VERIFICACIÓN

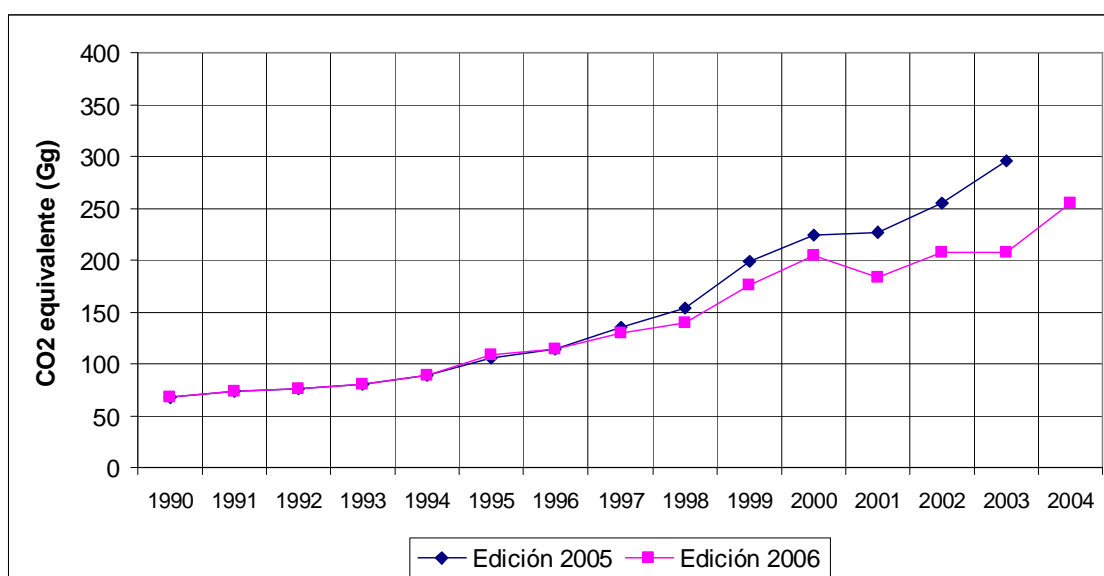
Al adoptar la nueva metodología de estimación del stock existente en equipos en operación, se constató que el procedimiento aplicado en la edición anterior del inventario no permitía una cobertura total de la actividad. Con la nueva fuente de información se considera que la cobertura sí es exhaustiva en lo referente al uso de SF<sub>6</sub> en equipos eléctricos.

#### 4.10.5 REALIZACIÓN DE NUEVOS CÁLCULOS

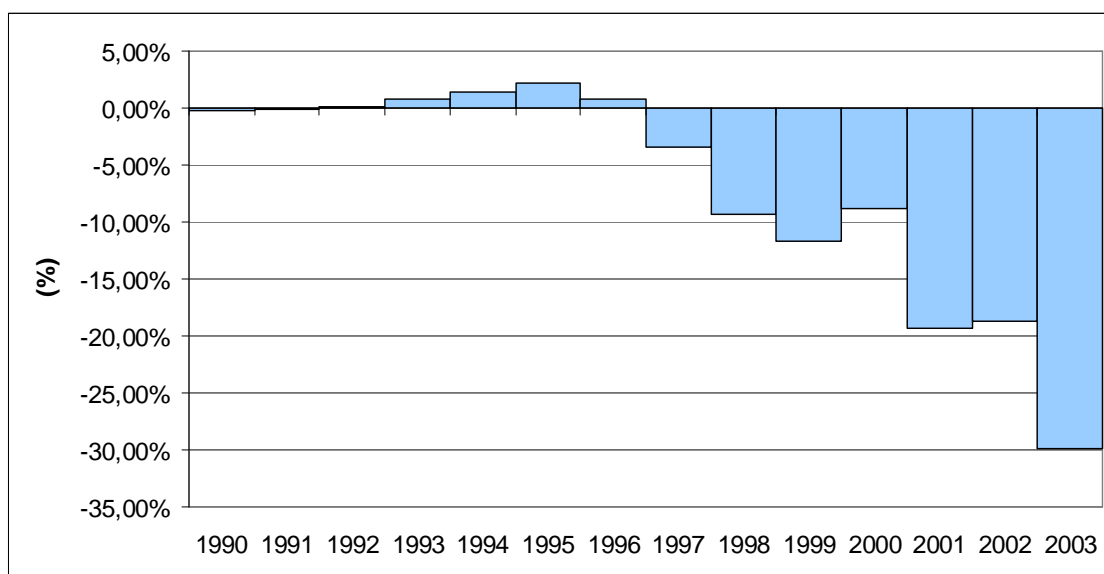
Los nuevos cálculos realizados en esta actividad han consistido en la revisión de la serie de stock de SF<sub>6</sub> en equipos en operación, diferenciando en esta edición entre equipos de alta tensión (cerrados) y equipos de media tensión (sellados). Esta diferenciación es la que se considera pertinente para la estimación de las emisiones, en sustitución de la anteriormente empleada que diferenciaba por tipología del equipo (interruptores y armarios o cabinas), ya que el factor de emisión es muy diferente como se ha expuesto más arriba según se trate de equipos cerrados o sellados.

La comparación de resultados de las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente entre las ediciones actual y anterior del inventario se muestra en términos de valores absolutos en la figura 4.10.1 y en términos relativos (diferencia porcentual) en la figura 4.10.2.

**Figura 4.10.1.- Emisiones de CO<sub>2</sub>-eq. Comparación Eds 2006 vs 2005**



**Figura 4.10.2.- Emisiones de CO<sub>2</sub>-eq. Diferencia porcentual Eds 2006 vs 2005**



#### 4.10.6 PLANES DE MEJORA

Como actuaciones de mejora se planea abordar las posibles emisiones que se generen en la fase de mantenimiento de los equipos y, por otra parte, recabar información específica sobre los sistemas de gestión en la retirada de equipos, incluyendo información sobre eficiencia en la recogida de SF<sub>6</sub> y sus eventuales tratamientos posteriores.

#### 4.11 OTRAS FUENTES

Siguiendo la nomenclatura de fuentes CRF se considerarían adicionalmente otras actividades que no siendo fuentes clave en el inventario sí se encuadran bajo el epígrafe de procesos industriales. Seguidamente se mencionan alguna de las principales de este grupo "Otras fuentes".

- La categoría 2A2 recoge las emisiones producidas en los procesos de descarbonatación durante la fabricación de cal y dolomía calcinada. La información ha sido facilitada por la Asociación Nacional de Fabricantes de Cales y Derivados de España (ANCADE)<sup>80</sup>. Adicionalmente también se ha dispuesto de información directa sobre producción de cal en plantas siderúrgicas integrales en el periodo 1990-1992.

Los factores de emisión de CO<sub>2</sub> propuestos en el Manual de Referencia 1996 de IPCC (tabla 2.2) son de 790 y 910 kg CO<sub>2</sub>/t de materia calcinada según sea esta calcita o dolomita. Sin embargo para realizar la estimación de las emisiones se ha utilizado la metodología aplicada por la propia asociación del sector de fabricación de cal (ANCADE), a partir de las cantidades de producto final (cal viva o dolomía calcinada) y el grado de pureza final de las mismas, dado que al factor de emisión de CO<sub>2</sub> estequiométrico por tonelada de cal viva o dolomía producida hay que añadir la corrección por el grado de pureza del producto final, es decir, el factor estequiométrico se aplica sobre las toneladas de producto una vez descartadas las impurezas.

$$\text{Emisión CO}_2 = \text{Producción (t)} \cdot \% \text{ Pureza} \cdot \text{Factor de emisión de CO}_2 \text{ estequiométrico}$$

El grado de pureza es característico de cada instalación y año de operación, mientras que el ratio estequiométrico es un valor fijo para todas las instalaciones y años (785 kg CO<sub>2</sub>/t producto para la cal viva y 913 kg CO<sub>2</sub>/t producto para la dolomía calcinada). Cuando no se ha podido disponer del grado de pureza de una instalación, se han aplicado los mismos grados de pureza del año más próximo para el que se dispone de esta información en la instalación en cuestión o, en su defecto, los valores estándar recomendados en "The Greenhouse Gas Protocol: a corporate accounting and reporting standard" (Octubre 2001), desarrollado por el *World Business Council for Sustainable*

<sup>80</sup> Para las empresas no asociadas a ANCADE, las producciones son aproximadas según estimaciones realizadas por esta asociación.

*Development* (WBCDS) y el *World Resource Institute* (WRI) (93% para la cal viva y 95% para la dolomía calcinada).

Para la fabricación de cal en otras industrias, y dado que el proceso de fabricación difiere del utilizado en las industrias de la construcción, se ha optado por utilizar el factor de emisión (790 kg CO<sub>2</sub>/t de cal) propuesto en el Manual de Referencia 1996 de IPCC más arriba indicado.

Aunque presumiblemente la cobertura de las cifras de producción es total para el conjunto nacional (producción intermedia + final) se planea hacer una investigación adicional por si pudiera quedar sin computar algún centro de actividad con producción intermedia no contabilizada hasta el momento.

- La producción de halocarburos y SF<sub>6</sub>, con la exclusión de la fabricación de HCFC-22 (categorías 2E2 y 2E3).

Por último cabe hacer dos precisiones con respecto a la relación de actividades que figuran en el CRF Reporter bajo la categoría 2A7, supuestamente rellenas a partir de la información suministrada en ediciones anteriores del inventario. En primer lugar, la actividad "*Glass production*" se estimaba aplicando un factor de emisión por defecto a las toneladas de vidrio producido, habiéndose pasado ya a estimar las emisiones en la edición anterior del inventario en función de los carbonatos y agentes reductores utilizados en esta industria, quedando dichas emisiones incluidas en otras actividades de la categoría 2A (en concreto 2A3, 2A4 y 2A7). Y en segundo lugar, cabe hacer la precisión de que se ha realizado una incorrecta transcripción en el CRF Reporter de la información suministrada en ediciones anteriores del inventario al haberse introducido la actividad denominada "*Magnesia production*" cuando en realidad debe ser "*Magnesium carbonate*" ya que se trata de las emisiones de CO<sub>2</sub> producidas por la descarbonatación de dicho compuesto en las de fabricación de vidrio y magnesita (la variable de actividad es la cantidad de carbonato de magnesio utilizado, no la producción de magnesio).



## **5.- USO DE DISOLVENTES Y OTROS PRODUCTOS**

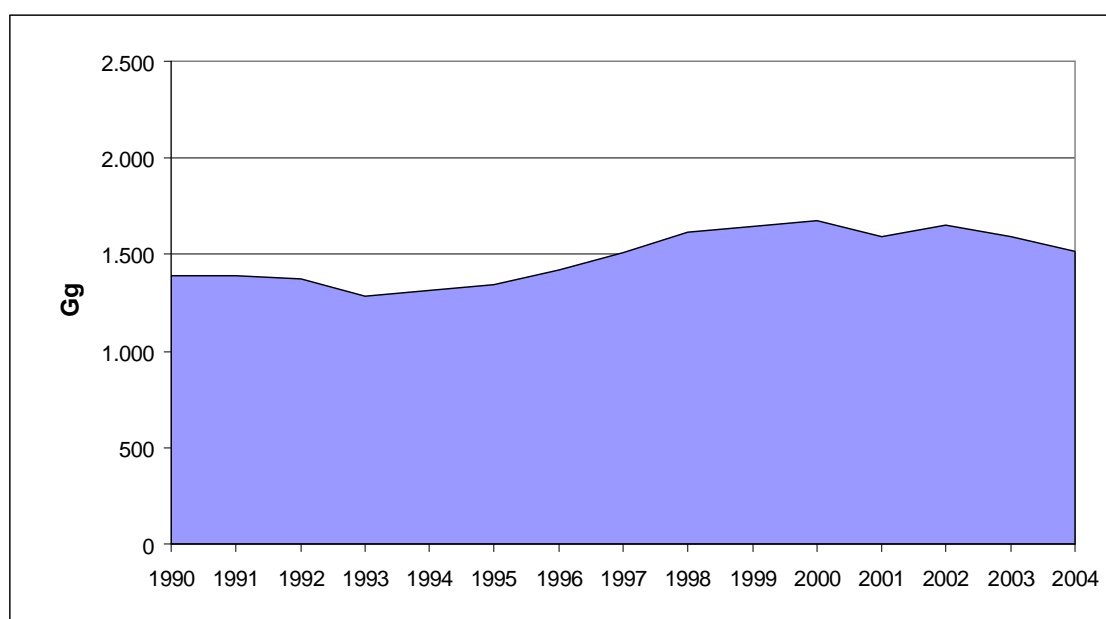
### **5.1 PANORÁMICA DEL SECTOR**

Las emisiones por el uso de disolventes y otros productos constituyen una fuente menor en las emisiones de gases de efecto invernadero del inventario. En concreto en el año 2004 representan un 0,35% de las emisiones totales españolas en términos de CO<sub>2</sub> equivalente, lo que supone una reducción con respecto al año base en el que representaban un 0,48% del total. Por otro lado, las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente en este sector han registrado un incremento del 9,01% en el año 2004 con respecto al año base, pasando de 1.391 Gigagramos (Gg) de CO<sub>2</sub> equivalente en 1990 a 1.517 Gg en el año 2004. En la tabla 5.1.1 se presentan en términos de CO<sub>2</sub> equivalente las emisiones del sector de uso de disolventes y otros productos, representándose en la figura 3.1.1 la evolución de dichas emisiones largo del periodo 1990-2004.

**Tabla 5.1.1.- Emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente**  
(cifras en Gg)

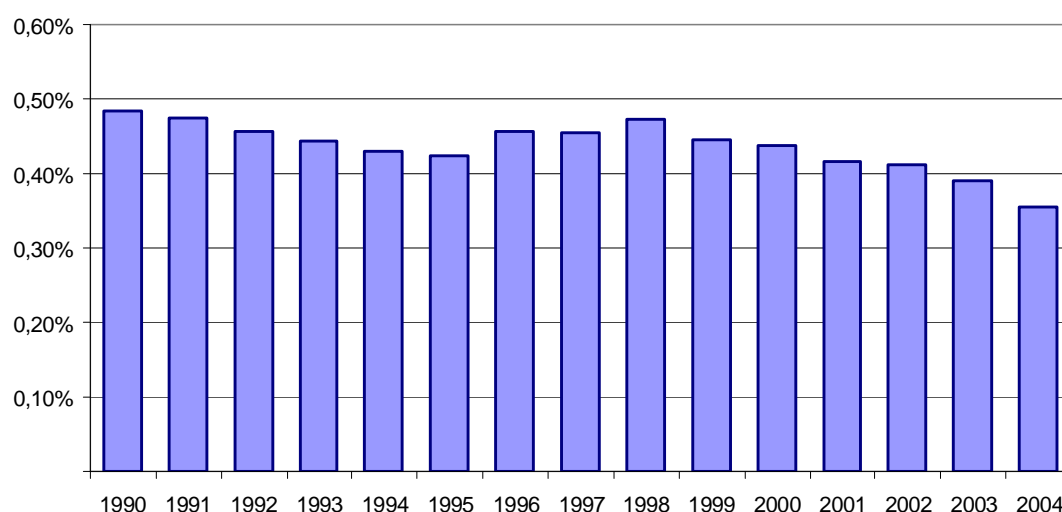
	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
3 Uso de disolventes y otros productos	1.391	1.347	1.679	1.596	1.653	1.596	1.517

**Figura 5.1.1.- Evolución de las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente**



Como puede observarse en la figura 4.1.2 la importancia relativa de esta categoría en el inventario es muy reducida (inferior al 0,5% a lo largo del periodo inventariado), constituyendo una fuente clave por su tendencia en las emisiones de CO<sub>2</sub> para el periodo 1993-1995, si bien su contribución a la tendencia en dichos años es inferior al 0,7%.

**Figura 5.1.2.- Porcentaje de las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente por categoría respecto al total del inventario**



## **5.2 3. USO DE DISOLVENTES Y OTROS PRODUCTOS**

### **5.2.1 DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD**

Este sector comprende un grupo heterogéneo de categorías en cuyos procesos lo que prima es la utilización de compuestos orgánicos volátiles excepto metano (COVNM), así como otros productos que tienen un potencial de calentamiento directo (N<sub>2</sub>O y eventualmente CO<sub>2</sub>, si bien este último no se ha constatado hasta ahora en el inventario).

En relación con los COVNM son relevantes las emisiones originadas en las categorías siguientes:

- 3A Aplicación de pintura
- 3B Limpieza en seco y desengrasado
- 3C Fabricación y tratamiento de otros productos químicos
- 3D Otros - Usos de disolventes y N<sub>2</sub>O y actividades relacionadas

Es importante reseñar que de acuerdo con la metodología unificada de IPCC y EMEP/CORINAIR, se incluyen en el cálculo de las emisiones de gases de efecto invernadero de este sector, además del cómputo inmediato de las emisiones de CO<sub>2</sub> y N<sub>2</sub>O, las emisiones finales de CO<sub>2</sub> provenientes de la oxidación de las emisiones (inmediatas) de COVNM correspondiente a las categorías 3A, 3B y 3D.

En cuanto al uso de N<sub>2</sub>O, cabe mencionar que en el inventario español sólo se ha identificado como fuente emisora la utilización de este gas en anestesia, actividad que se encuadra dentro de la categoría 3D.

### 5.2.2 METODOLOGÍA

Para los COVNM, la metodología aplicada para la estimación de las emisiones es esencialmente la de EMEP/CORINAIR y complementada con aportaciones y consultas realizadas con IIASA y EGTEI<sup>81</sup>.

Como especificidades cabe destacar que para algunas fuentes emisoras de especial relevancia, la información se ha recabado y procesado a nivel de planta individualizada (caso de las fábricas de fabricación de automóviles). Para las restantes fuentes emisoras, la información sobre las variables de actividad procede en su inmensa mayoría de las asociaciones empresariales correspondientes, entre las que cabe destacar las siguientes: Asociación Española de Fabricantes de Pinturas y Tintas de Imprimir (ASEFAPI); Federación Empresarial de la Industria Química Española (FEIQUE); Confederación Española de Empresarios de Plástico (ANAIP); Asociación Técnica del Poliuretano Aplicado (ATEPA); Consorcio Nacional de Industriales del Caucho (COFACO); Asociación Nacional de Empresas para el Fomento de las Oleaginosas y su Extracción (AFOEX). Asimismo, se han utilizado en el caso de algunas actividades información de estadísticas generales, tales como la población del Instituto Nacional de Estadística (INE), la Encuesta Industrial (INE) o la publicación "La Industria Química en España" del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio (MITYC).

En cuanto a los factores de emisión, la metodología utilizada trata de cuantificar el contenido de COVNM en los disolventes y otros productos que contienen estas sustancias. En su caso, se incorporan los coeficientes reductores correspondientes a las distintas técnicas de aplicación y de abatimiento de las emisiones resultantes. En particular, y para el caso de aplicación de pinturas, es especialmente relevante la diferenciación entre los distintos tipos de pinturas (al agua, al disolvente, etc.). En la medida que se dispone de información de la evolución de estas técnicas en el tiempo, los factores aparecen anualizados.

---

<sup>81</sup> IIASA: International Institute for Applied Systems Analysis  
EGTEI: Expert Group on Techno-Economic Issues.

Especial mención merece el caso de las fábricas de automóviles, para las cuales se ha realizado un tratamiento individualizado en cada planta, recabando la información sobre cantidades de concentrado y disolvente utilizadas y sus contenidos en COV 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.

Una vez que se han determinado las emisiones inmediatas de COVNM su conversión a CO<sub>2</sub> final se realiza utilizando el siguiente algoritmo:

$$\text{Emisión CO}_2 = \text{Emisión COVNM} \cdot 0,85 \cdot 44/12$$

donde 0,85 es el coeficiente para pasar la masa de COVNM a masa de carbono, y 44/12 para expresar la masa de carbono en masa de CO<sub>2</sub>.

Por lo que al N<sub>2</sub>O se refiere, las emisiones consideradas en el inventario se circunscriben, tal y como se ha mencionado anteriormente, al uso de este gas con fines anestésicos. El óxido nitroso, con su característica de mayor solubilidad en grasas que en el agua, es transportado en forma gaseosa por la sangre hasta el sistema nervioso central a través de los líquidos contenidos en este último, donde se produce un estado de completa inconsciencia o narcosis. Como muchos otros productos anestésicos volátiles, el N<sub>2</sub>O sale del organismo sin experimentar cambios, es decir, es refractario al catabolismo de los procesos biológicos. Debido a esta propiedad la emisión de N<sub>2</sub>O se considera igual al consumo que de dicho gas se hace para este uso. Dicho consumo se ha estimado a partir de la información facilitada por una de las empresas del sector.

### 5.2.3 INCERTIDUMBRE Y COHERENCIA TEMPORAL

En cuanto a las variables de actividad, dado que se han obtenido bien vía directa mediante cuestionario a las plantas, de asociaciones empresariales de amplia cobertura nacional, o de estadísticas derivadas de censos nacionales se asume una incertidumbre media del orden del 50%. En cuanto a los factores de emisión, se puede asumir que la incertidumbre media se sitúa en torno al 25%.

En general se considera que las series de variables de actividad presentan un alto grado de coherencia temporal por provenir la información de fuentes de referencia estables con un nivel de cobertura contrastado a nivel nacional. Sin embargo queda pendiente temporalizar una parte importante de los factores de emisión de COVNM, ya que no se ha podido determinar con precisión a lo largo del periodo inventariado en todas las actividades el grado de penetración de las nuevas tecnologías de proceso y de abatimiento.

## 5.2.4 CONTROL DE CALIDAD Y VERIFICACIÓN

Entre las tareas de control de calidad cabe destacar el seguimiento que se hace de los procesos de aplicación de pintura en las plantas de fabricación de automóviles. Se solicita información para cada una de las fases de las líneas de pintado sobre consumo de concentrado y disolvente y sus correspondientes contenidos en COVs, obteniéndose a partir de estos datos la cantidad de disolución utilizada, su contenido en COVs y la emisión producida. De esta emisión se descuenta la cantidad que ha sido recuperada o eliminada (reciclada, incinerada o enviada a gestor exterior) obteniéndose de este modo la emisión total de COVNM. En el caso de producirse carencias en dicha información o presentarse valores atípicos se investiga con las propias plantas las causas de las anomalías con el fin de obtener las necesarias correcciones o justificaciones de los valores correspondientes. Adicionalmente, esta información permite contrastar los datos entre plantas, obteniéndose ratios de consumos y emisiones (por vehículo pintado y por superficie tratada) utilizables para realizar procedimientos de verificación de la información facilitada. En la tabla 5.1.2 se presenta el modelo de solicitud de información necesaria para realizar este balance de masas.

**Tabla 5.1.2.- Cuestionario aplicación de COVs en fábricas de automóviles**

PROCESO	CONCENTRADO		DISOLVENTE		DISOLUCIÓN		COV TOTAL kg
	kg	% COV	kg	% COV	kg	% COV	
<b>1.- Aplicación de pintura</b>							
Cataforesis							
Productos PVC (masillas, másticos)							
Imprimación (aprestos, sellados)							
Lacas							
Retoques							
Ceras protección							
± Ajustes							
<b>2.- Desengrasado y limpieza industrial</b>							
Desengrasado de metales							
Otra limpieza industrial							
<b>Total fabricación (1 + 2)</b>							
<b>3. Mantenimiento</b>							
<b>TOTAL CONSUMO (1 + 2 + 3):</b>							
Recuperación (reciclado)							
Eliminación (incineración)							
Envío a gestor exterior							
<b>EMISIÓN</b>							

Otro control de calidad realizado ha sido el correspondiente a la actividad de aplicación de pintura para decoración y construcción. En este caso se ha tenido en cuenta la reducción a lo largo del periodo inventariado de los contenidos de COVs en las pinturas como consecuencia de la aplicación de las diferentes normativas medioambientales al respecto. Esta tarea de contrastación que se ha abordado conjuntamente con las correspondientes asociaciones sectoriales, permite reflejar el incremento que se produce en el uso de pinturas al agua con respecto a las pinturas al disolvente así como la consiguiente disminución a lo largo del tiempo de las emisiones de COVNM tanto en valores absolutos como en términos relativos (emisión por tonelada de pintura aplicada).

### 5.2.5 REALIZACIÓN DE NUEVOS CÁLCULOS

Como ya se ha mencionado, se han revisado en esta edición del inventario los contenidos de COVs de las pinturas utilizadas en la construcción y en decoración, a partir de la información facilitada por IIASA y CEPE<sup>82</sup> relativa a la distribución de los consumos de pintura según sus bases (al agua o al disolvente) así como de los respectivos contenidos de COV. Adicionalmente, y basándose también en información de las citadas fuentes, se han estimado las emisiones correspondientes al uso de disolventes para limpieza de los equipos en este sub-sector.

Modificación del factor de emisión de COVNM para la actividad de uso doméstico de disolventes, incluida en la categoría 6D, pasando de 2.590 g/hab-año (Libro Guía EMEP/CORINAIR, capítulo B648, epígrafe 8.1) al factor de 2.000 g/hab-año propuesto por IIASA<sup>83</sup>.

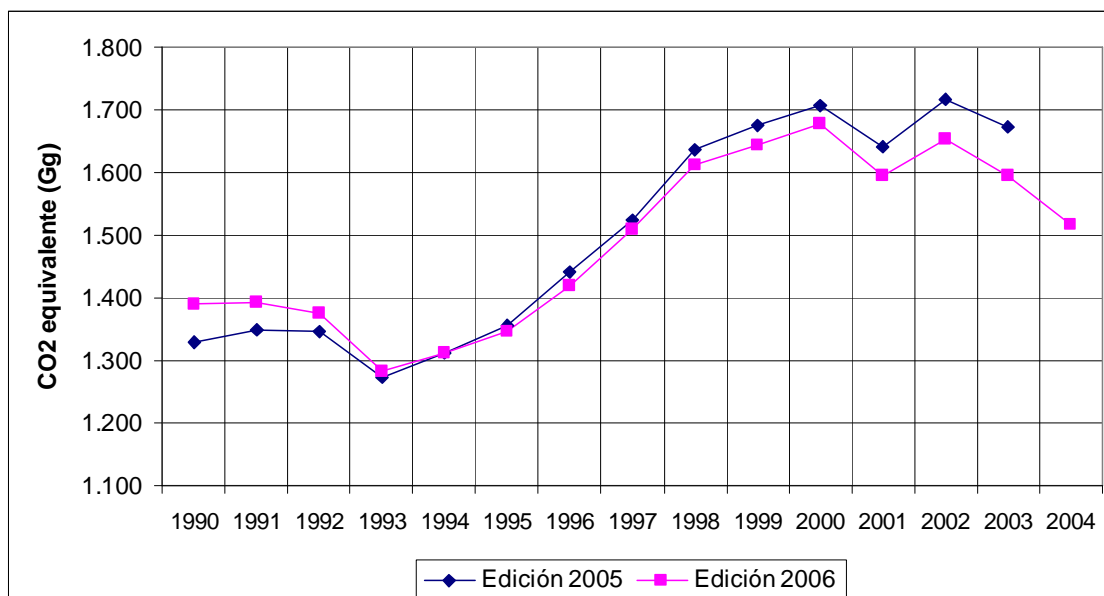
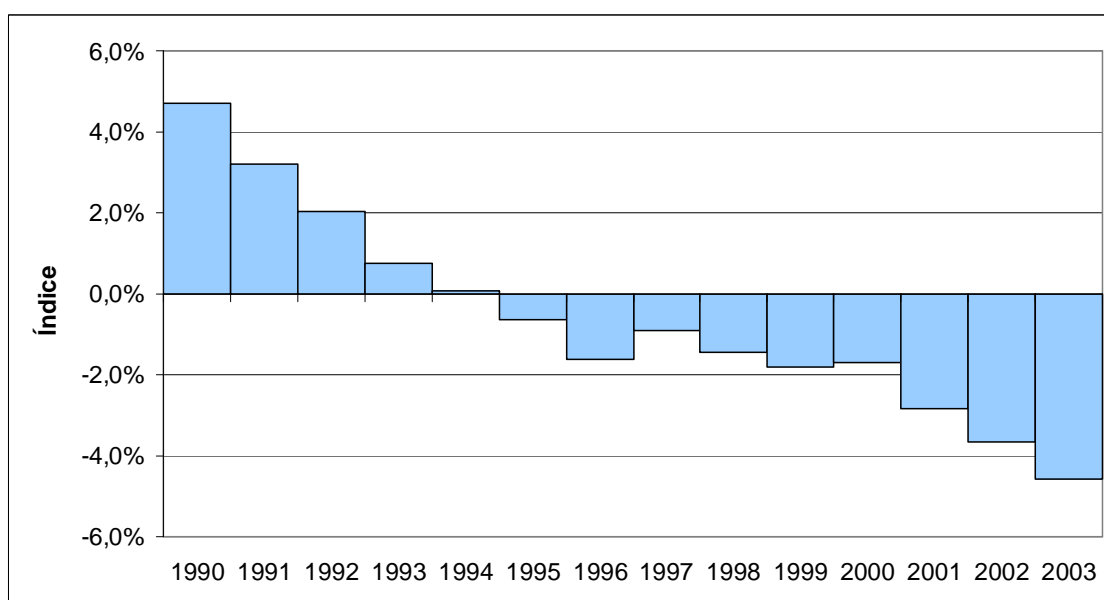
En conjunto, estos nuevos cálculos suponen unas modificaciones en este sector que oscilan entre el incremento de 62 Gg de CO<sub>2</sub> equivalente en el año 1990 y el descenso de 76 Gg en el año 2003.

La comparación de resultados de las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente entre las ediciones actual y anterior del inventario se muestra en términos de valores absolutos en la figura 5.6.1 y en términos relativos (diferencia porcentual) en la figura 5.6.2. Como puede observarse en esta última figura, la variación relativa de las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente como consecuencia de los nuevos cálculos efectuados en esta actividad varía entre el 4,7% de 1990 y el -4,6% del año 2003.

---

<sup>82</sup> CEPE: Conseil Européen de l'Industrie des Peintures, des Encres d'Imprimerie et des Couleurs d'Art.

<sup>83</sup> Véase Interim Report IR-00-51. Estimating Costs for Controlling Emissions of Volatile Organic Compounds (VOC) from Stationary Sources in Europe. Página 9, tabla 4. Valor para *Western Europe*.

**Figura 5.6.1.- Emisiones de CO<sub>2</sub>-eq. Comparación Eds 2006 vs 2005****Figura 5.6.2.- Emisiones de CO<sub>2</sub>-eq. Diferencia porcentual Eds 2006 vs 2005**

### 5.2.6 PLANES DE MEJORA

Dentro de este sector hay un conjunto de tareas programadas para abordar con las principales asociaciones empresariales la revisión de las variables básicas de actividad así como de la caracterización de los procesos y técnicas aplicados en el uso de disolventes y el contenido de COVs de los mismos.



## 6.- AGRICULTURA

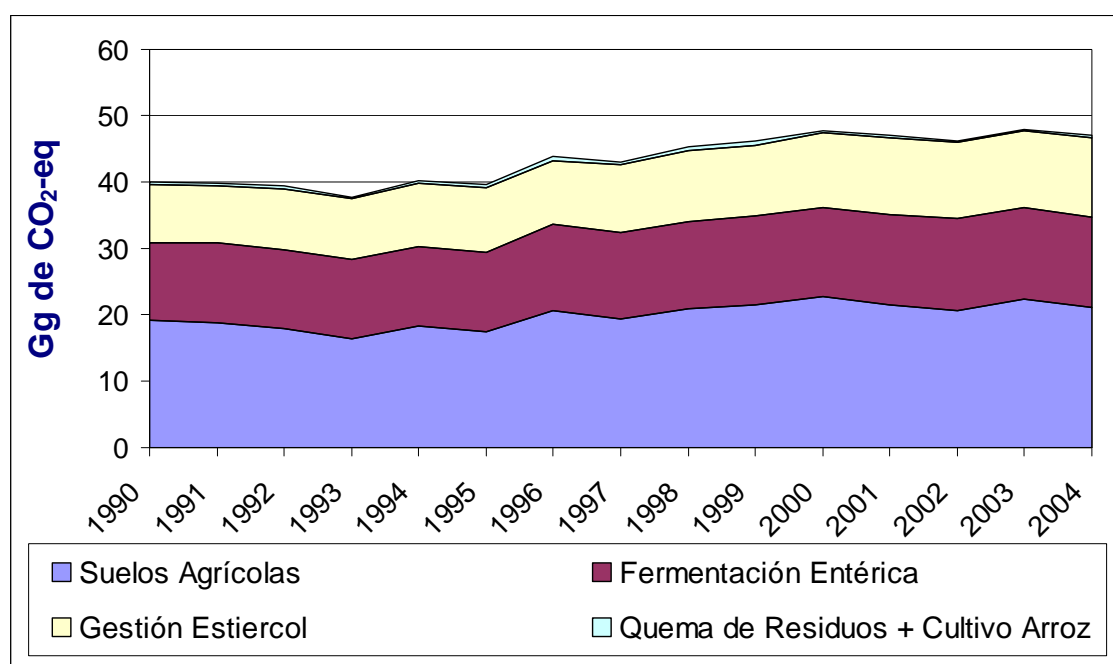
### 6.1 PANORÁMICA DEL SECTOR

Las emisiones de la agricultura, cuya evolución se muestra en la tabla 6.1.1 y la figura 6.1.1, han experimentado entre 1990 y 2004 un incremento del 18,76%, pasando de 39.996 Gg a 46.918 Gg de CO<sub>2</sub>-eq (CO<sub>2</sub> equivalente)

**Tabla 6.1.1.- Emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente  
(cifras en Gigagramos)**

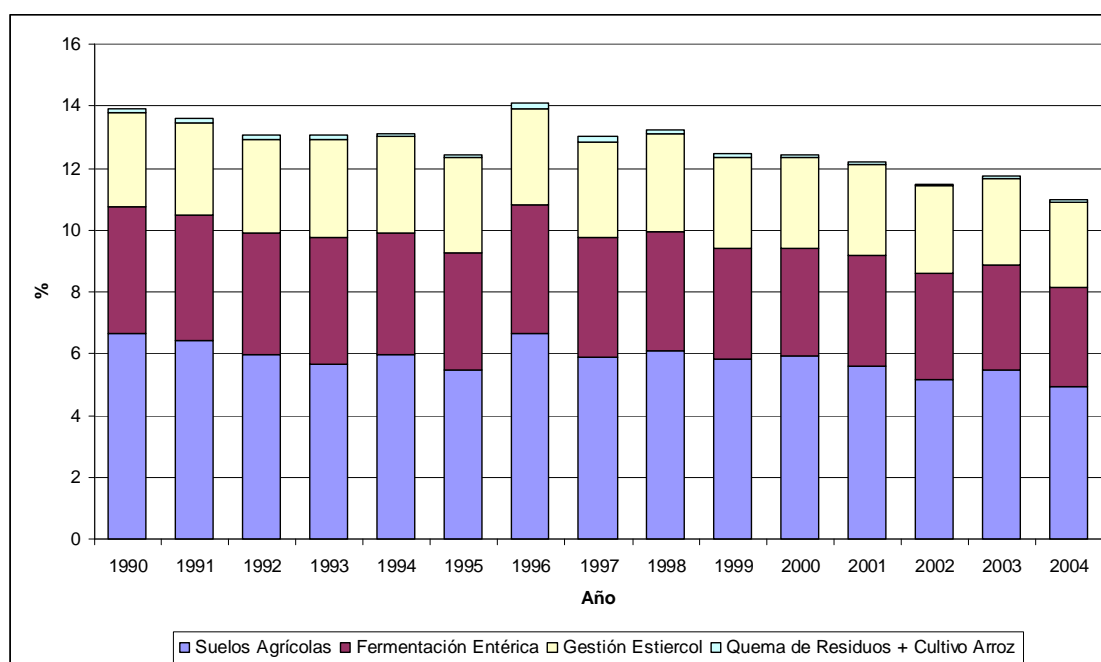
	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
Suelos Agrícolas	19.064	17.374	22.791	21.495	20.647	22.254	21.042
Fermentación Entérica	11.780	12.044	13.362	13.710	13.797	13.993	13.706
Gestión Estiércol	8.695	9.781	11.211	11.448	11.468	11.318	11.859
Quema de Residuos + Cultivo Arroz	457	297	397	303	300	312	312
<b>Agricultura</b>	<b>39.996</b>	<b>39.496</b>	<b>47.761</b>	<b>46.956</b>	<b>46.213</b>	<b>47.877</b>	<b>46.918</b>

**Figura 6.1.1.- Evolución de las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente**



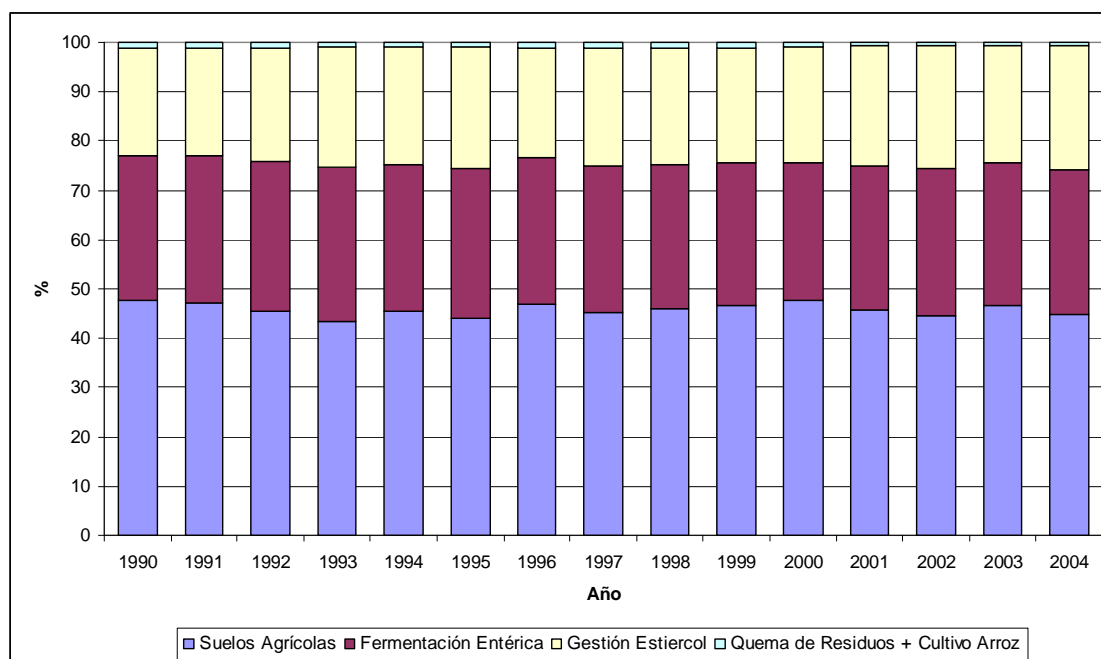
Las emisiones de la agricultura representan en el año 2004, como puede observarse en la figura 6.1.2, un 11,03% de las emisiones totales españolas de CO<sub>2</sub> equivalente, lo que supone, pese al incremento de las emisiones absolutas de esta actividad, un ligero retroceso respecto al año 1990 en el que representaban un 13,16% del total.

**Figura 6.1.2.- Porcentaje de las emisiones de CO<sub>2</sub>-eq por categoría respecto al total del inventario**



En la figura 6.1.3 puede observarse que la distribución entre categorías de las emisiones de este sector no ha sufrido grandes variaciones en el periodo inventariado. De mayor a menor contribución pueden citarse los Suelos Agrícolas, con casi el 50% de las emisiones del sector, seguidos por la Fermentación Entérica y la Gestión de Estiércoles.

**Figura 6.1.3.- Porcentaje de las emisiones de CO<sub>2</sub>-eq por categoría respecto al total del sector**



#### FUENTES CLAVE

Las fuentes clave identificadas para el periodo 1990-2004, considerando la combinación de actividad con gas según se muestra en la tabla 6.1.2, ordenadas de mayor a menor contribución a las emisiones de inventario en el año, son:

- Fermentación entérica en ganado doméstico (CH<sub>4</sub>): Fuente por nivel 1990-2004 y por tendencia 1990, 1992, 1994-2004.
- Suelos agrícolas - Emisiones directas (N<sub>2</sub>O): Fuente por nivel 1990-2004 y por tendencia 1990-1995 y 1997-2004.
- Gestión de estiércol (CH<sub>4</sub>): Fuente por nivel 1990-2004 y por tendencia 1990-1998.
- Suelos agrícolas - Emisiones indirectas (N<sub>2</sub>O): Fuente por nivel 1990-2004 y por tendencia 1990-1995 y 1997-2004.
- Gestión de estiércol (N<sub>2</sub>O): Fuente por nivel 1990-2004.
- Suelos agrícolas – Producción animal (N<sub>2</sub>O): Fuente por nivel 1990-1992, 1995-1999 y 2003.

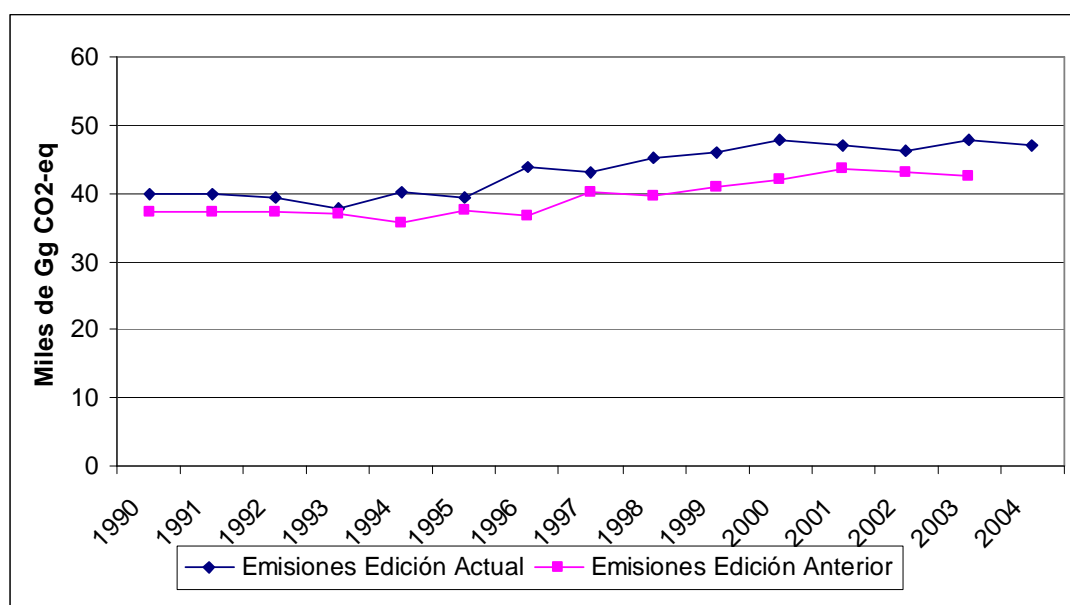
**Tabla 6.1.2.- Fuentes clave: Contribución al nivel y a la tendencia**

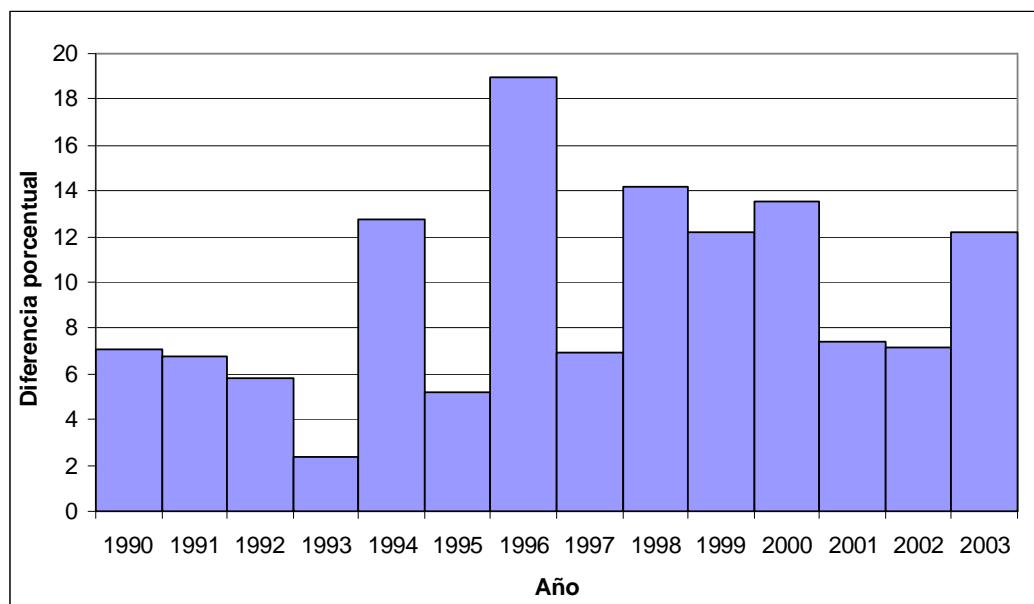
Código	Descripción	GEI	Gg CO <sub>2</sub> -eq (2004)	Contribución Nivel			Contribución Tendencia		
				%	F.Clave	Orden	%	F.Clave	Orden
4A	Fermentación Entérica en Ganado Doméstico	CH <sub>4</sub>	13.706	3,20	SI	7	2,10	SI	12
4D1	Suelos Agrícolas - Emisiones Directas	N <sub>2</sub> O	10.553	2,47	SI	11	2,47	SI	9
4B	Gestión de Estiércol	CH <sub>4</sub>	8.896	2,08	SI	12	0,18	NO	36
4D3	Suelos Agrícolas - Emisiones Indirectas	N <sub>2</sub> O	8.393	1,96	SI	13	1,54	SI	14
4B	Gestión de Estiércol	N <sub>2</sub> O	2.962	0,69	NO	19	0,39	NO	25
4D2	Suelos Agrícolas – Producción Animal	N <sub>2</sub> O	1.604	0,37	NO	29	0,24	NO	29

Orden: Número de orden de la categoría en la relación de fuentes clave (ordenada según contribución al nivel o a la tendencia).

## NUEVOS CÁLCULOS

En la presente edición del inventario se ha realizado una extensa revisión de las metodologías y parámetros usados para el cálculo de las emisiones. Como resultado de esta revisión se ha producido un aumento en las emisiones en todos los años de la serie como puede apreciarse en la figura 6.1.4 y la figura 6.1.5. Este aumento es el resultado de la variación en las emisiones de múltiples actividades, lo que explica los cambios relativos a lo largo de la serie entre las estimaciones de ambas ediciones. Los recálculos por actividad se tratarán más adelante en sus respectivos epígrafes.

**Figura 6.1.4.- Emisiones en CO<sub>2</sub>-eq. Comparación eds 2006 vs 2005**

**Figura 6.1.5.- Emisiones de CO<sub>2</sub>-eq. diferencia porcentual eds 2006 vs 2005**

## **6.2 FERMENTACIÓN ENTÉRICA EN GANADO DOMÉSTICO - CH<sub>4</sub> (4A):**

### **6.2.1 Descripción de la actividad emisora.**

En esta actividad se consideran las emisiones de metano provenientes de la fermentación entérica de la cabaña ganadera. La cantidad de metano producida y emitida por los animales depende básicamente de la constitución de su aparato digestivo y su dieta alimentaria.

El tipo de aparato digestivo tiene una influencia determinante en los niveles de emisión de metano. Los rumiantes son las especies con mayores tasas de emisión a causa del tipo de fermentación generadora de metano que tiene lugar en su rumen. En España las principales especies rumiantes incluyen: el vacuno, ovino y caprino. Entre los pseudo-rumiantes (caballos, mulas, asnos) y los animales monogástricos (porcino) las tasas de emisión de metano son mucho menores.

En cuanto a la dieta puede decirse que cuanto mayor sea la ingesta y menor la digestibilidad de sus materias mayores serán, en términos generales, las emisiones de metano. La ingesta animal se relaciona positivamente con el tamaño del animal, su tasa de crecimiento y elementos de producción (leche, lana, crías, etc.).

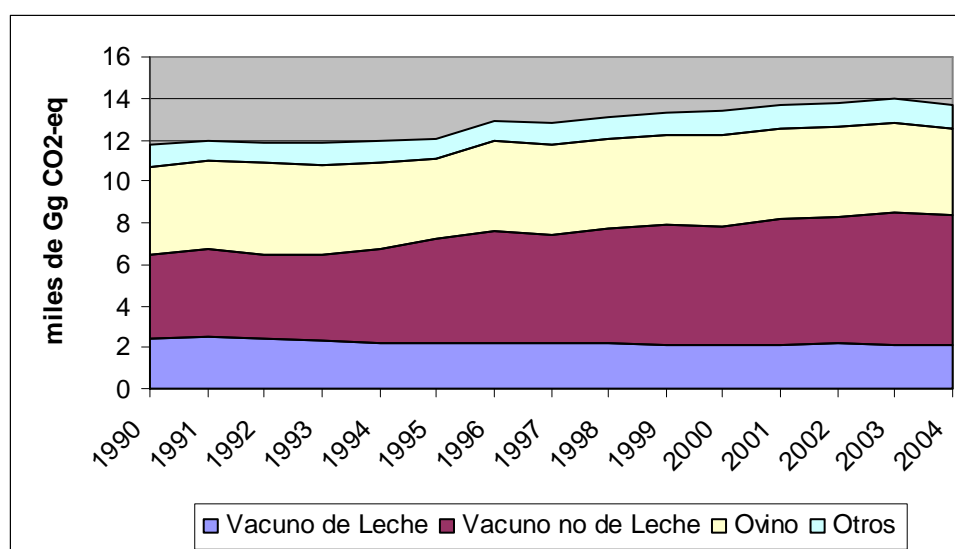
En el periodo inventariado las emisiones de esta actividad, como puede verse en la tabla 6.2.1 y la figura 6.2.1, aumentan un 16,35%, pasando de las 11.780 t de CO<sub>2</sub>-eq de 1990 a las 13.706 t de CO<sub>2</sub>-eq en el año 2004. El principal responsable

de esta subida es el vacuno no lechero con un aumento de 108,66 Gg de CH<sub>4</sub> (2.282 Gg de CO<sub>2</sub>-eq) lo que representa un 56,65% de subida. El porcino también experimenta un importante incremento del 53,91%, pero dado su reducido peso en las emisiones esto sólo supone un aumento de 278,41 Gg CO<sub>2</sub>-eq. Estas variaciones son esencialmente debidas al incremento del número de cabezas, no a una variación importante en su factor de emisión. Tanto el ganado caprino como el vacuno de leche sufren una reducción de sus emisiones del 22,66 y 15,03% respectivamente, motivadas por el descenso del número de efectivos. La caída de un 67,9% del número de mulas y asnos conlleva una reducción idéntica de sus emisiones, si bien dada su menor importancia en términos absolutos, la reducción sólo representa 36,61 Gg de CO<sub>2</sub>-eq.

**Tabla 6.2.1.- Emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente  
(cifras en Gigagramos)**

	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
Vacuno de Leche	2.446	2.201	2.097	2.133	2.171	2.121	2.078
Vacuno no de Leche	4.028	5.062	5.695	6.034	6.141	6.380	6.310
Ovino	4.258	3.782	4.448	4.382	4.327	4.321	4.119
Otros	1.049	999	1.122	1.161	1.158	1.172	1.200
Total	11.780	12.044	13.362	13.710	13.797	13.993	13.706

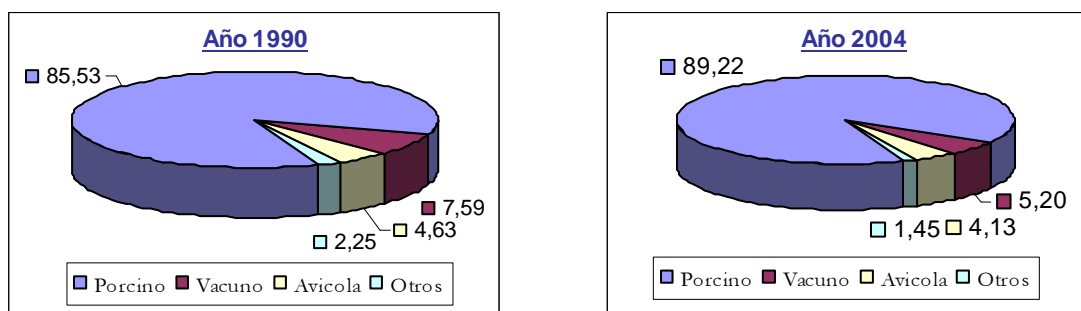
**Figura 6.2.1.- Emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente**



En la figura 6.2.2 se muestra la contribución relativa a las emisiones de cada una de las actividades que componen la actividad 4.A. En el año 1990 aparece como principal fuente emisora el ovino (4A3) con un 36,14% de las emisiones, seguido de cerca por el vacuno no lechero (4A1b) con el 34,19% y luego, con menor importancia, 20,76%, el vacuno lechero (4A1A). Las principales fuentes de CH<sub>4</sub> en esta actividad son, en el año 2004, el vacuno no lechero con un 46,04% de las emisiones, seguido por el ganado ovino con el 30,05% y el vacuno lechero con el 15,16% de las emisiones totales de esta actividad. El resto de animales no llegan a representar en ambos años, en su conjunto, un 9% de las emisiones.

Se aprecia el gran aumento de la importancia de las emisiones de vacuno no lechero pasando del 34% al 46%, motivado por el aumento del número de ejemplares de este animal. Las otras dos grandes fuentes (vacuno lechero y ovino) experimentan sendos retrocesos en su importancia como fuentes.

**Figura 6.2.2.- Distribución de las emisiones del grupo 4A**



### 6.2.2.- Aspectos metodológicos<sup>84</sup>.

#### Elección del método.

Se han usado dos enfoques metodológicos en esta actividad: el de Nivel 2 para los animales con mayor importancia en las emisiones (vacuno y ovino) y el de Nivel 1 para el resto de animales.

<sup>84</sup> En adelante se entenderá por “animales” a las distintas especies (vacuno, ovino, porcino, ...), por “categorías” a la desagregación de los animales según las clases consideradas en el Anuario del MAPA (ver Anexo I) y por “razas” las distintas subespecies animales (frisona, pirenaica, morucha, etc.)

Para la selección del método se ha adoptado el criterio expuesto en la figura 4.2 (Guía Buenas Prácticas IPCC). Debido a la no disponibilidad de estadísticas de muchos de los parámetros requeridos por el enfoque de Nivel 2 se ha procedido a la obtención de estos datos a partir de metodologías nacionales que se basan en las estadísticas existentes.

#### Variables de actividad:

Los datos de la variable de actividad proceden del “Anuario de Estadística Agroalimentaria”, y de de los “Boletines Mensuales de Estadística Agraria” (ambos publicados por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, MAPA).

Los documentos del MAPA anteriormente citados presentan la información del número de animales de una manera mucho más desagregada que los requerimientos de información de IPCC. Dada la relevancia que para el cálculo de estas emisiones supone la utilización de la información más desagregada por categoría animal se ha adoptado la estructura de categorías de la fuente del MAPA. Estas categorías animales pueden encontrarse en el Anexo 3.2.I.

En el caso del ganado vacuno y porcino, en que se dispone de más de una estadística por año (junio y diciembre para el vacuno y abril, agosto y diciembre para el porcino) se usan todas ellas para el cálculo de la media anual del número de cabezas de cada categoría animal. En el caso del porcino las estadísticas diferencian además entre porcino en régimen extensivo (pastoreo) y total porcino. El número de cabezas de ganado en régimen intensivo (granja) se obtiene de la resta del número de animales en pastoreo del total ( $\text{granja} = \text{total} - \text{pastoreo}$ ), realizado a nivel de provincia y categoría animal.

En la tabla 6.2.2 se muestra la evolución del número de cabezas animales de las distintas especies. En el periodo 1990-2004 se registra un aumento significativo del vacuno no lechero (59,47%), así como del porcino (53,91%), mientras tanto el vacuno lechero como el caprino experimentan un retroceso en el número de animales (33,61% y 22,66% respectivamente). Para los equinos (caballos, mulas y asnos), al disponerse únicamente de la información de cabezas de los censos del 1986 y del 1999, se han tomado las cifras del primer censo para los años 1990-1998 y del segundo para el periodo 1999-2004, por lo que conviene advertir que el salto del 1998 a 1999 y en general las tasas de variación interanuales no son representativas.



**Tabla 6.2.2.- Número de animales**

Animal	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
Vacuno No Lechero	3.468.803	4.356.381	4.952.152	5.225.632	5.349.633	5.537.064	5.531.611
Caballar	247.778	247.778	238.096	238.096	238.096	238.096	238.096
Caprino	3.663.314	2.522.528	2.829.959	3.114.038	3.046.717	3.162.054	2.833.223
Porcino	16.393.253	18.617.153	22.787.010	23.060.866	23.207.765	23.253.485	25.231.662
Avícola	81.466.345	90.539.704	92.201.067	93.383.098	92.427.037	91.957.222	93.858.879
Otros Avícola	14.024.101	17.205.721	20.988.421	22.910.085	20.411.146	19.770.207	19.770.207
Mulas y Asnos	256.743	256.743	82.416	82.416	82.416	82.416	82.416
Ovino	23.821.736	21.039.236	24.399.645	24.300.664	23.813.176	23.497.712	22.757.435
Vacuno Lechero	1.610.541	1.278.120	1.149.794	1.149.045	1.172.848	1.114.787	1.069.173

Algoritmo de estimación de emisiones.

Para los categorías animales en que se utiliza el enfoque de Nivel 1 se ha usado el factor de emisión (FE) por defecto de IPCC para países desarrollados (tabla 4-3, Manual Referencia 1996 IPCC).

Para el vacuno y ovino se ha utilizado el enfoque de Nivel 2. Ahora bien, dadas las carencias de información por defecto en las referencias de IPCC que para diversos parámetros requeridos por este nivel enfoque y por el nivel de desagregación de las categorías animales con que se trabaja en el inventario nacional, se han adoptado procedimiento nacionales propios para la obtención de valores de estos parámetros. Estos procedimientos se basan principalmente en la estimación de los parámetros de las categorías animales mencionadas a partir de datos disponibles en la bibliografía para las distintas razas vacunas u ovinas existentes en España.

En este apartado se procederá a continuación a explicar estas metodologías por especie animal siguiendo el orden de aparición de los parámetros en la metodología de la Guía Buenas Prácticas IPCC.

*Ganado Vacuno.*

El primer parámetro del que se carece de estadísticas directas para cada una de las categorías de vacuno es el peso. Una explicación de la metodología del cálculo del peso se encuentra en el epígrafe 3.3.2.1 del documento UPV (2006)<sup>85</sup>.

<sup>85</sup> UPV (2006). "Metodología para la estimación de las emisiones a la atmósfera del sector agrario para el inventario nacional" elaborado por contrato específico entre el CV DGCEA y la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos de la Universidad de Valencia en materia de asesoramiento técnico en la temática de ganadería y medio ambiente (ref. CV122004).

El dato de producción de leche no está disponible desagregado entre lecheras frisonas y resto del vacuno lechero, por tanto ha sido necesario realizar una estimación basada en los datos teóricos de producción de leche por raza. Una explicación detallada de este procedimiento se encuentra en el epígrafe 3.3.2.2 del documento UPV (2006).

Para obtener el parámetro del porcentaje de grasa en la leche se ha optado por calcularlo, análogamente a los pesos y la leche, a partir de datos bibliográficos de las razas existentes en España. En el epígrafe 3.3.3.5 del documento UPV (2006) puede encontrarse una tabla con los valores usados.

La digestibilidad de la dieta para cada clase de animal se calcula siguiendo la metodología planteada en el epígrafe 3.3.3.7 del documento UPV (2006). En ella se proponen unos porcentajes de distintos constituyentes en las dietas de las diferentes categorías de animales, así como la digestibilidad de cada uno de estos constituyentes, de forma que finalmente se obtiene un valor medio de digestibilidad para la dieta.

Los valores tomados para el factor de conversión a metano ( $Y_m$ ) para cada categoría son los propuestos en la tabla 4.8 “Developed Countries” de la Guía Buenas Prácticas IPCC, a excepción del vacuno de leche. Esta variación se justifica porque teniendo en cuenta la relación inversa que existe entre la digestibilidad de la dieta y el factor  $Y_m$ , al encontrarse el vacuno lechero español en sistemas de producción intensivos, en estabulación permanente y alimentado con concentrados y forrajes de calidad (Calcedo, 2004<sup>86</sup>; Sinerio, 2003<sup>87</sup>), es decir con dietas de elevadas digestibilidades (> 70%), se considera más apropiado utilizar un valor de 0,055 para  $Y_m$ , intermedio entre el de cebo intensivo y el del resto del vacuno, pero más próximo a este último dado que es la clase a la que pertenecería sin realizar este ajuste.

En el factor de emisión del vacuno no lechero se aprecia sólo un ligero descenso, 1,77%, entre los valores correspondientes a 1990 y a 2004, cuyas cifras respectivas son de 55,29 a 54,32 Kg CH<sub>4</sub>/ cabeza y año. Por el contrario, el vacuno de ordeño experimenta entre los mismos años un aumento de su factor de emisión de 72,31 a 92,54 Kg CH<sub>4</sub>/ cabeza y año, lo que supone un incremento del 27,99%. Este aumento se debe principalmente al aumento de la energía de lactación por

---

<sup>86</sup> Calcedo, V. (2004). Cuotas lácteas y cambio estructural en España. Mundo Ganadero 167(Junio 2004), 18-20.

<sup>87</sup> Sineiro, F. (2003). La ganadería de vacuno de leche ante la reforma intermedia de la PAC. Libro blanco de la agricultura y el desarrollo rural. Jornada temática sobre la agricultura española en el marco de la PAC. [www.libroblancoagricultura.com](http://www.libroblancoagricultura.com) . 28-11-2005.

cabeza, al que contribuyen simultáneamente el crecimiento de la producción de leche en España y el descenso del número de vacuno lechero.

### *Ganado Ovino.*

La mayor parte de los parámetros necesarios para el enfoque de nivel 2 en el ovino han sido obtenidos de datos bibliográficos de las distintas razas existentes en España. Para cada una de estas razas se dispone de los datos de base, véase tabla 13 del documento MAPA (2004)<sup>88</sup>, y de los porcentajes de presencia de cada una de ellas por provincia, véase tabla 14 del documento MAPA (2004). Combinando estos datos se obtienen los parámetros requeridos para el ovino medio de cada provincia.

El peso de las distintas categorías no está disponible en la bibliografía, y se necesita por tanto, como en el caso del ganado vacuno, de una metodología para su cálculo. Esta metodología se encuentra descrita en el epígrafe 3.4.2 del documento UPV (2006).

Los coeficientes ( $C_f$ ), usados en el cálculo de la energía de mantenimiento, según el tipo de animal (tabla 4.4; de la Guía Buenas Prácticas IPCC) se han adaptado a las categorías de ovino definidas. Análogamente, se ha procedido con el parámetro  $C_a$ , usando los valores de la tabla 4.5 de la Guía Buenas Prácticas IPCC. También se usan los valores por defecto que figuran en la tabla 4.6 de la Guía Buenas Prácticas IPCC para los parámetros “a” y “b” de la energía de crecimiento.

La producción de leche, la producción de lana y el número de partos se obtienen de las estadísticas por raza, como se comentó anteriormente.

La digestibilidad de la dieta para cada clase de animal se calcula siguiendo la metodología planteada en el epígrafe 3.4.3.8 del documento UPV (2006). En ella se proponen unos porcentajes de distintos constituyentes en las dietas de las diferentes clases de animales, así como valores de la digestibilidad de cada uno de estos constituyentes, de forma que finalmente se obtiene un valor medio de digestibilidad para la dieta.

Para los  $Y_m$  se toman los valores de la tabla 4.9 de la Guía Buenas Prácticas IPCC. Los animales adultos y los corderos de reposición se consideran que tienen una dieta con menos del 65% de digestibilidad, pero dado que la dieta de los corderos lechales y pascuales (sacrificados a los 30 y 90 días respectivamente) se basa casi en su totalidad en la leche, se toma el valor de la columna “digestibilidad mayor que el 65%” en la tabla 4.9 antes citada.

---

<sup>88</sup> MAPA (2004). “Estimación de emisiones de gases de efecto invernadero, Agricultura 2002”, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

### 6.2.3.- Incertidumbre y coherencia temporal de las series de datos.

La incertidumbre de la variable de actividad se cifra en un 3%. En el documento “Encuestas ganaderas 2004” del MAPA<sup>89</sup> se informa del error de muestreo en la realización de las encuestas para cada animal. Estas incertidumbres, con un intervalo de confianza del 95%, son de un 2% para el vacuno (con muestra de 6.000 explotaciones), de un 4% para el ovino y caprino (ambos con muestra de 4.000 explotaciones) y del 4% para el porcino (con muestra de 6.000 explotaciones).

Para los animales a los que se aplica el enfoque de nivel 1 se usan los factores de emisión por defecto de IPCC cuya incertidumbre es, según el Manual Referencia 1996 IPCC (tabla 4-3), de un 20%. Para la cuantificación de la incertidumbre del vacuno y ovino se ha tenido en cuenta que la estimación de las emisiones se realiza usando el enfoque de nivel 2 con parámetros nacionales. Dado que la incertidumbre del factor de emisión por defecto es de un 20% y que para estos animales se usa una metodología nivel 2 con parámetros nacionales se asume que la incertidumbre puede cifrarse en torno al 10%.

Para las aves IPCC no da un factor de emisión por defecto y al carecerse de un valor nacional para este factor no se han podido estimar las emisiones de estos animales.

Por lo que respecta a la pauta temporal, la serie se considera coherente al cubrir el conjunto de animales con una representación amplia en el territorio nacional y provenir la información directamente de una publicación anual, con una dilatada trayectoria, del organismo regulador de las explotaciones ganaderas (véase epígrafe 6.2.2, Variables de actividad).

### 6.2.4.- Actividades de control y aseguramiento de calidad y verificación.

Un procedimiento de control de calidad de relevancia por su repercusión en las emisiones y porque afecta a todas las fuentes clave de agricultura, es el del cómputo de los efectivos ganaderos utilizando varias estadísticas ganaderas anuales para un mismo animal. La adopción de la media entre los valores de las distintas estadísticas intra-anuales asegura una mayor aproximación al número de cabezas medio anual, evitando, en parte, posibles variaciones estacionales.

En esta edición se ha procedido a una extensiva revisión de los parámetros usados en el Inventario con el fin de asegurar la calidad de los datos.

---

<sup>89</sup> Este documento está disponible digitalmente en:  
<http://www.mapa.es/es/estadistica/pags/encuestaganadera/encuesta2004.htm>

Para los pesos de ganado vacuno se ha recurrido, a falta de estadísticas directas, a una búsqueda bibliográfica para obtener estos valores. Como resultado de este proceso se identificaron múltiples fuentes (y valores) para el peso de cada raza. Tras no considerarse que ninguna fuente podía ser primada en exclusiva por su mayor fiabilidad relativa, se decidió tomar la media aritmética de los valores que aparecían en las publicaciones suficientemente contrastadas, con el fin de minimizar la desviación entre el peso tomado para la raza y el valor real.

Para las producciones de leche del vacuno se ha realizado el mismo procedimiento, pero al disponer en este caso de fuentes más recientes y mejor contrastadas, no se han tomado valores medios sino los presentados en esas publicaciones más actualizadas y contrastadas.

En el cálculo de la producción de leche se han efectuado también otros controles de calidad. En un primer momento se pensó en usar la variable de actividad (producción de leche) desagregada por provincia. Pero al analizar los datos obtenidos con esas estadísticas se observó una gran disparidad en la producción de leche por cabeza en la misma raza entre las distintas provincias. Por tanto, se optó por tomar solo el dato de producción de leche nacional y desagregarlo a partir de una media teórica obtenida con las producciones bibliográficas de cada raza. Tras realizar los cálculos pertinentes, se observó que los resultados obtenidos reflejaban un aumento en la producción de leche por cabeza a lo largo de los años del periodo inventariado. Dado que la práctica totalidad del vacuno lechero en España corresponden a la raza frisona, se contactó con la asociación española de ganaderos de esta raza para indagar sobre esta mejora del rendimiento lechero. El estudio dio como resultado la verificación de la existencia de la mejora genética siendo esta un factor determinante en el aumento de la producción de leche.

Para la obtención del porcentaje de grasa contenida en la leche se realizó nuevamente un procedimiento como el usado para la determinación de los pesos de los animales, si bien por la existencia de solo un dato no fue necesario tomar medias ni dar un criterio de autoridad que ordenara las publicaciones.

#### **6.2.5.- Nuevos cálculos.**

Para el caso de los animales en que se ha seguido el enfoque de nivel 1 se ha eliminado, siguiendo las recomendaciones del equipo revisor de la Secretaría del Convenio Marco sobre Cambio Climático (en lo sucesivo Equipo Revisor), la reducción de un 20% del factor de emisión para las crías. Esto ha originado la subida proporcional correspondiente de las emisiones de estos animales.

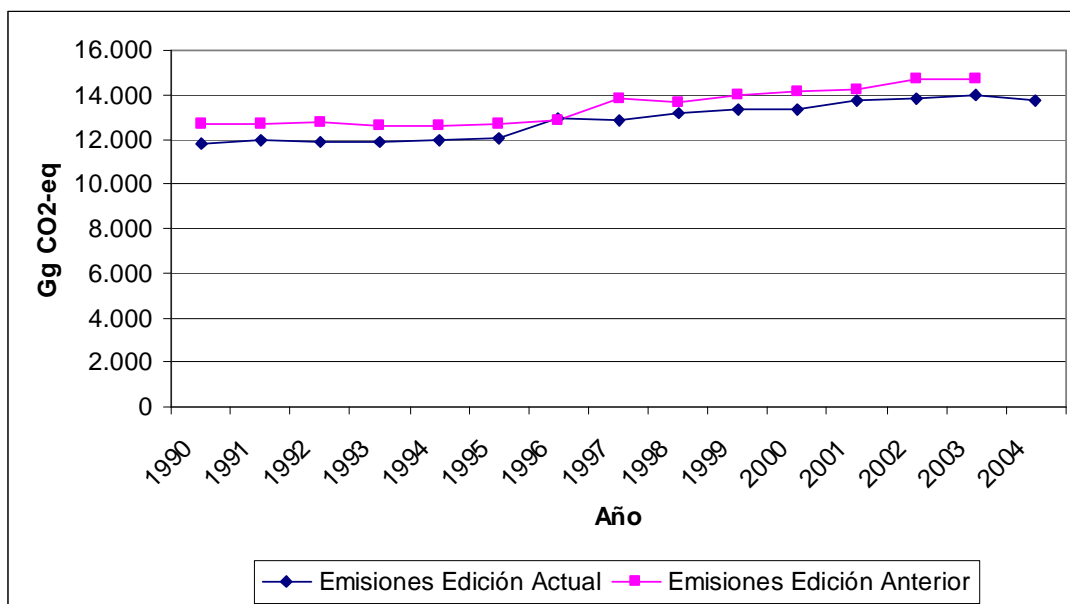
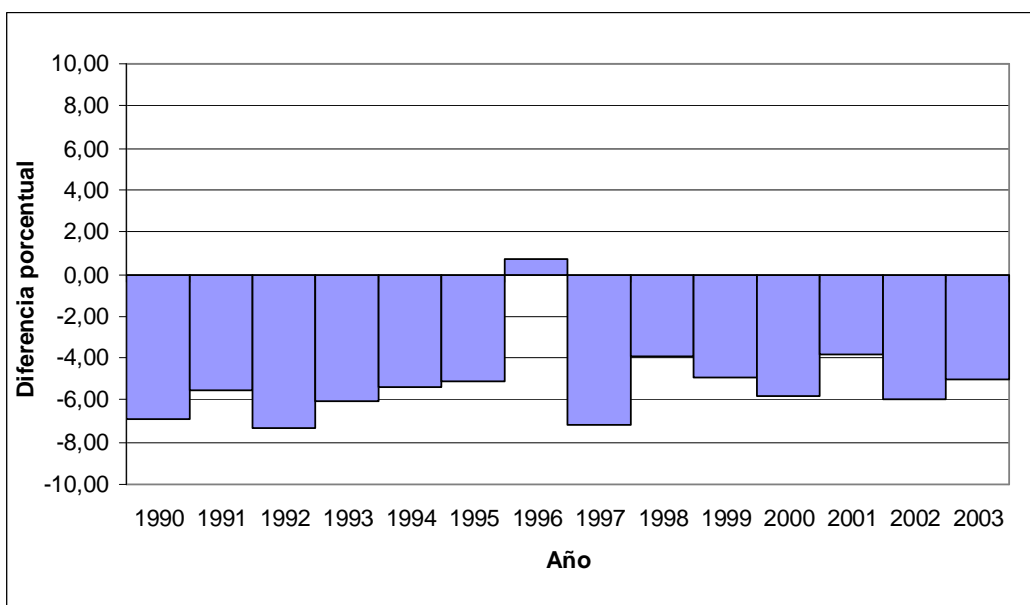
En esta edición se ha realizado una revisión en profundidad de los parámetros usados en el enfoque de nivel 2. Se ha buscado una fundamentación bibliográfica para cada uno de los parámetros usados en el cálculo de la Energía en Bruto (GE).

Entre estos parámetros se encuentran los pesos, la producción de leche, edades de cada categoría, y la grasa contenida en la leche

En la tabla 6.2.3 se relaciona la lista de los principales parámetros modificados respecto a la anterior versión del inventario. En las figuras 6.2.3 y 6.2.4 se muestran, respectivamente, las comparaciones en valor absoluto y en diferencia relativa porcentual de las estimaciones de las emisiones entre las ediciones actual y anterior del inventario, cuyas diferencias tiene como causa los recálculos efectuados para el periodo 1990-2003 común a ambas ediciones.

**Tabla 6.2.3.- Parámetros modificados**

<b>Animal</b>	<b>Parámetro</b>	<b>Cambio realizado</b>
Vacuno	Pesos categorías	Cambio en los pesos de las razas autóctonas. Se ha modificado el algoritmo de cálculo del peso de los animales.
	Leche producida	Cambio de la producción de leche para las razas autóctonas.
	Grasa contenida en la leche	Se han tomado valores propios para cada raza autóctona en vez de un valor común para todas.
	Digestibilidad	Se calculan a través de una metodología basada en el balances alimentarios, en vez de usar los valores por defecto de IPCC.
	Factor de conversión a metano (Ym)	Se ha modificado el valor de Ym para el vacuno lechero.
Ovino	Digestibilidad	Se calculan a través de una metodología basada en el alimento ingerido, en vez de usar los valores por defecto de IPCC.
	Factor de conversión a metano (Ym)	Se ha tomado un Ym de 0,5 para los corderos lechales y pascuales dado que poseen una digestibilidad > 65%

**Figura 6.2.3.- Emisiones en CO<sub>2</sub>-eq. comparación eds 2006 vs 2005****Figura 6.2.4.- Emisiones de CO<sub>2</sub>-eq. diferencia porcentual eds 2006 vs 2005**

### **6.2.6.- Plan de mejoras.**

Durante la presente edición se ha realizado una revisión a gran escala de la metodología y los parámetros empleados en la estimación de las emisiones de la agricultura en general y la ganadería en particular. En la actualidad se están acometiendo estudios específicos sobre la cabaña ganadera española con el fin de obtener datos directos de los especímenes de las razas usadas en España. Los resultados de esos estudios podrán, una vez hayan sido contrastados, ser incorporados a la información de base de este sector del inventario.

## **6.3 GESTIÓN DE ESTIÉRCOLES - CH<sub>4</sub> (4B):**

### **6.3.1 Descripción de la actividad emisora.**

En esta actividad se recogen las emisiones de metano derivadas de los sistemas de gestión de los estiércoles animales. Los estiércoles animales están compuestos principalmente de materia orgánica. Cuando esta materia se descompone en un medio anaeróbico, las bacterias metanogénicas presentes dan lugar a la generación de metano. El factor determinante que afecta al proceso de generación de metano a partir de los estiércoles animales es la proporción del estiércol que se descompone anaeróbicamente y esta proporción depende a su vez del sistema adoptado para la gestión del estiércol. Cuando los estiércoles se tratan como líquidos (lagunaje, tanques, balsas, etc.) tienden a descomponerse anaeróbicamente y a producir cantidades elevadas de metano. Por el contrario, cuando el estiércol se maneja como sólido (pilas) o cuando es depositado sobre los pastizales tiende a descomponerse aeróbicamente y la producción de metano se reduce muy significativamente o llega a ser casi nula.

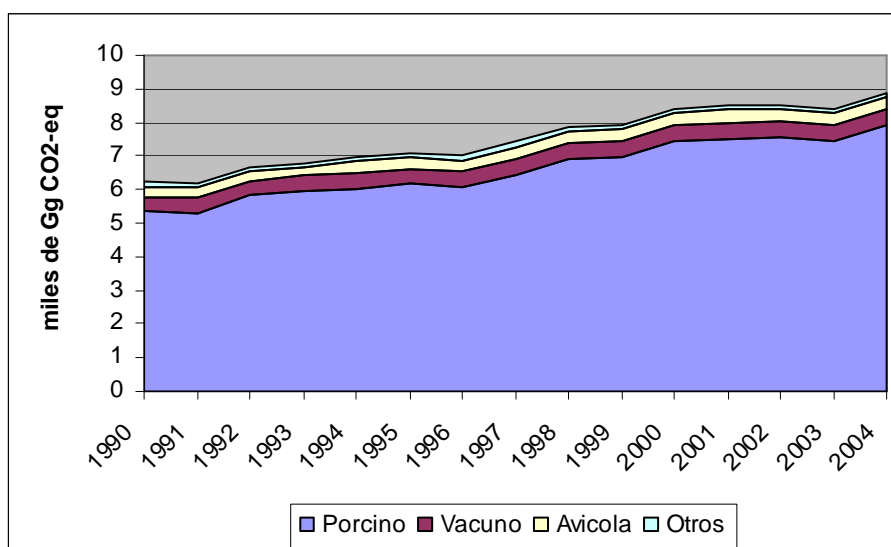
Las emisiones de metano procedentes de la gestión de estiércoles, cuya evolución se muestra en la tabla 6.3.1 y la figura 6.3.1, han experimentado entre 1990 y 2004 un aumento del 42,8%, pasando de 6.231 a 8.896 Gg de CO<sub>2</sub>-eq. Las emisiones de esta actividad están dominadas por las del ganado porcino que experimentan entre dicho años un aumento del 48,95% y constituyen así el factor principal en el incremento de las emisiones globales de la actividad. Las aves y el vacuno no lechero experimentan también subidas en sus emisiones siendo éstas del 57,29% para el vacuno no lechero, 26,1% para el avícola-gallinas y de un 39,44% para las otras aves, pero, debido a su reducida ponderación en la actividad, sus respectivos incrementos absolutos resultan ser de 50, 68 y 11 Gg de CO<sub>2</sub>-eq respectivamente. De manera general puede decirse que aquellos aumentos están motivados principalmente por el incremento de las respectivas cabañas ganaderas.



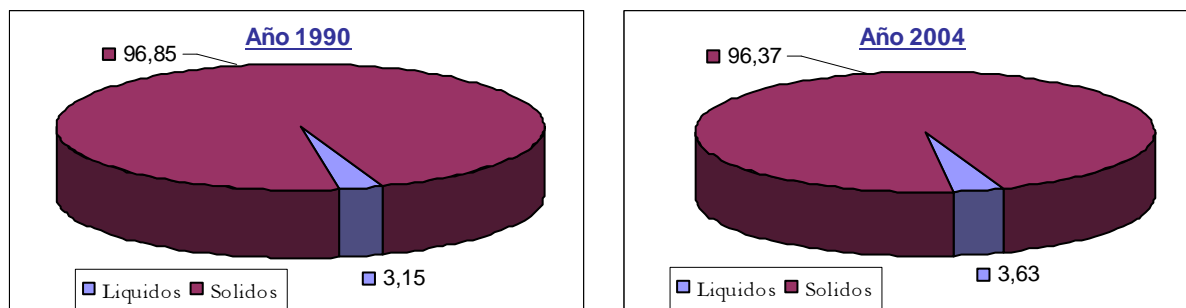
**Tabla 6.3.1.- Emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente  
(cifras en Gigagramos)**

	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
Porcino	5.329	6.166	7.439	7.522	7.544	7.412	7.937
Vacuno (lechero y no lechero)	473	460	452	466	473	475	462
Avícola y Otros Avícola	288	348	356	387	369	375	368
Otros	140	126	137	138	135	136	129
<b>Total</b>	<b>6.231</b>	<b>7.100</b>	<b>8.384</b>	<b>8.513</b>	<b>8.522</b>	<b>8.399</b>	<b>8.896</b>

**Figura 6.3.1.- Emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente**



En la figura 6.3.2 puede observarse que el porcino (4B8) resulta dominante sobre el conjunto de fuentes de esta actividad, alcanzando en 1990 y 2004 respectivamente el 85,5% y el 89,2% de las emisiones. De los restantes animales cabe destacar el vacuno (tanto lechero como no lechero) con el 7,59% en el 1990 y el 5,2% en el 2004, y aves (gallinas y pollos) con el 4,63% en 1990 y el 4,13% en 2004, quedando un componente “otros” ya muy minoritario.

**Figura 6.3.2.- Distribución de las emisiones del grupo 4B (CH<sub>4</sub>)**

### 6.3.2 Aspectos metodológicos.

#### Elección del método.

Se han usado dos enfoques metodológicos en esta actividad: el de Nivel 2 para los animales con mayor importancia en las emisiones (vacuno y ovino) y el de Nivel 1 para el resto de animales.

Para la selección del método se ha seguido el criterio de la Figura 4.3 “Árbol de decisiones para la estimación de emisiones de CH<sub>4</sub> procedentes de la gestión de estiércoles” de la Guía Buenas Prácticas IPCC. Dada la posibilidad de poder asignar valores nacionales a los parámetros MCF (factor de conversión a metano), B<sub>0</sub> (capacidad máxima de producción de metano del estiércol) y VS (sólidos volátiles) se optó (para el caso del vacuno y porcino) por seguir el criterio del Recuadro 3 de la figura antes citada. Para el caso del resto de animales, dada su menor importancia en las emisiones se ha optado por aplicar la metodología sencilla de nivel 1.

Para aplicar al caso español tanto el enfoque de nivel 1 como el de nivel 2 se han llevado a cabo ciertas modificaciones y aplicado valores específicos nacionales de determinados parámetros como se detallará más adelante en el apartado. “Algoritmo de estimación de las emisiones”.

#### Variables de actividad.

La variable de actividad básica de esta actividad es el número de animales de las distintas cabañas ganaderas. Comparte, por tanto, variable de actividad con la categoría 4A (Fermentación Entérica). Así pues para obviar aquí la reiteración de lo expuesto anteriormente para dicha categoría se remite al apartado “Variables de Actividad” de la sección 6.2.2.

### Algoritmo de estimación de emisiones.

Análogamente al caso de la fermentación entérica, en esta actividad se han seguido las especificaciones de la Guía Buenas Prácticas IPCC. Para el ganado vacuno y porcino se ha adoptado el enfoque de nivel 2, mientras las restantes categorías animales han sido tratadas con el enfoque de nivel 1. En todo caso conviene reseñar dos peculiaridades metodológicas principales introducidas en este grupo: la suavización de las funciones de MCF y FE propuestas por IPCC, y el uso de un sistema de clasificación del N excretado por los animales según sistema de gestión de estiércol que difiere del propuesto por defecto por IPCC.

Para la estimación del parámetro VS se ha procedido, en el caso del vacuno, a usar la función basada en su energía bruta (GE) que propone IPCC. Para la gestión del estiércol del ganado porcino se calcula el VS: de cada animal a partir del dato de referencia de IPCC (un cerdo de 82 kg de peso vivo produce un VS de 0,50 kg MS/día), ajustándolo al peso vivo de cada clase de animal siguiendo una relación lineal. Esta aproximación está fundamentada en la publicación del Servicio de Conservación del Suelo del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, 1997), que presenta una tendencia en ese sentido. Los datos sobre el VS de cada categoría de porcino se encuentran en la tabla 6.3.2.

**Tabla 6.3.2.- VS por categoría de porcino (kg MS/cabeza y día)**

Categoría	Peso medio (Kg)	VS (kg MS/cabeza y día)
Lechones	13	0,0793
Cerdos (20 a 49 kg)	34,5	0,2104
Cerdos (50 a 79 kg)	64,5	0,3933
Cerdos (80 a 109 kg)	94,5	0,5762
Cerdos (> 109 kg)	130	0,7927
Cerdas reproductoras sin partos no cubiertas	80	0,4878
Cerdas reproductoras sin partos cubiertas	140	0,8537
Cerdas reproductoras con partos no cubiertas	170	1,0366
Cerdas reproductoras con partos cubiertas	200	1,2195
Verracos	177	1,0797

Respecto a los sistemas de gestión no existen en España ni estadísticas ni bibliografía con datos precisos sobre el porcentaje de uso de cada sistema de tratamiento. No obstante, sí aparece recogido en la bibliografía sobre el tema y en la opinión de los expertos que los sistemas usados en España no se corresponden con los dados por defecto por IPCC para Europa occidental. Por tanto se ha optado por basar los valores de uso de los distintos tratamientos en juicios de experto. Para un

mayor desarrollo de este punto puede consultarse el epígrafe 5.2.3 del documento UPV (2006).

Las funciones de MCF y FE para animales Nivel 1 que presenta IPCC son escalonadas y dado los problemas que eso generaba en las divisiones administrativas provinciales con temperaturas cercanas a 15°C se optó por suavizar las funciones (modificación que en comunicación recibida de IGES-IPCC se considera fundada). Este punto está desarrollado en el Anexo 3.2.II. Las temperaturas usadas en estas funciones provienen de datos de las estaciones meteorológicas y sinópticas del Instituto Nacional de Meteorología (INM).

### **6.3.3.- Incertidumbre y coherencia temporal de las series de datos.**

La incertidumbre de la variable de actividad (número de cabezas) se cifrá en un 3%, una explicación más detallada de este valor puede encontrarse en el punto 6.2.3.

Para los animales a los que se aplica el enfoque de nivel 1 se usan los factores de emisión por defecto de IPCC cuya incertidumbre es, según el Manual Referencia 1996 IPCC (tabla 4-3), de un 20%. Para la cuantificación de la incertidumbre del vacuno y ovino se ha tenido en cuenta que la estimación de las emisiones se realiza usando el enfoque de nivel 2 con parámetros nacionales. Dado que la incertidumbre del factor de emisión por defecto es de un 20% y que para estos animales se usa una metodología avanzada con parámetros específicos se asume que la incertidumbre puede cifrarse en torno al 10%. No se plantea una reducción mayor de la incertidumbre dado que los datos sobre sistemas de gestión de estiércoles se basan en juicios de experto, al carecer de estadísticas sobre la distribución de aquellos sistemas.

Por lo que respecta a la pauta temporal, la variable de actividad se considera coherente al cubrir el conjunto de animales con una representación muy amplia en todo el conjunto del territorio nacional y provenir la información directamente de una publicación anual, con una dilatada trayectoria, elaborada por el ministerio sectorial competente, MAPA (véase epígrafe 6.2.2, Variables de actividad).

### **6.3.4.- Actividades de control y aseguramiento de calidad y verificación.**

Las actividades de control realizadas sobre el número de cabezas por categoría animal que ya han sido comentadas en el epígrafe 6.2.4 debe entenderse tienen la misma implicación en el cálculo de las emisiones de esta fuente clave.

Las restantes actividades de control de calidad recogidas en el epígrafe 6.2.4 (peso, producción de leche y grasa) que se utilizan para la determinación de la

energía bruta (GE) requerida por el vacuno, debe entenderse tienen la misma implicación en el cálculo de las emisiones de esta fuente clave.

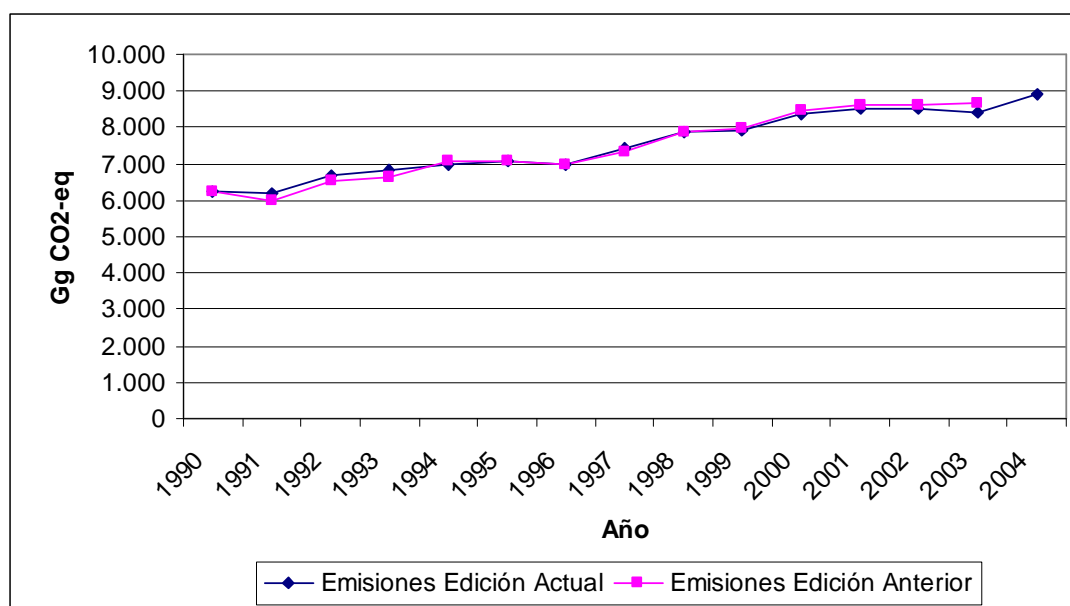
### 6.3.5.- Nuevos cálculos.

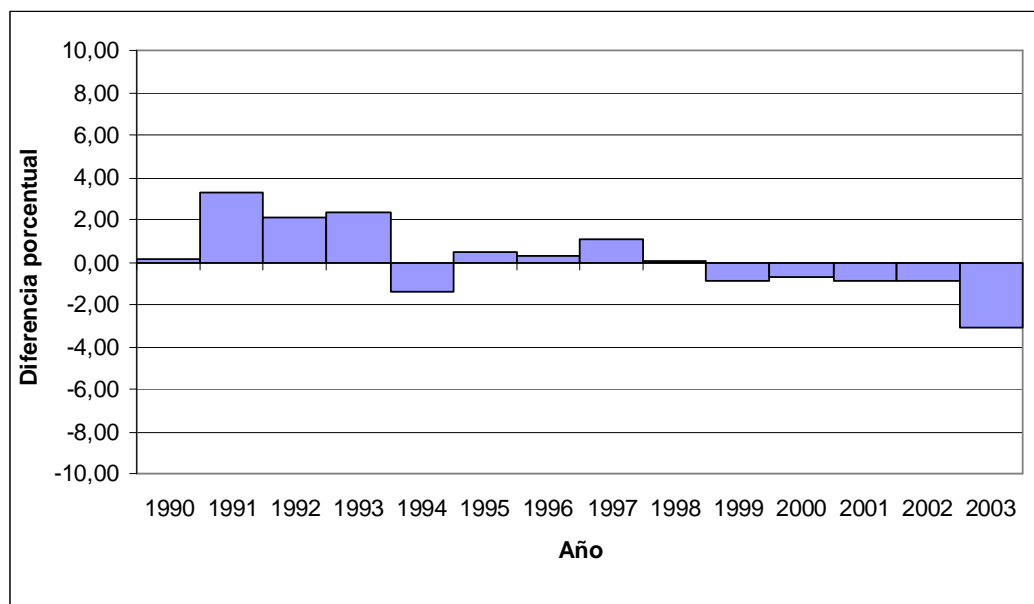
Como se comentó al principio del capítulo se ha realizado una importante revisión y modificación de la metodología usada en el cálculo de las emisiones. El resultado de estas modificaciones puede observarse en la figura 6.3.3 y en la figura 6.3.4. Hay dos modificaciones que afectan a esta actividad.

La primera tiene que ver con la excreción de sólidos volátiles (VS) y afecta al vacuno y al porcino. Los cambios efectuados en la actividad 4A, específicamente en el cálculo de la energía en bruto (GE), véase lo expuesto en el punto 6.2.3., provocan una variación en la VS del vacuno que se calcula a través de la GE. Para el caso del porcino, como se explica en el punto 6.3.2, se ha calculado el valor de VS en función del peso del animal, que varía según segmentos de edad y orientación productiva, resultando por tanto en una variación de las emisiones.

La segunda gran modificación que afecta a todas las clases animales es el cambio en la distribución de los sistemas de gestión de estiércoles. En el punto 6.3.2 se muestran los nuevos valores empleados y en el punto 6.5.5 se explica cómo estos cambios afectan a las emisiones.

**Figura 6.3.3.- Emisiones en CO<sub>2</sub>-eq. comparación eds 2006 vs 2005**



**Figura 6.3.4.- Emisiones de CO<sub>2</sub>-eq. diferencia porcentual eds 2006 vs 2005****6.3.6.- Plan de mejoras.**

Se están realizando en este momento estudios de campo para poder determinar con mayor base estadística la distribución de los sistemas de manejo de los estiércoles en el caso español.

**6.4 SUELOS AGRÍCOLAS - N<sub>2</sub>O (4D):****6.4.1 Descripción de la actividad emisora.**

Se consideran en la presente edición como fuentes clave de suelos agrícolas las actividades 4D1 (Emisiones directas), 4D2 (Producción animal) y 4D3 (Emisiones Indirectas). Pese a ser fuentes clave por separado, dada la fuerte interrelación entre los subgrupos que forman la actividad 4D y por homogeneidad de criterio con el resto de fuentes clave de agricultura, que son tratadas con dos niveles de profundidad en su clasificación IPCC (i.e. 4.A, 4.B, ..), se procederá a englobarlas junto a la actividad 4D4 en un mismo apartado llamado 4D.

Las emisiones de N<sub>2</sub>O atribuibles a los suelos agrícolas son esencialmente de origen biogénico y resultan básicamente de los procesos de nitrificación y desnitrificación que tienen lugar en dichos suelos. La nitrificación consiste en la oxidación microbiana-aerobia del ión amonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) a ión nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), y la desnitrificación en la reducción microbiana-anaerobia del ión nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) a

nitrógeno molecular ( $N_2$ ), generándose en ambos procesos emisiones de óxido nitroso ( $N_2O$ ) como gas intermedio.

En la mayoría de los casos las emisiones de  $N_2O$  se incrementan con el aporte de nitrógeno a los suelos. Este aporte de nitrógeno puede tener lugar por alguna de las vías siguientes:

- Incorporación de fertilizantes químico-sintéticos nitrogenados.
- Incorporación de fertilizantes orgánicos procedentes de los estiércoles animales (abonado y pastoreo).
- Fijación de nitrógeno por ciertas especies de plantas.
- Incorporación de residuos vegetales al suelo.
- Uso de compost y lodos en la agricultura.

Por otra parte, conviene advertir que aunque se pudieran originar emisiones de  $N_2O$  con el cultivo de suelos orgánicos (histosoles) la realidad es que en España no existen, con relevancia práctica, cultivos agrícolas en suelos de este tipo, según información facilitada por el MAPA.

Las emisiones indirectas de  $N_2O$  atribuibles al nitrógeno utilizado en la agricultura se estiman, de acuerdo con la metodología del Manual Referencia 1996 IPCC, Capítulo 4, Sección 5.4, por las rutas siguientes:

- Volatilización a la atmósfera y posterior deposición sobre los suelos y las aguas superficiales de  $NO_x$  y  $NH_3$
- Lixiviación y Escorrentía del nitrógeno

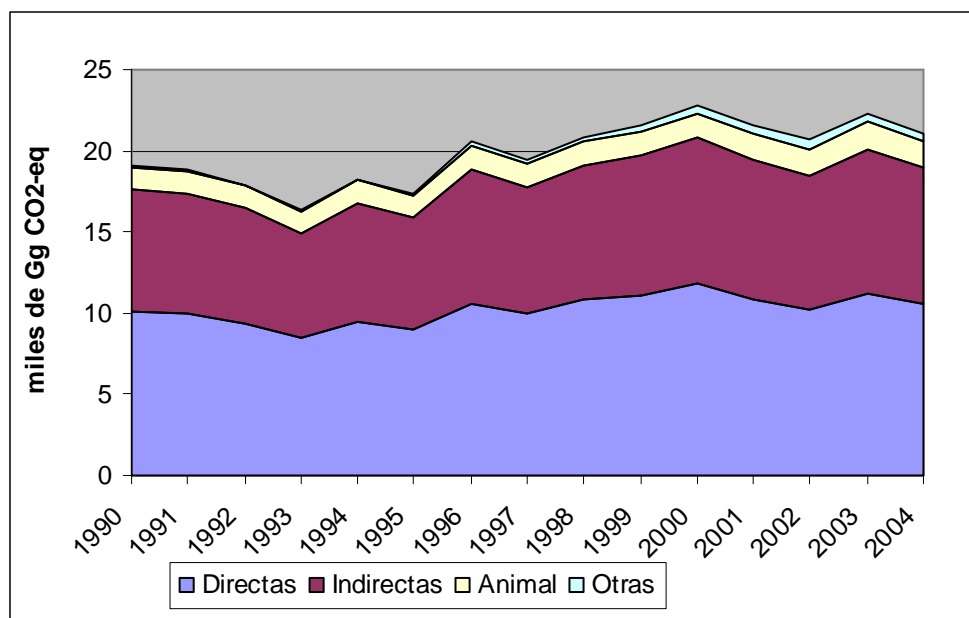
Las emisiones de óxido nitroso globales de los suelos agrícolas, cuya evolución se muestra en la tabla 6.4.1 y la figura 6.4.1, han experimentado entre 1990 y 2004 un aumento del 10,38%, pasando de 19.064 a 21.042 Gg de  $CO_2$ -eq. Las emisiones directas (4D1) permanecen prácticamente constantes con un ligero aumento del 4,69% (473 Gg de  $CO_2$ -eq), mientras las emisiones indirectas se incrementan en un 11,67% (877 Gg  $CO_2$ -eq). Dentro de las emisiones directas tanto las provenientes de los fertilizantes orgánicos como de los residuos de cultivos registran aumentos: 22,41% y un 31,28% respectivamente. Ello es debido al crecimiento de la cabaña ganadera en un caso y a la menor quema de residuos agrícolas en el otro, que propicia la existencia de una mayor cantidad de residuo en los campos. Por su parte, las emisiones procedentes de los fertilizantes minerales y la fijación biológica muestran descensos: 2,12% y 4,18% respectivamente. Las emisiones indirectas (4D3) tienen como base el nitrógeno aportado a los suelos como fertilizante (ya sea este mineral, orgánico o de lodos y compost), por tanto debido al aumento de este

nitrógeno las emisiones en esta actividad aumentan en un 17,46% la deposición atmosférica y un 10,88% la lixiviación y escorrentía. Las emisiones debidas a la producción animal (pastoreo) aumentan un 17,39% (238 Gg de CO<sub>2</sub>-eq) debido al aumento de la cabaña ganadera. Las emisiones de lodos y compost experimentan un aumento del 228,36% y 532,93% respectivamente. Estos importantes aumentos se deben a los correspondientes crecimientos de sus respectivas variables de actividad, en el caso de los lodos por la notoria expansión del volumen de aguas depuradas (y por ende de lodos generados, del que la agricultura es un destino relevante) y en el caso del compost, debido tanto al crecimiento de la actividad en sí misma como al mayor contenido en nitrógeno del material orgánico que propicia la eficiencia en la recogida selectiva para compostaje.

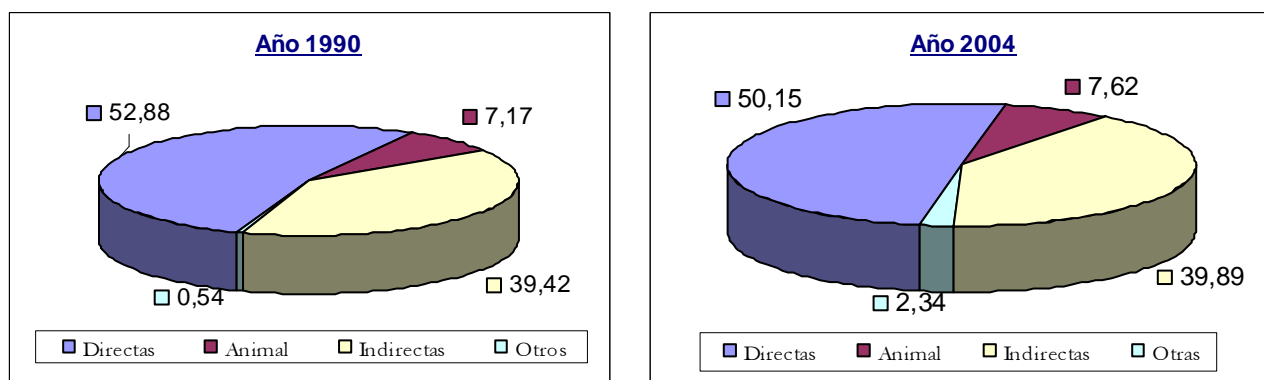
**Tabla 6.4.1.- Emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente  
(cifras en Gigagramos)**

	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
<b>Directas</b>	10.080	8.949	11.762	10.854	10.240	11.222	10.553
Fertilizantes Sintéticos	6.146	5.203	7.246	6.368	5.733	6.771	6.016
Fertilizantes Orgánicos	2.155	2.313	2.525	2.578	2.590	2.551	2.638
Fijación Biológica	1.237	1.077	1.246	1.256	1.183	1.187	1.187
Residuos de Cultivos	543	357	745	652	734	713	713
<b>Producción Animal</b>	1.366	1.373	1.560	1.628	1.619	1.676	1.604
<b>Indirectas</b>	7.515	6.956	9.024	8.562	8.219	8.876	8.393
Deposición Atmosférica	912	861	1.081	1.073	1.053	1.096	1.071
Lixiviación y Escorrentía	6.604	6.095	7.943	7.489	7.166	7.781	7.322
<b>Otras</b>	102	96	444	450	569	480	493
Compost	52	24	308	303	410	318	327
Lodos	51	71	136	147	160	163	166
<b>Total</b>	19.064	17.374	22.791	21.495	20.647	22.254	21.042



**Figura 6.4.1.- Emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente**

Dentro de esta actividad hay tres fuentes clave: a) Emisiones Directas (4D1), b) Producción Animal (4D2) y b) Emisiones Indirectas (4D3). Además de estas actividades hay otras actividad que recoge las emisiones de lodos y compost. Tanto en 1990 como en 2004 la principal fuente emisora dentro del 4D es el 4D1 (Directas) supone el 52,88% y el 50,15% respectivamente. Le sigue en importancia el 4D3 (Indirectas) con el 39% ambos años. El 4D2 (Pastoreo) representa en torno al 7%, mientras el 4D4 (Otras) pasa del 0,54% de 1990 a un 2,34% en el 2004.

**Figura 6.4.2.- Distribución de las emisiones del grupo 4D**

## 6.4.2 Aspectos metodológicos.

### Elección del método.

Para la selección del método se ha seguido el criterio de la Figura 4.7 “Árbol de decisiones para la estimación de directas de  $N_2O$  de los suelos agrícolas” de la Guía Buenas Prácticas IPCC. El resultado de este proceso de decisión ha sido la elección de las metodologías de nivel 1a y nivel 1b utilizando parámetros específicos nacionales (Recuadro 3 y Recuadro 5). Una vez estimados los distintos aportes de nitrógeno al suelo ( $F_{SN}$ ,  $F_{AM}$ ,  $F_{BN}$ ,  $F_{CR}$ ) reseñados en la ecuación 4.20 de la Guía Buenas Prácticas IPCC se aplican los correspondientes factores por defecto de emisión de dicha guía pues para los factores en sí mismos no se dispone de valores alternativos específicos nacionales.

### Variables de actividad.

Las variables de las diversas actividades encuadradas dentro de la categoría 4D se comentan a continuación siguiendo el orden en que se describen en la Guía Buenas Prácticas IPCC.

Para la variable total del nitrógeno consumido en fertilizantes minerales ( $N_{FERT}$ ), la información procede de estadísticas a nivel nacional que publica el Instituto Nacional de Estadística (INE).

Para los estiércoles animales usados como fertilizantes la cantidad de nitrógeno aportado al suelo se obtiene calculando el nitrógeno excretado y substrayendo del mismo las partes volatilizadas antes de su aplicación en el campo. Para una explicación detallada sobre este punto, véase el apartado “Algoritmo de estimación de emisiones” de la sección 6.5.2.

La información sobre las superficies cultivadas se obtiene de las estadísticas a nivel provincial recogidas en la publicación “Anuario de Estadística Agroalimentaria” del MAPA.

Producciones agrícolas: Se obtienen como multiplicación de las superficies cultivadas por los rendimientos. Tanto los datos de producciones como de rendimientos se encuentran en las estadísticas que a nivel provincial recoge la publicación “Anuario de Estadística Agroalimentaria” del MAPA.

Compost y lodos: Las toneladas usadas en agricultura de lodos de depuradora se obtienen del Registro Nacional de Lodos mantiene el MAPA. Los datos de compost producido, que se asume se destina en su totalidad a la agricultura, se toman de la publicación “Medio Ambiente en España” del Ministerio de Medio Ambiente (MMA).

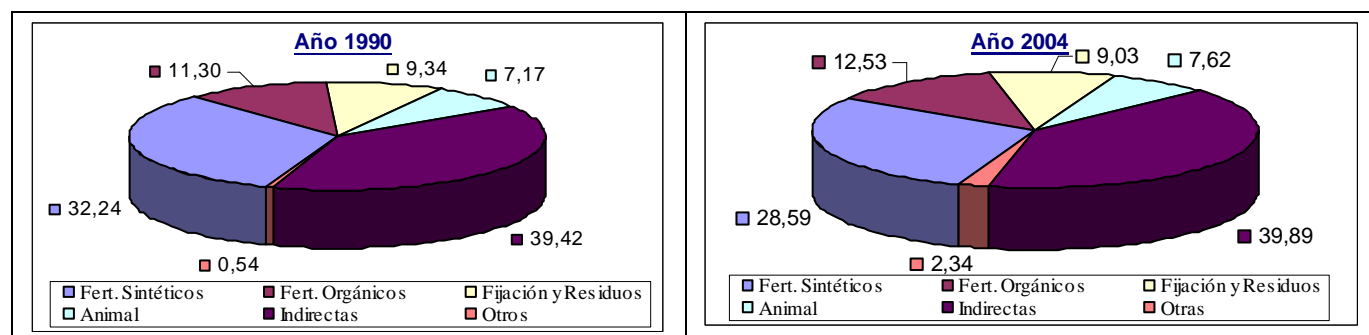
Los datos de superficies y rendimientos (y por tanto producciones) agrícolas se introducen en la base de datos a nivel de cultivo para cada año y provincia. Para la realización del inventario se consideran 104 tipos diferentes de cultivos, algunos de ellos formados por agrupaciones de varios cultivos del mismo tipo. Se usa esta desagregación por cultivo dado que el valor de determinados parámetros utilizados en el algoritmo de cálculo son específicos del cultivo.

**Tabla 6.4.2.- Aportes de N al suelo (t N)**

	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
<b>Directas</b>	1.655.398	1.469.605	1.931.653	1.782.501	1.681.720	1.842.833	1.732.994
Fert. Sintéticos	1.009.263	854.392	1.189.898	1.045.719	941.527	1.111.920	987.888
Fert. Orgánicos	353.858	379.777	414.695	423.397	425.366	418.966	433.158
Fijación Biológica	203.107	176.862	204.656	206.296	194.229	194.887	194.887
Residuos de Cultivos	89.170	58.574	122.404	107.089	120.599	117.061	117.061
<b>Producción animal</b>	240.408	241.641	274.473	286.479	284.816	294.933	282.224
<b>Indirectas</b>	729.389	677.208	874.124	835.225	804.538	863.782	821.041
Deposición Atmosférica	187.151	176.735	221.929	220.284	216.131	224.904	219.834
Lixiviación y Escorrentía	542.237	500.473	652.196	614.941	588.407	638.879	601.207
<b>Otras</b>	16.777	15.699	72.992	73.925	93.516	78.873	80.920
Compost	8.481	4.011	50.622	49.753	67.257	52.171	53.679
Lodos	8.296	11.688	22.370	24.172	26.259	26.702	27.241
<b>Total</b>	2.641.972	2.404.153	3.153.242	2.978.129	2.864.591	3.080.422	2.917.179

En la tabla 6.4.2 aparecen cuantificados en valores absolutos los distintos aportes de nitrógeno a los suelos agrícolas, y en la figura 6.4.3 se muestran en porcentajes la ponderación relativa de los diversos orígenes. Como puede observarse la contribución principal corresponde a los fertilizantes sintéticos y que permanece más o menos constante a lo largo de la serie. La segunda fuente en importancia la constituyen los estiércoles animales, tanto en su forma de abono aplicado (fert. orgánicos) como la depositada en pastoreo (producción animal). Estos componentes experimentan entre 1990 y 2004 aumentos respectivos del 22% y del 17% debido al aumento del número de cabezas de la cabaña ganadera y consecuentemente de su excreta. Otro aporte importante es la fijación biológica que no sufre grandes variaciones a lo largo de la serie por depender principalmente de la superficie cultivada; mientras los Residuos de Cultivos sí aumentan un 31% debido a la reducción de la quema y por tanto la mayor presencia de residuos en el campo. Tanto los lodos como el compost sufren fuertes aumentos (382% en media) pese a seguir representando menos del 3% del total de los aportes de nitrógeno.

Las emisiones indirectas dependen de los aportes de nitrógeno y de la volatilización de  $\text{NH}_3$  y  $\text{NO}_x$  que componen el grupo 4D, y por tanto su incremento se explica por el aumento generalizado de los aportes de nitrógeno del resto de actividades de este grupo.

**Figura 6.4.3.- Distribución de los aportes de N (%)**Algoritmo de estimación de emisiones.

Como se apuntó más arriba para la estimación de las emisiones de este grupo se ha seguido esencialmente la metodología de la Guía Buenas Prácticas IPCC. No obstante, si bien para los factores de emisión propiamente dichos se han tomado los valores por defecto propuestos en dicha Guía, para una serie de parámetros utilizados en el algoritmos de estimación de las emisiones se han empleado valores específicos nacionales según se describe a continuación.

Así, el parámetro  $Frac_{GASF}$ , fracción de N volatilizado como  $NH_3$  y  $NO_x$ , es obtenido del cálculo de las emisiones de  $NH_3$  y  $NO_x$  realizado en el propio inventario nacional con la metodología EMEP/CORINAIR y, por tanto, no se utiliza para  $Frac_{GASF}$  el valor por defecto de IPCC. Ocurre lo mismo con  $Frac_{GASM}$ , fracción de N volatilizada como  $NH_3$  y  $NO_x$ , obteniéndose este valor del cálculo en el inventario de las emisiones de estos gases. Es importante hacer notar una apreciación sobre el termino  $F_{AM}$ , cantidad de estiércol animal aplicada intencionadamente en los suelos después de ajustarla teniendo en cuenta la cantidad de N volatilizada en forma de  $NH_3$  y  $NO_x$ . En el Inventario español  $F_{AM}$ , N aplicado al suelo disponible para las emisiones de  $N_2O$ , se obtiene substrayendo del total de N excretado el volatilizado como  $N_2O$  y  $NH_3$  en la gestión de los estiércoles y el  $NH_3$  y  $NO_x$  volatilizados después del abonado.

En el punto 6.5.2 “Algoritmo de estimación de emisiones” se expone de manera detallada el procedimiento seguido para el cálculo del N excretado y su asignación a los distintos tipos de gestión de estiércoles.

Para el cálculo del N aportado en la fijación biológica se usan dos metodologías distintas, una específica nacional para el cálculo correspondiente a tierras agrícolas sin cultivo activo (barbechos, praderas naturales, ..) y otra con metodología IPCC y parámetros nacionales correspondiente a las tierras con cultivo activo. Para una exposición detallada de la metodología nacional véase el epígrafe 4.1.1.3.b del

documento MAPA (2004)<sup>90</sup>. Para los cultivos fijadores de nitrógeno se usa la ecuación 4.26, enfoque de nivel 1b, de la Guía Buenas Prácticas IPCC. Para los parámetros ( $\text{Res}_{\text{BF}}/\text{Crop}_{\text{BF}}$ ,  $\text{Frac}_{\text{DM}}$ , y  $\text{Frac}_{\text{NCRBF}}$ )<sup>91</sup> que figuran en esa ecuación se han tomado valores obtenidos de la bibliografía específica nacional o por defecto de IPCC. En el Anexo 3.2.III se muestra una relación con los valores de estos parámetros para los distintos cultivos considerados en el Inventario.

El N contenido en los residuos de cultivos retornados al o retenidos por el suelo se calcula usando la ecuación 4.29 de la Guía Buenas Prácticas IPCC, asumiendo un valor de cero para los parámetros  $\text{Frac}_{\text{FUEL-CR}}$ ,  $\text{Frac}_{\text{CNST-CR}}$  y  $\text{Frac}_{\text{FOD}}$  (fracción de residuo usado como fuel, usado para construcción y usado como forraje), dado que no tienen lugar en España tales usos de los residuos. En el Anexo 3.2.III se muestra una lista con los valores utilizados de  $\text{Res}_0/\text{Crop}_0$ ,  $\text{Frac}_{\text{DM}}$ , y  $\text{Frac}_{\text{NCRO}}$ . Los valores de  $\text{Frac}_{\text{BURN}}$ , fracción de residuo quemado, se obtienen de las distintas reglamentaciones sobre quema, presentándose en el Anexo 3.2.IV la correspondiente lista de valores.

Las emisiones de producción animal (pastoreo) se calculan según la ecuación 4.18 de la Guía Buenas Prácticas IPCC. Para una exposición más detallada de la metodología véase el apartado 6.5.2 (“Algoritmo de estimación de emisiones”).

La ecuación 4.32 (enfoque de nivel 1b) de la Guía Buenas Prácticas de IPCC es la utilizada para el cálculo del N contenido en la deposición atmosférica. Dentro de los aportes de N se incluyen tanto los lodos como el compost aplicados en la agricultura. Como se expuso en puntos anteriores, no se usan los valores por defecto de IPCC para  $\text{Frac}_{\text{GASF}}$  y  $\text{Frac}_{\text{GASM}}$ , dado que en el Inventario se calculan las emisiones de  $\text{NH}_3$  y  $\text{NO}_x$ , por tanto los valores de estos parámetros se obtienen directamente.

Para la lixiviación y escorrentía se usa la ecuación 4.36 de la Guía Buenas Prácticas IPCC, incluyéndose como en el caso anterior los aportes de lodos y compost. El parámetro  $\text{Frac}_{\text{LEACH}}$  se toma por defecto de IPCC.

Para el cálculo del N contenido en lodos y compost se ha usado una metodología nacional a falta de referencias en IPCC. Para los lodos se asumen las especificaciones del “Manual de buenas prácticas agrarias” del MAPA (BOE, 1999). El contenido en nitrógeno del compost utilizado como fertilizante es un dato muy variable y poco homogéneo debido a la gran variedad de componentes que se utilizan en el compostaje. A pesar de esto se ha realizado una estimación de la

---

<sup>90</sup> En este documento las tierras agrícolas sin cultivo activo son llamados “aprovechamientos”. La metodología usada es solo la referida a estos “aprovechamientos” no la propuesta para los cultivos herbáceos.

<sup>91</sup>  $\text{Res}_{\text{BF}}/\text{Crop}_{\text{BF}}$ , tasa residuo cultivo;  $\text{Frac}_{\text{DM}}$ , fracción de materia seca; y  $\text{Frac}_{\text{NCRBF}}$ , fracción de N en la planta.

composición media del compost, tomando como base el “Manual del código de buenas prácticas agrarias” de la Generalitat de Catalunya (2000). En este documento se proponen valores de nitrógeno contenido en compost que dependen de si se realiza retirada selectiva o no de los residuos que entran a la planta de compostaje. Conociendo los porcentajes de retirada selectiva de residuos en España, tomados de la publicación “Medio Ambiente en España” del MMA, a nivel provincial, se puede calcular una estimación por interpolación entre los valores de recogida selectiva y recogida no selectiva del contenido de N en el compost para una serie anualizada.

Los factores de emisión usados en el cálculo de las emisiones son los valores por defecto recogidos en la tabla 4.17 y 4.18 de la Guía Buenas Prácticas IPCC.

#### **6.4.3.- Incertidumbre y coherencia temporal de las series de datos.**

La incertidumbre de la variable de actividad depende de la fuente de aporte de N. La incertidumbre de la fertilización mineral se cifra en un 5%, al disponerse de datos directos de consumo procedentes de una estadística sectorial de cobertura nacional. A la fertilización orgánica y la producción animal se les asigna una incertidumbre por debajo del 20%, basada en la buena fiabilidad de los datos de excreción de N (obtenidos por balances alimentarios) y la adopción de sistemas de gestión por juicio de experto, más acordes para el caso español que los aportados por IPCC. La fijación biológica se basa en las estadísticas nacionales de producciones y en los parámetros obtenidos de una revisión bibliográfica, estimándose su incertidumbre en un 30%. La estimación de los residuos de cultivos también se basa en estadísticas de producción, características fisiológicas de la planta y en el fracción quemada, estimándose globalmente una incertidumbre del 40%. La variable de actividad de la deposición atmosférica es el N volatilizado como  $\text{NH}_3$  y  $\text{NO}_x$ , su incertidumbre viene, por tanto, determinada por la metodología EMEP/CORINAIR usada en el cálculo de las emisiones de  $\text{NH}_3$  y  $\text{NO}_x$ . De acuerdo con los valores de incertidumbre aportados por esta metodología se estima su incertidumbre en un 40%. La lixiviación y escorrentía posee una incertidumbre estimada del 200%, esta incertidumbre está motivada por el parámetro  $\text{Frac}_{\text{LEACH}}$  con una incertidumbre de factor 3. Finalmente, para los lodos y compost se asume una mayor incertidumbre, en torno al 35%, motivada principalmente por la menor precisión de los datos de producción y de los contenidos de N de estas producciones.

Los factores de emisión usados son los aportados por IPCC. Para las emisiones directas, los lodos y el compost la incertidumbre se cifra en un 25% (epígrafe 4.7.1.6 de la Guía Buenas Prácticas IPCC. Para las emisiones indirectas se ha tomado un 50% (epígrafe 4.8.1.6 de la misma Guía). Para la producción animal (pastoreo) se asume un factor de 2 (-50% a +100%) según figura en la tabla 4.12 de dicha Guía.

Por lo que respecta a la pauta temporal las series se consideran en general coherentes al cubrir el mismo conjunto de cultivos, animales y fertilizantes minerales, siendo las fuentes de las que provienen los datos las mismas para toda la serie inventariada. Como matización a este punto, debe indicarse que para los lodos ha debido realizarse interpolación de datos, entre 1989 y 1993 y entre 1993 y 1997 para cubrir el conjunto del periodo inventariado 1990-2004.

#### **6.4.4.- Actividades de control y aseguramiento de calidad y verificación.**

Se ha realizado, como se explica en el punto 6.4.2, una revisión bibliográfica de los parámetros materia seca, tasa residuo/cultivo, fracción de carbono y fracción de nitrógeno. Durante el proceso se efectuó una asignación de etiquetas de calidad a cada uno de los parámetros para poder discriminar la calidad de las fuentes de información. Finalmente, se seleccionaron para introducir en el algoritmo de estimación de emisiones los datos de las fuentes con mejor posición de sus etiquetas de calidad.

Dada la gran importancia del dato de consumo de fertilizantes minerales se han contrastado los valores de diversas fuentes como el INE, Anuarios MAPA; Asociación Nacional de Fabricantes de Fertilizantes (ANFFE) de las que finalmente se optó por tomar la del INE.

#### **6.4.5.- Nuevos cálculos.**

El grupo 4D está compuesto por múltiples fuentes de N, y dado que las variaciones metodológicas introducidas las pueden afectar en sentidos opuestos es esperable que se produzca una compensación parcial en los resultados agregados de las emisiones. Además de esto, la estimación de los aportes de N dependen también de metodologías específicas nacionales para la estimación de emisiones de  $\text{NH}_3$  y de  $\text{NO}_x$ , como ya se comentó en el epígrafe 6.4.2, y por tanto una variación en esas metodologías provocará una modificación del N aportado al suelo y por tanto en las emisiones. Pese a estas apreciaciones en la figura 6.4.4 y la figura 6.4.5 puede verse la diferencia en emisiones entre la edición del año anterior y la presente.

Para una mejor comprensión de las variaciones metodológicas se procederá actividad por actividad.

Fertilización mineral: No hay variación en la variable de actividad (consumo de fertilizantes nitrogenados), pero sí varía el parámetro  $\text{Frac}_{\text{GASF}}$ . Esta variación se debe, como se comentó antes, a la metodología del cálculo de las emisiones de  $\text{NH}_3$  y  $\text{NO}_x$ .

Fertilización orgánica y producción animal: Dada la interrelación entre estas actividades se tratan ambas conjuntamente. El cambio en el N excretado y en la distribución de los sistemas de gestión de los estiércoles, que se comenta más adelante en el epígrafe 6.5.5, tiene una consecuencia directa sobre los cambios en las dos actividades aquí referidas.

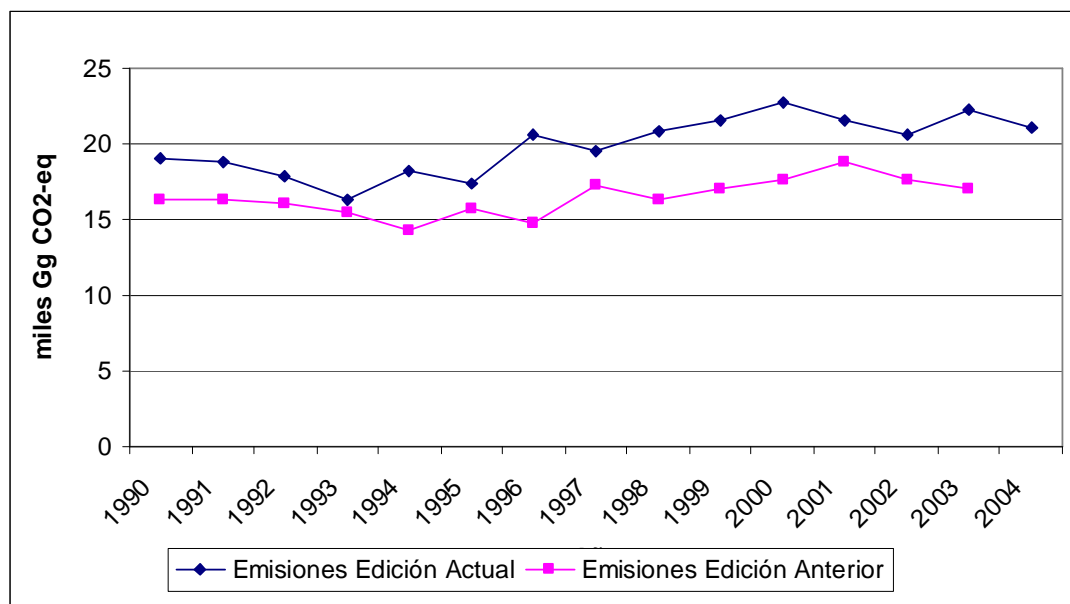
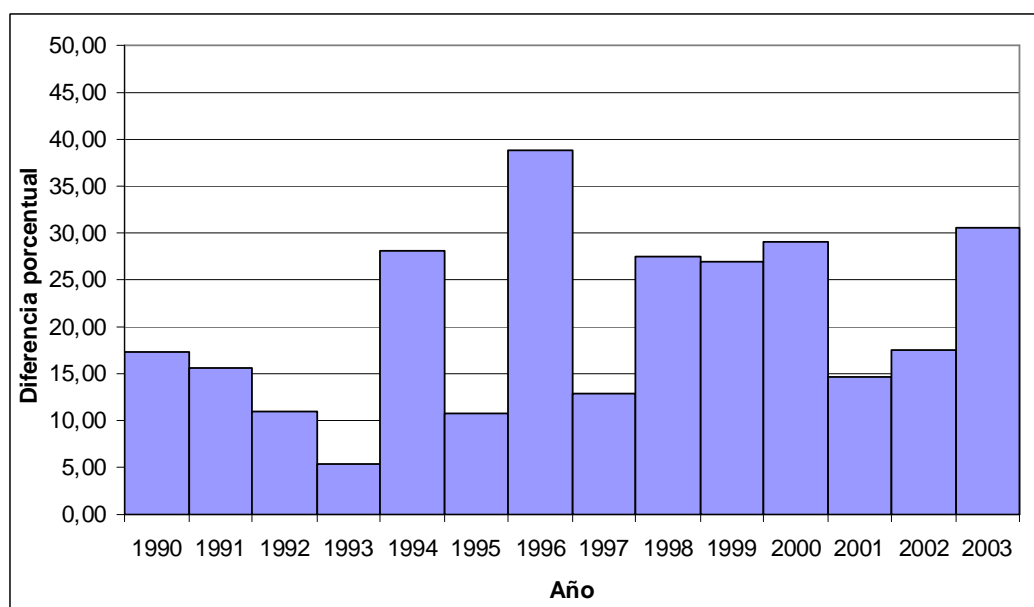
Fijación biológica y residuos de cultivos: En la edición anterior del Inventario se usaba una metodología nacional para el cálculo del N contenido en la planta y a través de este dato se obtenía el N en residuos y el N fijado. Esta metodología, al no disponer de una contrastación adecuada, ha sido abandonada en la presente edición, pasando a utilizarse la metodología de la Guía Buenas Prácticas IPCC. En la edición actual también se ha ampliado, hasta cubrir la casi la totalidad de los cultivos considerados, la información sobre los parámetros necesarios para el cálculo del N contenido en la planta y, por tanto, las emisiones se computan para una mayor cantidad de cultivos. Otra modificación introducida en esta edición ha sido la anualización de los porcentajes de quema de cultivos que en la edición anterior se mantenían fijos para toda la serie.

Indirectas: Las emisiones indirectas dependen de los aportes y volatilizaciones del resto de actividades del grupo, por tanto los cambios producidos en estas afectan a sus emisiones. Además, en la presente edición se ha optado por tomar el valor por defecto de IPCC para el parámetro  $Frac_{LEACH}$  (0,3) en vez del 0,15 usado en la edición anterior, ya que se carece de una base fundamentada para el uso de un valor menor, pese a la argumentación cualitativa sobre la mayor aridez española y la dependencia que posee el parámetro respecto de la pluviosidad.

Lodos y compost: En la presente edición se ha usado una metodología completamente nueva para el cálculo del N contenido en ellos. Los valores fijos de 2 y 2,5%, respectivamente, de contenido de N han sido modificado por un 4% para los lodos y por la metodología explicada en el punto 6.4.2 para el compost.

No hay variación en los factores de emisión usados que siguen siendo los dados por defecto por Guía Buenas Prácticas IPCC, por tanto toda la variación se debe a los aportes de N a los suelos.



**Figura 6.4.4.- Emisiones en CO<sub>2</sub>-eq. comparación eds 2006 vs 2005****Figura 6.4.5.- Emisiones de CO<sub>2</sub>-eq. diferencia porcentual eds 2006 vs 2005**

#### **6.4.6.- Plan de mejoras.**

Las variaciones que en su caso resulten para esta actividad como consecuencia de las mejoras en información de base programadas en la actividad 4B serán incorporadas también para el cálculo de las emisiones de esta categoría 4D.

### **6.5 GESTIÓN DE ESTIÉRCOLES - N<sub>2</sub>O (4B):**

#### **6.5.1 Descripción de la actividad emisora.**

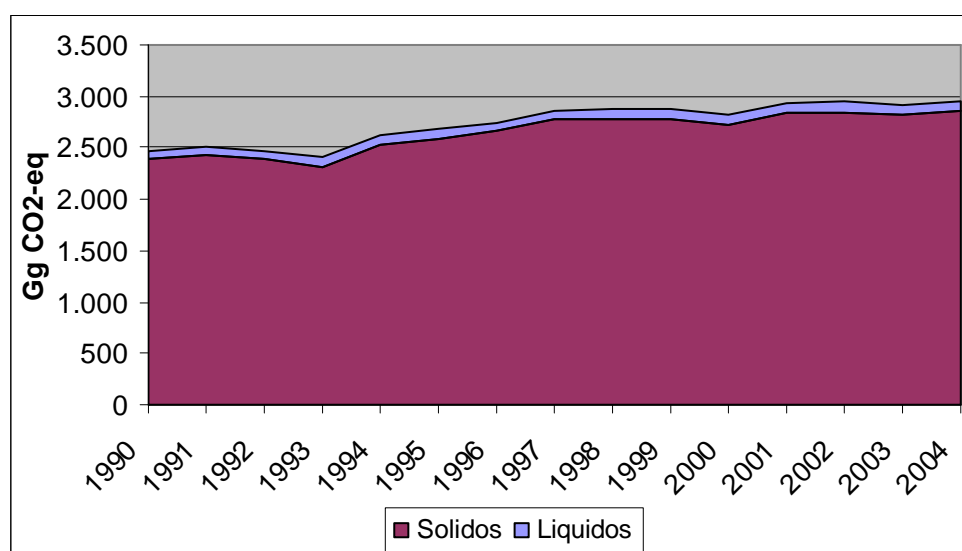
La cantidad de nitrógeno excretada por los animales, bien sea en las heces o en la orina, depende del tipo-categoría (lo que incluye su orientación productiva) del animal y del alimento ingerido, particularmente del contenido de nitrógeno en el mismo. El nitrógeno que se retiene en los productos del animal (leche, carne, lana, huevos, etc.) varía generalmente entre el 5% y el 20% del nitrógeno total ingerido, siendo la fracción restante la que se expulsa en las heces o en la orina. En los sistemas de producción animal con un alto contenido de nitrógeno en su dieta, más de la mitad del nitrógeno expulsado se expulsa por la orina. La mayoría del nitrógeno excretado en las heces es nitrógeno orgánico aunque existen pequeñas fracciones de nitrógeno mineral. El nitrógeno orgánico presente en las heces debe ser mineralizado a  $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$  antes de poder ser atacado por los nitrificadores y desnitrificadores y generar óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ). El proceso intermedio de mineralización a  $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$  suele ser rápido, provocando un incremento de estos dos compuestos en la fase de almacenamiento de los estiércoles. La concentración de nitrógeno en la orina varía ampliamente en función del nitrógeno contenido en la dieta y del consumo de agua. Más de un 70% del nitrógeno de la orina está presente en forma de urea, componiéndose el porcentaje restante de aminoácidos y péptidos. Las excreciones de las especies avícolas contienen, sin embargo, ácido úrico como compuesto dominante. La hidrólisis de la urea y del ácido úrico en los vertidos de la orina a  $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$  es bastante rápida, tanto en los sistemas de pastoreo como en los estabulados. La producción de  $\text{N}_2\text{O}$  durante el tratamiento y gestión de los estiércoles animales puede ocurrir por una vía combinada de nitrificación y desnitrificación del nitrógeno amoniacal contenido en las heces y en la orina. La cantidad emitida depende del sistema y del intervalo de gestión de los estiércoles.

Las emisiones de óxido nitroso procedentes de la gestión de estiércoles, cuya evolución se muestra en la tabla 6.5.1 y en la figura 6.5.1, han experimentado entre 1990 y 2004 un aumento del 20,19% pasando de 2.465 Gg a 2.962 Gg de  $\text{CO}_2\text{-eq}$ . El incremento de las emisiones de ambos sistemas se debe al aumento de la cabaña ganadera en el periodo inventariado.

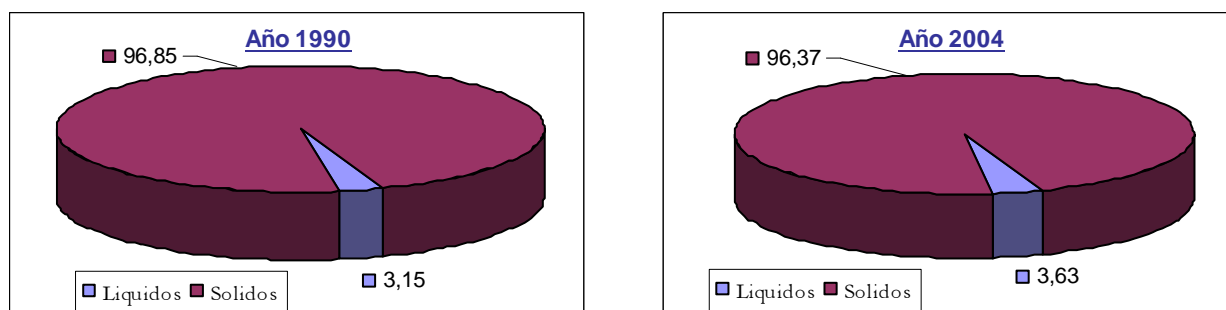
**Tabla 6.5.1.- Emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente  
(cifras en Gigagramos)**

	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
Sistemas Líquidos	78	85	102	102	102	100	108
Sistemas Sólidos	2.387	2.595	2.725	2.833	2.844	2.819	2.855
Total	2.465	2.681	2.827	2.935	2.946	2.919	2.962

**Figura 6.5.1.- Emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente**



De los dos sistemas de tratamiento considerados, sistemas líquidos y sistemas sólidos, son estos últimos, que incluyen el almacenamiento de sólidos y el apilamiento en seco, los absolutamente dominantes de las emisiones con una contribución que supera el 96%, mientras el peso de los sistemas líquidos no alcanza el 4%, como se observa en la figura 6.5.2. No se considera en España significativa en esta actividad la contribución de tratamientos basados en lagunaje anaeróbico u otros tipos alternativos. No obstante, con ello no quiere significarse que no haya en España otros tipos de tratamientos, sino más bien que en casos como el pastoreo o la aplicación diaria su contribución se recoge en el grupo 4D.

**Figura 6.5.2.- Distribución de las emisiones del grupo 4B (N<sub>2</sub>O)**

## 6.5.2 Aspectos metodológicos.

### Elección del método.

Para el cálculo de las emisiones de N<sub>2</sub>O debidas al tratamiento de los estiércoles se ha seguido la metodología por defecto de la ecuación 4.18 de la Guía Buenas Prácticas IPCC.

Se han usado valores específicos nacionales para los parámetros contenidos en la ecuación 4.18 antes citada. Esto ha venido motivado por las particularidades existentes en la gestión de estiércoles en el caso español, que revelaban como poco representativo el uso de los valores por defecto de IPCC de la distribución de los sistemas de manejo de los estiércoles y a la disponibilidad de estudios sobre el N excretado para las distintas categorías de animales.

### Variables de actividad.

La variable de actividad básica de esta actividad es el contenido de N tratado por sistema de gestión de estiércol. Para la estimación de este contenido de N son necesarias tres variables: el número de animales, el N excretado por cabeza y el porcentaje del N tratado en cada sistema de gestión.

El número de animales de las distintas cabañas ganaderas está compartido como variable de actividad con la actividad 4A (Fermentación Entérica). Así pues para una exposición detallada de este punto se remite al apartado “Variables de Actividad” de la sección 6.2.2.

Una explicación sobre las otras dos variables se encuentra en el apartado siguiente “Algoritmo de estimación de emisiones”.

### Algoritmo de estimación de emisiones.

Como se apuntó más arriba para la estimación de las emisiones de este grupo se ha seguido esencialmente la metodología de la ecuación 4.18 de la Guía Buenas Prácticas IPCC. No obstante, si bien para los factores de emisión propiamente dichos se han tomado los valores por defecto propuestos en dicha Guía, para una serie de parámetros utilizados en la ecuación se han empleado valores específicos nacionales según se describe a continuación.

En el epígrafe 5.2.2 del documento UPV(2006) se incluye una tabla con el nitrógeno excretado por año por cada categoría animal. Para el caso del ganado vacuno, ovino, porcino y aves los datos son obtenidos a través de sendos balances del nitrógeno (ver Anejo 9 del documento UPV(2006)). No se dispone de datos nacionales para el ganado caprino y equino (caballos, mulas y asnos). Se ha decidido por tanto usar los valores por defecto aportados en la tabla 4.20 del Manual Referencia 1996 IPCC para estos animales, seleccionados de la columna de Oriente Próximo y Mediterráneo y aplicando el factor de ajuste para animales jóvenes de la tabla 4.14 de la Guía Buenas Prácticas IPCC, asimilando el caso del ganado caprino al del ovino.

Como se comentó en el punto 6.3.2 con respecto a los sistemas de gestión de estiércoles, no existen en España ni estadísticas ni bibliografía con datos precisos sobre el porcentaje de uso de cada sistema de gestión. No obstante, sí aparece recogido en la bibliografía sobre el tema y en la opinión de los expertos que los sistemas usados en España no se corresponden con los dados por defecto por IPCC para Europa occidental. Por tanto, se ha optado por basar los valores de uso de los distintos sistemas de tratamiento en juicios de experto. Para un mayor desarrollo de este punto ver el epígrafe 5.2.3 del documento UPV(2006).

Los factores de emisión usados son los valores por defecto aportados en la tabla 4.12 de la Guía Buenas Prácticas IPCC.

### **6.5.3.- Incertidumbre y coherencia temporal de las series de datos.**

Son varios los elementos que contribuyen a la determinación de la incertidumbre de la variable de actividad final que es la cantidad de nitrógeno tratada según sistema de gestión de los estiércoles. En primer lugar la incertidumbre asociada a la determinación de las cabezas de cada categoría animal, y cuya estimación se sitúa en torno al 3% según se documenta en el punto 6.2.3. En segundo lugar la incertidumbre de la cantidad de nitrógeno contenida en la excreta de cada categoría animal, y que por venir derivada de cálculos basados en su balance de nitrógeno se les atribuye una incertidumbre no mayor del 5%. Finalmente, el error imputable a la distribución del nitrógeno tratado según sistema de gestión, y que se basa en juicios de experto, es el elemento con mayor

incertidumbre, pudiendo ésta estimarse en torno al 15%. Así pues, la incertidumbre combinada para la variable de actividad final puede situarse por debajo del 20%.

Para la incertidumbre del factor de emisión se asume un factor de 2 (-50% a +100%) según figura en la tabla 4.12 de la Guía Buenas Prácticas IPCC.

Por lo que respecta a la pauta temporal, la variable de actividad se considera coherente al cubrir el conjunto de animales con una representación muy amplia en todo el conjunto del territorio nacional y provenir la información directamente de una publicación anual, con una dilatada trayectoria, elaborada por el ministerio sectorial competente, MAPA (véase epígrafe 6.2.2, Variables de actividad). Los valores de excreción de N y los porcentajes de uso de los sistemas de gestión se consideran asimismo representativos para el conjunto del periodo inventariado.

#### **6.5.4.- Actividades de control y aseguramiento de calidad y verificación.**

Las actividades de control realizadas sobre el número de cabezas por categoría animal que ya han sido comentadas en el epígrafe 6.2.4 debe entenderse tienen la misma implicación en el cálculo de las emisiones de esta fuente clave.

#### **6.5.5.- Nuevos cálculos.**

Dada la estructura y las variables de actividad consideradas en este grupo la comparación de las emisiones 1990-2003 entre las ediciones actual y anterior del inventario no resulta tarea fácil. Ello es debido en buena medida debido a que en este grupo sólo se consideran las emisiones de estiércoles tratados en los establecimientos ganaderos dejando de contabilizarse aquí otras gestiones, como el pastoreo o la aplicación diaria. Adicionalmente, y a diferencia de lo que acontece con las emisiones de metano del grupo 4A, las emisiones de N<sub>2</sub>O de este grupo 4B no se informan por animal, sino por sistema de gestión del estiércol, lo que dificulta aun más la comparación.

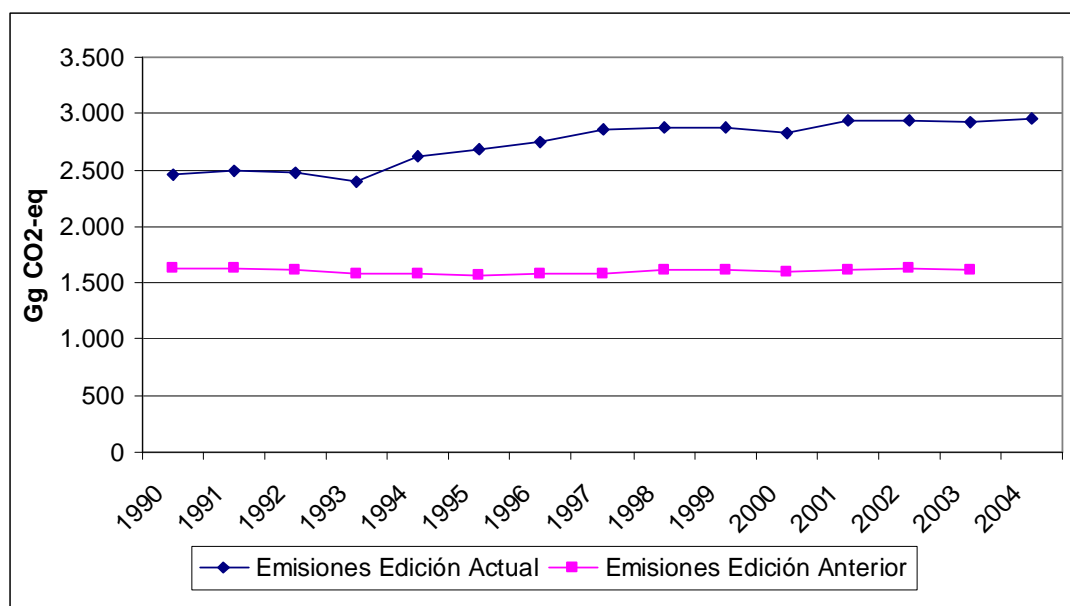
Como se comentó al principio del capítulo la metodología aplicada ha experimentado en esta edición del inventario una revisión en profundidad y la revisión ha afectado especialmente a la estimación de las emisiones de N<sub>2</sub>O de este grupo 4.B (véase la figura 6.5.3 y la figura 6.5.4). De las tres variables básicas utilizadas en el cálculo de las emisiones, el número de cabezas, la excreción de nitrógeno por animal y los sistemas de gestión considerados, las dos últimas han registrado importantes modificaciones.

En la edición anterior del inventario se tomaron (a falta de datos mejores) para la excreta N por tipo de animal los valores por defecto aportados en la tabla 4.20 del Manual Referencia 1996 IPCC reseñados en la columna Oriente Medio y Mediterráneo y aplicando el factor de ajuste para animales jóvenes de la tabla 4.14

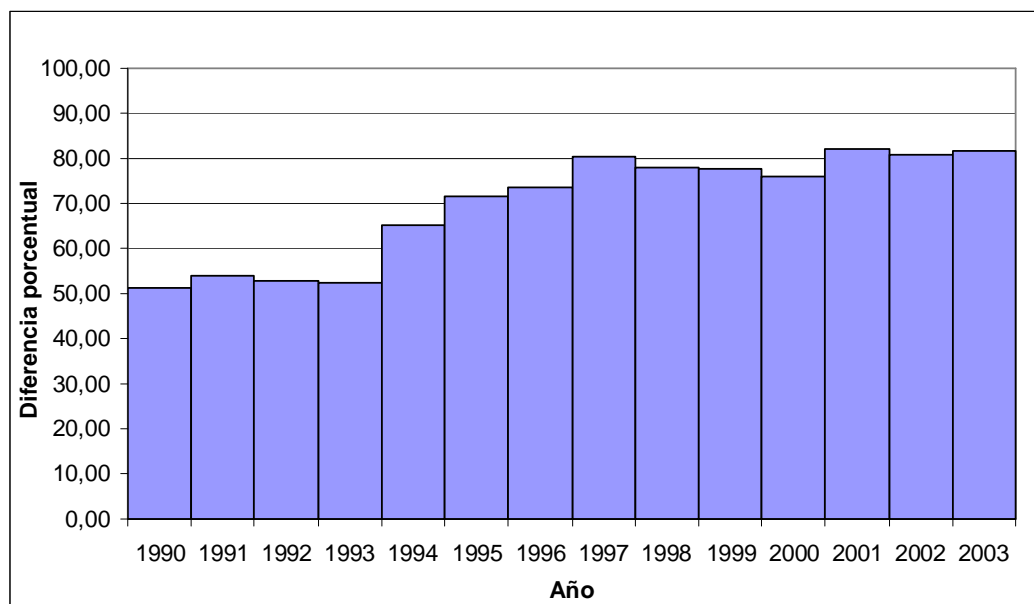
de la Guía Buenas Prácticas IPCC. En la edición actual del inventario, al haber podido disponer, como se indicó en el epígrafe 6.5.2, de balances de nitrógeno para las clases animales más relevantes, se han introducido en el algoritmo de estimación de las emisiones valores de este parámetro que se consideran más representativos para el contexto español. El cambio afecta no sólo a este grupo 4B sino también a las actividades de fertilización orgánica y producción animal del grupo 4D.

El segundo cambio introducido afecta a la distribución de los sistemas de gestión de estiércol. La distribución de la edición anterior no parecía adecuada y, por tanto, a falta de estadísticas contrastadas, se procedió a tomar valores propuestos por juicio de expertos. La modificación ha supuesto un cambio significativo en el reparto del N tratado según sistema de gestión, lo que ha tenido su correlato inmediato en una variación importante de las emisiones de  $N_2O$ <sup>92</sup>.

**Figura 6.5.3.- Emisiones en CO<sub>2</sub>-eq. comparación eds 2006 vs 2005**



<sup>92</sup> Cabe advertir que el sistema de gestión "Otros" ha dejado de ser considerado para el caso español, aunque posiblemente, excepto por la desaparición de esa actividad, es un cambio menor, ya que en la edición anterior solo se imputaba el sistema "Otros" a una fracción muy reducida (1%) del vacuno lechero.

**Figura 6.5.4.- Emisiones de CO<sub>2</sub>-eq. diferencia porcentual eds 2006 vs 2005**

#### 6.5.6.- Plan de mejoras.

Se están realizando en este momento estudios de campo para poder determinar de manera empírica los porcentajes de uso de los sistemas de tratamiento para el caso español.

### 6.6 FUENTES NO CLAVE:

#### 6.6.1 Descripción de la actividad emisora.

Las fuentes no clave en agricultura son: Cultivo de arroz (4C), Quema en el campo de residuos agrícolas (4F) y Suelos agrícolas – Otros (4D4). La actividad 4D4 está explicada en el punto 6.3, por tanto aquí solo se tratarán las otras dos.

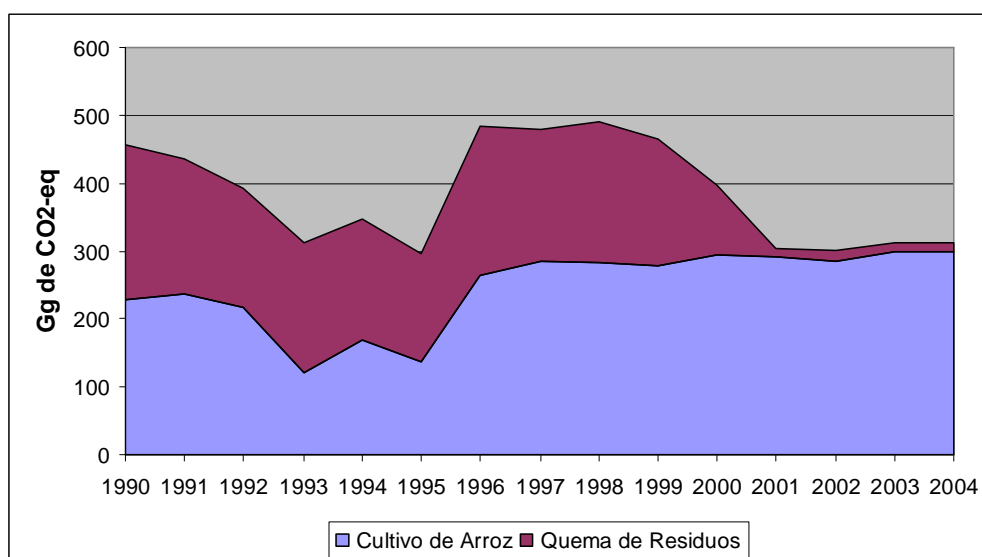
La actividad 4F comprende la quema, in situ, de los rastrojos y otros residuos de paja de los cultivos agrícolas. Se debe tener en cuenta además, que la quema de estos rastrojos y residuos de paja no se considera una fuente neta de emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), dado que se asume que la liberación de carbono, en forma de CO<sub>2</sub>, que se produce por su combustión se compensa con la fijación del mismo por el crecimiento de las plantas en el siguiente ciclo productivo. Sin embargo, sí se consideran en el inventario las emisiones de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O y de otros gases con efecto indirecto sobre el calentamiento como NO<sub>x</sub>, COVNM y CO, y adicionalmente el SO<sub>x</sub>.



La actividad 4C comprende las emisiones de metano ( $\text{CH}_4$ ) debidas al cultivo de arroz. La descomposición anaeróbica de material orgánico en los campos de arroz inundados es el proceso generador de estas emisiones de metano. En el caso español sólo se considera la existencia de cultivos continuamente inundados y que por tanto quedan encuadrados en la actividad 4.C.1.a.

En la figura 6.6.1 puede verse la evolución entre los años 1990 y 2004 de las emisiones de estas dos actividades. El cultivo de arroz no sufre grandes cambios, excepto en años de gran sequía, mientras la quema de residuos experimenta un gran descenso a partir de 1999 debido a la reglamentación sobre quema de estos residuos que los ha limitado drásticamente.

**Figura 6.6.1.- Emisiones de  $\text{CO}_2\text{-eq}$  de las fuentes no clave**



### 6.6.2 Aspectos metodológicos.

Para el cultivo de arroz se ha seguido la metodología del epígrafe 4.3 del Manual Referencia 1996 IPCC, tomando como factor de emisión el correspondiente a España que figura en la tabla 4-9 de dicho Manual.

Para la quema de residuos agrícolas se ha seguido la metodología del epígrafe 4.4.3 del citado Manual, tomando para los factores de emisión los valores de la tabla 4.16 del Manual. Los parámetros seleccionados para el cálculo de la variable de actividad pueden consultarse el Anexo 3.2.III.

### **6.6.3 Incertidumbre y coherencia temporal de las series de datos.**

La información sobre la variable de actividad de 4C proviene del “Anuario de Estadística Agroalimentaria” y según sus especificaciones metodológicas la incertidumbre se cifra en torno al 3%, mientras para el factor de emisión, cuya información se ha obtenido de estudios nacionales, se estima una incertidumbre en torno al 20%.

Para la actividad 4F la incertidumbre de los factores de emisión, como puede deducirse de los rangos de variación mostrados en la tabla 4-16 (Manual Referencia 1996 IPCC), es de un 40% para el CH<sub>4</sub> y de un 30% para el N<sub>2</sub>O. La variable de actividad se basa en estadísticas fiables y parámetros bibliográficos estimándose su incertidumbre en torno al 40%.

### **6.6.4. Actividades de control y aseguramiento de calidad y verificación.**

La serie de emisiones de 4C registra un descenso relativo importante en los años 1993-1995. La variación se debe al cambio en esos años de la variable de actividad básica, las hectáreas cultivadas. Tras comprobar que los datos de la variable de actividad usados en el Inventario coincidían con los de la publicación “Anuario de Estadística Agroalimentaria” se consultó a miembros del Ministerio de Agricultura sobre el hecho, que confirmaron los datos achacando la caída a la sequía de dichos años.

### **6.6.5. Nuevos cálculos.**

Las emisiones de arroz no han sufrido recálculos en la presente edición.

Las emisiones de quema de residuos han sufrido varias modificaciones. La fracción quemada (véase Anexo 3.2.IV), que antes se mantenía constante a lo largo de los años, ha sido ahora anualizada, lo que ha afectado a las emisiones de todos los gases. El cambio se ha materializado en un aumento de las emisiones en los primeros años y una casi completa desaparición en los últimos años del periodo inventariado. En la edición anterior del inventario se usaba una metodología nacional para el cálculo del N contenido en la planta, y con la información de dicho N se calculaban directamente las emisiones de N<sub>2</sub>O y NO<sub>x</sub>. Esa metodología se ha abandonado por los problemas que presentaba de contrastación, pasando a utilizarse en la edición actual del inventario la metodología de la Guía Buenas Prácticas IPCC. También las emisiones de CH<sub>4</sub> y CO se han visto alteradas al ampliarse y modificarse los parámetros de cálculo de dicha metodología según se comenta en el Anexo 3.2.III.

### **6.6.6. Plan de mejoras.**

No se prevén mejoras específicas en la estimación de emisiones de estas actividades.

## **7.- USO DE LA TIERRA, CAMBIO DE USO DE LA TIERRA Y SILVICULTURA**

### **7.1 INTRODUCCIÓN**

En este capítulo se aborda el sector del Uso de la Tierra, Cambio del Uso de la Tierra y la Silvicultura, UTCUTS (sector LULUCF, por sus siglas en inglés). Este sector se divide en varios usos de la tierra: Bosques (*Forest*), Cultivos (*Cropland*), Pastizales (*Grassland*), Asentamientos (*Settlements*), Humedales (*Wetlands*) y Otras tierras (*Other land*).

En este capítulo se recoge la emisión y absorción de gases de efecto invernadero debidas a los Bosques, ya sean bosques que se mantienen como tales o tierras que pasan a ser bosque. No se recogen en este informe, debido a carencias de información de base, los restantes usos de la tierra.

Al igual que para el resto de sectores el IPCC ha publicado para este sector la Guía de Buenas Prácticas para el Uso de la Tierra, Cambio del Uso de la Tierra y la Silvicultura con el fin de facilitar la aplicación del sistema de presentación de informes.

Es la Subdirección General de Calidad del Aire y Prevención de Riesgos (SGCAPR) de la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental del Ministerio de Medio Ambiente la unidad administrativa encargada de elaborar y mantener los Inventarios Nacionales de Emisiones a la Atmósfera. No obstante, la estimación de las capturas y emisiones netas de CO<sub>2</sub> del sector LULUCF es calculada por la Dirección General para la Biodiversidad del Ministerio de Medio Ambiente.

Las estimaciones presentadas en este capítulo correspondientes a la edición 1990-2004 del inventario no coinciden con las publicadas en la edición 1990-2003 anterior debido a la actualización de los datos correspondientes a las provincias realizadas del Tercer Inventario Forestal durante el intervalo de tiempo transcurrido entre las dos ediciones y a la revisión de la metodología aplicada.

### **TENDENCIA DE FIJACIÓN/ EMISIÓN DE GEI**

El sector de Uso de la Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura resulta un sumidero neto de carbono en el periodo 1990-2004, existiendo un incremento entre 1990 y 2004 aproximadamente del 54%.

En la tabla 7.1.1 aparece resumido el balance de carbono y CO<sub>2</sub> en este sector, dentro de los usos y cambios de uso del suelo reflejados en este documento.

**Tabla 7.1.1.- Emisión y fijación de carbono de los sistemas forestales**

Carbono (Kton)		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
FF	Absorción	-11.079	-11.230	-11.380	-11.531	-11.682	-11.832	-11.983
FF	Emisión	5.099	5.082	4.912	4.696	5.225	5.434	5.243
CF	Absorción	0	0	0	0	-80	-200	-201
CF	Emisión	-	-	-	-	-	-	-
GF	Absorción	-300	-300	-300	-300	-240	-151	-150
GF	Emisión	-	-	-	-	-	-	-
Total C		-6.280	-6.447	-6.768	-7.135	-6.777	-6.749	-7.091
CO2 (Gg)		-23.027	-23.640	-24.819	-26.162	-24.849	-24.747	-26.001

		1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
FF	Absorción	-12.134	-12.284	-12.435	-12.586	-12.736	-12.887	-13.038	-13.188
FF	Emisión	4.998	5.085	4.978	4.645	4.377	4.621	5.105	5.159
CF	Absorción	-188	-216	-122	-90	-59	-43	-52	0
CF	Emisión	-	-	-	-	-	-	-	-
GF	Absorción	-159	-138	-208	-211	-243	-260	-261	-300
GF	Emisión	-	-	-	-	-	-	-	-
Total C		-7.483	-7.554	-7.788	-8.241	-8.661	-8.569	-8.245	-8.329
CO2 (Gg)		-27.439	-27.700	-28.557	-30.219	-31.760	-31.422	-30.234	-30.542

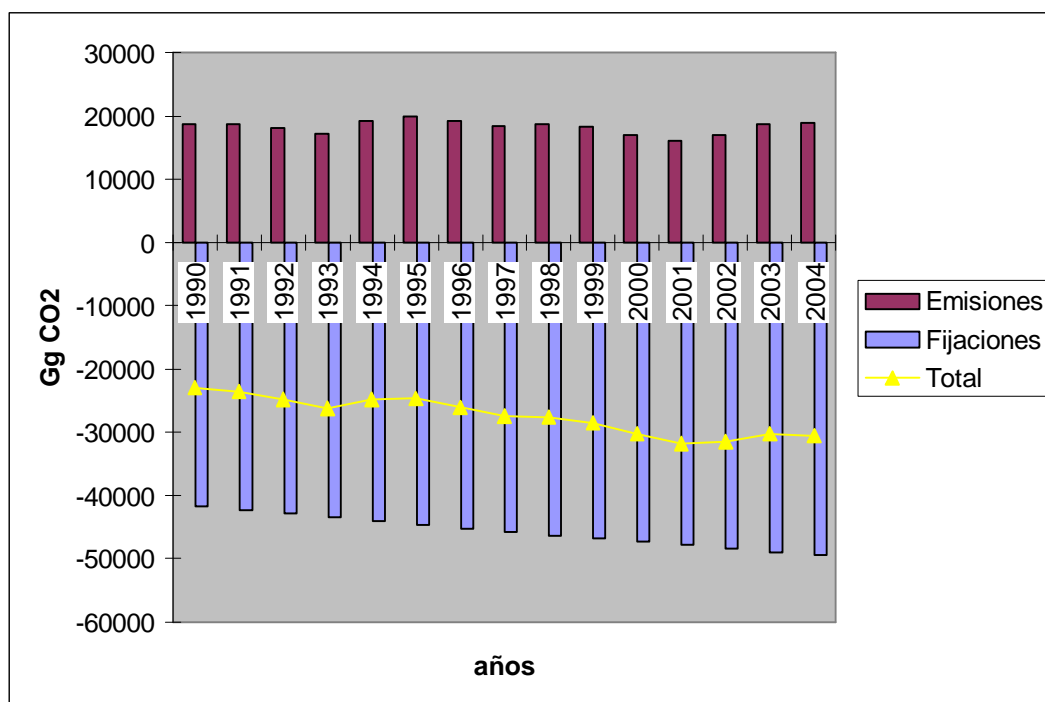
FF: Bosque que se mantiene bosque (por sus siglas en inglés)

CF: Cultivos que pasan a bosque (por sus siglas en inglés)

GF: Pastizales que pasan a bosque (por sus siglas en inglés)

En el Gráfico 7.1.1 se representa la tendencia de emisiones y fijaciones de CO<sub>2</sub> desde el año base (1990) al 2004.

**Gráfico 7.1.1.- Evolución de la tendencia de la emisión y fijación de CO<sub>2</sub> en el sector lulucf (Gg de CO<sub>2</sub>)**



## DEFINICIONES DE INTERÉS

**BOSQUE:** Según la Conferencia de las Partes celebrada en Marrakech en 2001 (COP7), dentro del Convenio Marco sobre el Cambio Climático, en su decisión 11/CP.7 sobre Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura, en su Anexo define "Bosque" como *superficie mínima de tierras de entre 0,05 y 1,0 hectáreas (ha) con una cubierta de copas (o una densidad de población equivalente) que excede del 10 al 30% y con árboles que pueden alcanzar una altura mínima de entre 2 y 5 metros (m) a su madurez in situ. Un bosque puede consistir en formaciones forestales densas, donde los árboles de diversas alturas y el sotobosque cubren una proporción considerable del terreno, o bien en una masa boscosa clara. Se consideran bosques también las masas forestales naturales y todas las plantaciones jóvenes que aún no han alcanzado una densidad de copas de entre el 10 y el 30% o una altura de los árboles de entre 2 y 5 m, así como las superficies que normalmente forman parte de la zona boscosa pero carecen temporalmente de población forestal a consecuencia de la intervención humana, por ejemplo de la explotación, o de causas naturales, pero que se espera vuelvan a convertirse en bosque.*

En nuestro caso, la Fracción de Cobertura elegida será a partir del 10%.

De acuerdo a las circunstancias nacionales se distinguen los CULTIVOS y los PASTIZALES. Estos últimos se definen como vegetación dominada por pastos como uso principal y se distinguen del bosque por tener una fracción de cabida cubierta menor que el usado en la definición de bosque. Se incluyen las tierras agrícolas abandonadas no reforestadas.

### SUPERFICIE ESTIMADA

Debido a los problemas existentes en la comparación entre el segundo y tercer ciclo del Inventario Forestal Nacional, sobre todo por la aplicación de diferentes metodologías, se ha cambiado el método de estimación de superficies. Las superficies del Segundo Inventario Forestal Nacional son las recogidas en los Mapas de Cultivos y Aprovechamientos del Ministerio de Agricultura, realizados varios años antes. En algunas provincias, además, se disponía de Mapas elaborados por la propia autonomía. Lo mismo ocurre con las superficies del tercer Inventario, recogidas a partir del Mapa Forestal Español (MFE50), que está siendo realizado a lo largo de diferentes años.

A su vez, y por los mismos problemas de metodología, se han incorporado a las estimaciones diferentes *Criterios de Expertos*, que han generado una mayor aproximación a los datos reales.

Todas estas consideraciones están desarrolladas con más detalle en el apartado A3.3.1 Superficies del Anexo 3.

En la tabla 7.1.2 aparecen las superficies forestales:

**Tabla 7.1.2.- Superficies forestales de España**

Superficies (ha)	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	
TOTAL	16.460.159	16.631.375	16.802.591	16.973.807	17.145.023	17.316.239	17.487.455	
FF	16.288.942	16.460.159	16.631.375	16.802.591	16.973.807	17.145.023	17.316.239	
CF	0	0	0	0	33.930	85.125	85.652	
GF	171.216	171.216	171.216	171.216	137.286	86.091	85.564	
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
TOTAL	17.658.671	17.829.888	18.001.104	18.172.320	18.343.536	18.514.752	18.685.968	18.857.184
FF	17.487.455	17.658.671	17.829.888	18.001.104	18.172.320	18.343.536	18.514.752	18.685.968
CF	80.224	92.103	52.106	50.767	32.321	22.480	22.105	0
GF	90.992	79.113	119.110	120.449	138.895	148.736	149.111	171.216

FF: Bosque que se mantiene bosque (por sus siglas en inglés)

CF: Cultivos que pasan a bosque (por sus siglas en inglés)

GF: Pastizales que pasan a bosque (por sus siglas en inglés)

## **7.2 TERRENOS FORESTALES. BOSQUES (5A)**

### **7.2.1.- Descripción de las fuentes**

En esta categoría se incluyen las emisiones o fijaciones de carbono debidos a la biomasa viva, la materia orgánica muerta y los suelos en los terrenos forestales o convertidos a forestales. Se consideran los bosques que se mantienen bosques y las tierras que pasan a ser bosque.

### **7.2.2.- Metodología**

España sigue las directrices del IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) para el cálculo de los cambios en los existencias de carbono en el sector LULUCF (*Land Use, Land Use Change and Forestry*) de los siguientes documentos:

- “*Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*” (Directrices del IPCC revisadas en 1996 para Inventarios Nacionales de Gases Efecto Invernadero), desde ahora IPCC1996.
- “*Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry, 2003*” (Guía de Buenas Prácticas para el Uso de la Tierra, el Cambio de Uso de la Tierra y la Silvicultura), desde ahora GPG2003.<sup>93</sup>

Las principales fuentes de información utilizadas son las siguientes:

- Inventario Forestal Nacional (IFN)
  - ICONA Segundo Inventario Forestal Nacional (1986-1995). Instituto Nacional de Conservación de la Naturaleza. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación
  - DGB Tercer Inventario Forestal Nacional (1997-2006). Dirección General para la Biodiversidad. Ministerio de Medio Ambiente
- Mapa de Cultivos y Aprovechamientos y Anuario Estadística Agraria del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- Mapa Forestal Español (MFE50) de la DGB
- Factores de Expansión de Biomasa, validados internacionalmente en la acción COST-E21. Centro de Investigación Ecológica y Aplicaciones Forestales (CREAF)

---

<sup>93</sup> <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpglulucf/gpglulucf.htm>

El cálculo de las emisiones de gases de efecto invernadero relacionadas con el Uso del Tierra, Cambio de la Tierra y Silvicultura (LULUCF por sus siglas en inglés) se basa en las metodologías y supuestos sugeridos por la Guía del IPCC, así como por la Guía de Buenas Prácticas del IPCC.

Se establece la misma numeración en las ecuaciones y en las tablas que las recogidas en el documento de referencia de los cálculos GPG2003.

Para convertir toneladas de carbono a GgCO<sub>2</sub> se multiplica el valor por 44/12 y 10<sup>-3</sup>, de acuerdo con la GPG2003.

En la tabla 7.2.1 siguiente se resume la metodología y factores de emisión utilizados, mientras se desarrolla una descripción más completa en cada apartado:

**Tabla 7.2.1.- Metodología y factor de emisión utilizados**

		CO <sub>2</sub>	
		Método	Factor de emisión
<b>Bosque</b>	<b>Bosque que se mantiene bosque</b>	T1, CS, D	D, CS
	Biomasa viva	T1, D, CS	D, CS
	Materia orgánica muerta	T1	-
	Suelos	T1	-
	<b>Tierras convertidas a bosque</b>	T1	D, CS

T1: Metodología de GPG2003, Nivel 1

CS: Metodología y factor de emisión propio del país

D: Metodología y factor de emisión de la GPG2003 por defecto

NIVEL (TIER en GPG2003): Nivel de precisión, sobre todo en la obtención de los datos, se puede elegir entre tres niveles cada cual más exhaustivo. En nuestro caso es el de menor exhaustividad (NIVEL 1 o TIER 1).

#### 7.2.2.1.- Bosque que se mantiene como bosque

En la Guía de Buenas Prácticas se describe la estimación de los cambios de existencias de carbono teniendo en cuenta cinco factores de absorción o sumideros diferentes: biomasa aérea, biomasa subterránea, madera muerta, residuos y materia orgánica del suelo.

Con la ecuación 3.2.1 se calcula las emisiones o fijaciones anuales de carbono producido por los bosques que se mantienen bosques:

#### **Ecuación 3.2.1.- Cambio anual de carbono en bosque que sigue siendo bosque**

$$\Delta CFF = (\Delta CFF_{LB} + \Delta CFF_{DOM} + \Delta CFF_{Soils})$$

donde,



$\Delta CFF =$  cambio anual de existencias de carbono en bosque que sigue siendo bosque.

(ton C x año<sup>-1</sup>)

$\Delta CFF_{LB} =$  cambio anual de existencias de carbono en biomasa viva (incluida la biomasa aérea y subterránea) en bosque que sigue siendo bosque.

(ton C x año<sup>-1</sup>)

$\Delta CFF_{DOM} =$  cambio anual de existencias de carbono en materia orgánica muerta (incluida madera muerta y residuos) en bosque que sigue siendo bosque.

(ton C x año<sup>-1</sup>)

$\Delta CFF_{Soils} =$  cambio anual en existencias de carbono en suelos en bosque que sigue siendo bosque.

(ton C x año<sup>-1</sup>)

Como se encuentran todavía en fase de recogida de datos referentes a los sumideros que comprenden la materia orgánica muerta y los suelos, se toman los valores que por defecto establece el GPG2003. En los casos de materia muerta y suelos este valor es de cero.

El cambio en existencias de carbono en biomasa viva se calcula utilizando el método por defecto descrito en la GPG2003, según la ecuación 3.2.2:

**Ecuación 3.2.2.- Cambio anual de existencias de carbono en biomasa viva en bosque que sigue siendo bosque**

$$\Delta CFF_{LB} = \Delta CFF_G - \Delta CFF_L$$

donde,

$\Delta CFF_G =$  incremento anual de existencias de carbono debido al crecimiento de la biomasa

(ton C x año<sup>-1</sup>)

$\Delta CFF_L =$  disminución de existencias de carbono debida a la pérdida de biomasa

(ton C x año<sup>-1</sup>)

Incremento de existencias de carbono por crecimiento de biomasa

El aumento de existencias de carbono debido al incremento de biomasa se calcula según la ecuación 3.2.4:

**Ecuación 3.2.4.- Incremento anual de existencias de carbono en biomasa viva en bosque que sigue siendo bosque**

$$\Delta CFF_G = \sum_i (A_i \cdot G_{TOTAL_i}) \cdot CF$$

donde,

$A_i$ = área de bosque que se mantiene bosque  
(ha)

$G_{TOTAL}$ = coeficiente de incremento anual de la biomasa total en unidades de materia seca  
(ton m.s. x ha<sup>-1</sup> x año<sup>-1</sup>)

$CF$ = fracción de carbono de la materia seca (por defecto es igual a 0,5)  
(ton C x ton m.s.<sup>-1</sup>)

Los datos de superficie ( $A_i$ ) se han obtenido a partir de los datos del Segundo y Tercer Inventario Forestal Nacional, de los Mapas de Cultivos y Aprovechamientos (MCA), Mapas Autonómicos y Mapas Forestales Españoles (MFE) (ver apartado A3.3.1 Superficies del Anexo 3).

La tasa del incremento medio anual de la biomasa ( $G_{TOTAL}$ ) se puede obtener de acuerdo a la ecuación 3.2.5:

**Ecuación 3.2.5.- Incremento anual de biomasa**

$$G_{TOTAL} = GW \cdot (1 + R)$$

$$GW = I_V \cdot D \cdot BEF_1$$

donde,

$GW$ =incremento anual de la biomasa aérea  
(ton m.s. x ha<sup>-1</sup> x año<sup>-1</sup>)

$R$ = factor de expansión de raíces  
(sin dimensión)

TABLA 3A.1.8

$I_v$ = incremento neto de volumen maderable

( $m^3 \times ha^{-1} \times año^{-1}$ )

3A.1.7

TABLA

$D$ = densidad básica de la madera

(ton m.s.  $\times m^{-3}$ )

TABLA 3A.1.9

$BEF_1$ = factor de expansión de biomasa para convertir el incremento neto anual de volumen maderable a biomasa aérea

(sin dimensión)

TABLA 3A.1.10

En el presente informe se utilizan una serie de factores de expansión ( $BEFD^{94}$ ) de biomasa aportados por el CREAM (Centro de Investigación Ecológica y Aplicaciones Forestales) que equivalen al producto entre  $D$  y  $BEF_1$ , según se ve en la tabla  $BEFD$  y que convierten  $m^3$  de volumen maderable (incluyendo corteza) en toneladas de materia seca de biomasa aérea.

El volumen maderable utilizado ( $I_v$ ) se extrae de la Tabla 301 de los Inventarios Forestales Nacionales de cada provincia. Esta Tabla contiene, entre otros datos, el volumen maderable con corteza (VCC) por hectárea vegetal cada estrato y especie.

De los dos inventarios utilizados se toman para cada provincia los datos de volumen por hectárea y por especie. El producto de estos volúmenes por los parámetros de expansión de biomasa  $BEFD$ , nos dará el valor anual de biomasa aérea ( $G'_w$ ).

$$G'_w = I_v \cdot BEFD$$

Aplicando el factor de expansión de raíces a este valor anual ( $R$ ), obtenemos el valor total anual de biomasa, tanto aérea como subterránea.

$$G'TOTAL = G'_w \cdot (1 + R)$$

En la TABLA 3A.1.8 de la GPG2003 se proponen una serie de valores para  $R$  y tomamos los correspondientes a los tipos de vegetación de coníferas y frondosas, de las que se calcula la media de los valores, obteniendo:

<sup>94</sup> Factores de Expansión de Biomasa ( $BEFD$ ) obtenidos por el CREAM (Centro de Investigación Ecológica y Aplicaciones Forestales). Estos valores están validados internacionalmente (COST E21). Los valores de los  $BEFs$  que no han sido calculados por el CREAM, se obtienen por medio de comparación con especies similares, o se le asigna el valor por defecto 0,8 ( $1,6 \cdot 0,5$ ), de acuerdo con la Guía del IPCC ("Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories"). (Ver Tabla  $BEF$  al final del documento).

- Bosque de coníferas.  $R = 0,337$
- Bosque de frondosas.  $R = 0,326$

A partir del resultado de  $G'_{TOTAL}$  para cada inventario y provincia, se puede calcular su valor en cada año. Para ello se calcula la diferencia entre inventarios y se divide por el número de años transcurridos entre éstos, obteniéndose una constante (el Incremento de  $G'_{TOTAL}$  anual) que habrá que sumar en cada año para tener el valor de  $G'_{TOTAL}$  del año siguiente.

En el caso de las provincias de las que no se dispone del IFN3, se obtiene la media de todos los incrementos de  $G'_{TOTAL}$  anuales de las provincias que tienen realizado el IFN3, y este valor es el que se suma a partir del dato del Segundo Inventario, para obtener el valor de  $G'_{TOTAL}$  en cada año.

A partir de estos resultados se puede obtener el valor anual de existencias de carbono en biomasa viva en bosque que sigue siendo bosque aplicando la siguiente ecuación, basada en la ecuación 3.2.4:

$$\Delta CFF_G = \sum_i (A_i \cdot G'_{TOTAL_i}) \cdot CF$$

Calculando la diferencia entre el valor en un año de las existencias de carbono en biomasa viva y el año anterior, se obtiene el incremento anual de existencias de carbono en biomasa viva.

En el apartado A.3.3.2 Carbono del Anexo 3 se puede comprobar, tomando el caso de una provincia como ejemplo, la metodología empleada en el cálculo de las existencias de carbono debidas al crecimiento de la biomasa.

#### Disminución de existencias de carbono por pérdida de biomasa

La pérdida anual de biomasa será la suma de pérdidas causadas por talas de madera comercial, biocombustibles (leñas y carbón para quemar) y otras pérdidas.

Como emisión de carbono en el sector forestal consideramos:

- la biomasa eliminada en las cortas
- el consumo de madera como combustible
- otros usos de la madera

es decir, las CORTAS DE MADERA Y LEÑAS, datos proporcionados por las estadísticas del Anuario de Estadística Agraria (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación). Los datos en su totalidad se muestran en el apartado A3.3.3 Emisiones del Anexo 3.

Los datos están expresados en m<sup>3</sup> con corteza y estéreos (madera en rollo que admite un metro cúbico).

Contabilizando la totalidad de las cortas de madera y leña de los años 1990 a 2004, se obtiene la siguiente tabla 7.2.2:

**Tabla 7.2.2.- Cortas de madera y leña en España**

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
<b>Madera</b>	15.458.903	14.847.973	14.074.081	13.596.748	15.394.018	15.573.299	14.739.303
<b>Leña destinada a usos industriales</b>	800.413	696.433	584.225	587.786	1.150.543	257.549	286.383
<b>Leña para quemar o carboneo</b>	3.380.832	3.921.016	4.115.889	3.709.337	3.415.373	4.833.186	5.044.116

	1997	1998	1999	2000	2001	2002
<b>Madera</b>	15.653.830	15.874.582	15.361.756	14.090.010	14.101.099	14.713.329
<b>Leña destinada a usos industriales</b>	192.004	296.072	468.445	187.088	74.055	121.872
<b>Leña para quemar o carboneo</b>	3.213.539	2.948.736	2.890.538	3.169.538	2.025.934	2.173.443

Fuente: Anuario MAPA 2005.

Los datos correspondientes a la *Madera y Leña destinada a usos industriales* se aplica en los cálculos de pérdidas por talas de madera comercial y la *Leña para quemar o carboneo* para las pérdidas por su uso como biocombustibles.

La *Madera* se compone de tres clases:

- *Cortas*
- *Madera delgada para trituración y madera y leña para otros usos industriales*
- *Sin clasificar y fuera de bosque*

Para los años 2003 y 2004 se estima el promedio de los últimos diez años. Es decir, para el año 2003 se utilizan los datos del periodo comprendido entre 1993 y 2002 y para el año 2004 los del periodo comprendido entre 1994 y 2003.

### **Ecuación 3.2.6.- Decrecimiento anual en existencias de carbono por perdidas de biomasa en bosques que siguen siendo bosques**

$$C_{BBP} = P_{cortas} + P_{biocombustible} + P_{otras\ causas}$$

Donde,

$C_{BBP}$ = decrecimiento anual de existencias de Carbono debido a pérdidas de biomasa en bosques que siguen siendo bosques  
(ton C x año<sup>-1</sup>)

$P_{cortas}$ = pérdidas anuales de Carbono debido a las cortas comerciales  
(ton C x año<sup>-1</sup>) ECUACIÓN 3.2.7

$P_{biocombustible}$ = pérdidas anuales de Carbono por uso como biocombustibles  
(ton C x año<sup>-1</sup>) ECUACIÓN 3.2.8

$P_{otras causas}$ = otras pérdidas anuales de Carbono  
(ton C x año<sup>-1</sup>) ECUACIÓN 3.2.9

La ecuación para estimar la pérdida de Carbono anual debido a las cortas comerciales viene dada por la ecuación 3.2.7 siguiente:

#### Emisiones por cortas

##### **Ecuación 3.2.7.- Pérdida anual de carbono debido a corta comercial**

$$P_{cortas} = H \cdot D \cdot BEF_2 \cdot (1 - f_{BP}) \cdot FC$$

Donde,

$P_{cortas}$ = pérdidas anuales de Carbono debido a las cortas comerciales  
(ton C x año<sup>-1</sup>)

H= volumen maderable con corteza extraído anualmente  
(m<sup>3</sup> x año<sup>-1</sup>)

D= densidad básica de la madera  
(ton m.s. x m<sup>-3</sup>) TABLA 3A.1.9

$BEF_2$ = factor de expansión de biomasa que convierte volúmenes de madera extraída a biomasa total aérea incluida la corteza  
(sin dimensión) TABLA 3A.1.10

$f_{BP}$ = fracción de biomasa que entra en descomposición en bosque (trasferida a la materia orgánica muerta)  
(m<sup>3</sup> x año<sup>-1</sup>) TABLA 3A.1.11

FC= fracción de Carbono en la materia seca (por defecto = 0,5)  
(ton C x ton m.s. <sup>-1</sup>)

En nuestro caso, estimamos que una porción de la madera extraída por cortas se trasfiere a las existencias de madera muerta, y damos al parámetros  $f_{BP}$  el valor que, por defecto, indica la TABLA 3A.1.11 para bosques seminaturales en regiones templadas (0,15)

Esta ecuación la aplicamos, dentro de la *Madera*, únicamente a las *Cortas*, puesto que para la *Madera delgada para trituración y madera y leña para otros usos industriales* y la *madera Sin clasificar y fuera de bosque* se estima que los datos en m<sup>3</sup> o estéreos solo debe aplicarse el factor de conversión a materia seca.

Los parámetros D y BEF<sub>2</sub> se sustituyen por los BEFD diseñados por el CREAM, que equivale a su producto y convierten m<sup>3</sup> de volumen de madera extraída a biomasa total aérea incluida corteza en toneladas de materia seca.

Al final obtenemos la tabla 7.2.3 siguiente de resultados:

**Tabla 7.2.3.- Pérdidas de carbono por corta comercial**

Pérdidas por corta comercial (ton de C)							
1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
4.253.838	4.102.229	3.882.702	3.768.720	4.371.049	4.225.584	3.981.852	4.194.668
1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	
4.347.628	4.255.225	3.852.446	3.870.516	4.077.419	4.094.511	4.127.090	

Los cálculos están presentes en el apartado A3.3.3 Emisiones del Anexo 3.

#### Emisiones por uso de biocombustibles

El Carbono perdido por biocombustión se estima mediante la ecuación 3.2.8

#### **Ecuación 3.2.8.- Pérdida anual de carbono debido a biocombustibles**

$$P_{\text{biocombustible}} = B \cdot D \cdot \text{BEF}_2 \cdot \text{FC}$$

Donde,

$P_{\text{biocombustible}}$  = pérdidas anuales de Carbono por uso como biocombustibles  
(ton C x año<sup>-1</sup>)

B= volumen anual de biocombustibles  
( $\text{m}^3 \times \text{año}^{-1}$ )

D= densidad básica de la madera  
( $\text{ton m.s.} \times \text{m}^{-3}$ )

TABLA 3A.1.9

BEF<sub>2</sub>= factor de expansión de biomasa que convierte volúmenes de madera extraída a biomasa total aérea incluida la corteza  
(sin dimensión)

TABLA 3A.1.10

FC= fracción de Carbono en la materia seca (por defecto = 0,5)  
( $\text{ton C} \times \text{ton m.s.}^{-1}$ )

Al igual que para el caso anterior, y como disponemos ya de los datos en  $\text{m}^3$  de las pérdidas debidas a *leña para quemar o carboneo*, no hace falta más que aplicar los factores de conversión a materia seca y a carbono (ver apartado A.3.3.3 Emisiones del Anexo 3)

La tabla de resultados será la siguiente:

**Tabla 7.2.4.- Pérdidas de carbono por corta comercial**

Pérdidas por biocombustibles (ton de C)							
1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
845.208	980.254	1.028.972	927.334	853.843	1.208.297	1.261.029	803.385
1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	
737.184	722.635	792.385	506.484	543.361	835.594	826.419	

### Emisiones por otras causas

Debido a que tras un incendio forestal no hay cambio de uso del terreno, en el cálculo realizado para este periodo no se consideran las pérdidas por dicha perturbación.

No obstante, para futuros ajustes se está evaluando la posibilidad de incluir el efecto de los incendios forestales.

Esto mismo ocurre con otro tipo de perturbaciones como las plagas o tormentas, que pueden suponer pérdida de biomasa pero no implican un cambio de uso del terreno.



### Emisiones totales

Por lo tanto, el decrecimiento anual de existencias de Carbono debido a pérdidas de biomasa en bosques que siguen siendo bosques es igual a la suma de los dos factores calculados anteriormente:

$$C_{BBP} = P_{cortas} + P_{biocombustible} + P_{otras\ causas}$$

Los resultados se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 7.2.5.- Emisiones totales de carbono, en toneladas**

Emisiones de Carbono (ton de C)							
1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
5.099.046	5.082.483	4.911.674	4.696.055	5.224.892	5.433.881	5.242.881	4.998.053
1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	
5.084.812	4.977.860	4.644.831	4.377.000	4.620.780	4.930.104	4.953.509	

### Variación en las existencias de carbono en materia orgánica muerta

En la GPG2003 se consideran dos tipos de variación de carbono en materia orgánica muerta:

- madera muerta
- residuos

Bajo el Nivel 1 (Tier 1), no es necesaria la estimación de estos valores, ya que se considera que permanecen constantes a lo largo del tiempo. Por el momento, se está evaluando la posibilidad de considerarlos en inventarios futuros.

### Variación en las existencias de carbono en suelos

Bajo esta categoría se engloban dos subgrupos diferentes:

- la fracción orgánica de los suelos forestales minerales
- los suelos orgánicos.

Las emisiones o capturas de CO<sub>2</sub> por parte del suelo se asocian a los cambios en las existencias de carbono orgánico en el suelo. Estos cambios son resultado del balance entre las ganancias de carbono fotosintéticamente fijado y las pérdidas por descomposición. En general, esta dinámica del carbono del suelo forestal se debe a cambios del tipo de bosque o de la intensidad de gestión.

Bajo la hipótesis del Nivel 1, se asume que cuando el bosque se mantiene bosque, las existencias de carbono en suelos minerales permanece constante si no hay grandes cambios en el manejo forestal, tipo de bosque, o perturbaciones debidas a otras causas, aproximación que se asume en España. Otras causas, como son los incendios forestales, que pueden alterar las existencias de carbono en el suelo, no se consideran por el momento, y se está estudiando la posibilidad de incluirlo en futuros inventarios.

De la misma manera, los cambios en las existencias de carbono en suelos orgánicos se asocian al drenaje y a perturbaciones debidas a la gestión o manejo, y no han sido considerados en este inventario.

#### 7.2.2.2.- Tierras que pasan a ser bosque

Las tierras gestionadas se convierten en bosques tanto por regeneración natural como artificial (incluidas plantaciones). Estas actividades están recogidas en las categorías 5A, 5C y 5D del IPCC.

#### **Ecuación 3.2.21.- Cambio anual en existencias de carbono en tierras convertidas a bosque**

$$\Delta C_{LF} = \Delta C_{LF\ bv} + \Delta C_{LF\ mom} + \Delta C_{LF\ s}$$

Donde,

$\Delta C_{LF}$  = cambio anual en existencias de carbono en tierras convertidas a bosques

(ton C x año<sup>-1</sup>)

$\Delta C_{LF\ bv}$  = cambio anual en existencias de carbono en biomasa viva de tierras convertidas a bosques

(ton C x año<sup>-1</sup>)

3.2.22

ECUACION

$\Delta C_{LF\ mom}$  = cambio anual en existencias de carbono en materia orgánica muerta de tierras convertidas a bosques

(ton C x año<sup>-1</sup>)

$\Delta C_{LF\ s}$  = cambio anual en existencias de carbono en suelos de tierras convertidas a bosques

(ton C x año<sup>-1</sup>)

### Cambios en las existencias de carbono en la biomasa viva

Los cambios anuales en existencias de carbono en la biomasa viva se estiman distinguiendo la regeneración artificial y natural con el uso de la siguiente ecuación:

#### **Ecuación 3.2.22.- Cambio anual en existencias de carbono por biomasa viva en tierras convertidas a bosques**

$$\Delta C_{LF\ bv} = \Delta C_{LF\ crec} - \Delta C_{LF\ perd}$$

Donde,

$C_{LF\ crec}$  = incremento anual en existencias de carbono en biomasa viva debido al crecimiento en tierras convertidas a bosque  
(ton C x año<sup>-1</sup>)

$C_{LF\ perd}$  = decrecimiento anual en existencias de carbono en biomasa viva debido a pérdidas por cortas, biocombustibles o perturbaciones en tierras convertidas a bosque  
(ton C x año<sup>-1</sup>)

No se establecen pérdidas de biomasa debido a cortas, biocombustibles o perturbaciones en las tierras que pasan a ser bosque, por lo que solo nos centraremos en la primera parte de la ecuación.

#### **Ecuación 3.2.23.- Incremento anual en existencias de carbono en biomasa viva debido al crecimiento en tierras convertidas a bosque**

$$\Delta C_{LF\ crec} = [\sum_k A_{INTk} \cdot G_{TOTALINTk} + \sum_m A_{EXTm} \cdot G_{TOTALEXTm}] \cdot CF$$

$\sum_k A_{INTk}$  = área de tierra convertida a bosque de manejo intensivo bajo la condición  $k$  (incluidas plantaciones)  
(ha)

$G_{TOTALINTk}$  = coeficiente de crecimiento anual de biomasa en bosques con manejo intensivo bajo la condición  $k$  (incluidas plantaciones)  
(ton m.s. x ha<sup>-1</sup> x año<sup>-1</sup>)

$\sum_m A_{EXTm}$  = área de tierra convertida a bosque de manejo extensivo bajo la condición  $m$  (incluidas regeneraciones naturales)  
(ha)

$G_{TOTAL\ EXT\ m}$  = coeficiente de crecimiento anual de biomasa en bosques con manejo extensivo bajo la condición  $m$  (incluidas regeneraciones naturales)  
(ton m.s. x ha<sup>-1</sup> x año<sup>-1</sup>)

$k, m$  = representan las diferentes condiciones en las cuales crecen los bosques con manejo intensivo o extensivo, respectivamente.

CF = fracción del carbono en la materia seca (por defecto = 0,5)  
(Ton m.s.<sup>-1</sup>)

Del manejo del bosque dependerá la obtención de los datos de partida:

- en el caso de manejo intensivo, las zonas elegidas serán las correspondientes a las tierras agrarias reforestadas, ya que estas áreas se regeneran de forma artificial.
- en el caso de manejo extensivo, las zonas se obtendrán restando el área total obtenida por comparación de los inventarios nacionales menos el área correspondiente a las tierras agrarias reforestadas, ya que suponemos que es el área forestal que no cumplía las condiciones de bosque y que, por el aumento de la masa y de la Fracción de Cobertura (>10%), pasa a serlo.

El incremento anual en la biomasa en bosques con manejo tanto intensivo ( $G_{TOTAL\ INT\ k}$ ) como extensivo ( $G_{TOTAL\ EXT\ m}$ ) se calcula de acuerdo a la ECUACIÓN 3.2.5, utilizada en los cálculos en bosques que siguen siendo bosques.

#### Elección de los factores de emisión/absorción (3.2.2.1.1.2 GPG2003).

#### Incremento de carbono en la biomasa viva, $\Delta C_{LF\ crec}$

Los cálculos distinguen entre las dos prácticas de manejo:

- intensivo, por ejemplo plantaciones con preparación intensiva de la zona y con procesos de fertilización;
- y extensivo, por ejemplo el regenerado forestal natural con un mínimo de intervención humana.

Estas categorías también pueden redefinirse de acuerdo a circunstancias nacionales, como pueden ser el origen de la regeneración:

- Regeneración artificial: A efectos de cálculo en nuestro país, se considera regeneración artificial la conversión a bosque de tierras previamente ocupadas por CULTIVOS (CROPLAND en GPG2003) y en donde se ha efectuado una reforestación intensa.

- Regeneración natural: A efectos de cálculo en nuestro país, se considera regeneración natural la conversión a bosque de tierras que cumplen con la definición de PASTIZAL (GRASSLAND en GPG2003), es decir, sobre todo vegetación dominada por pastos como uso principal y se distinguen del bosque por tener una fracción de cabida cubierta menor que el usado en la definición de bosque. Se incluyen las tierras agrícolas abandonadas no reforestadas.

Las Directrices del IPCC proveen de una metodología por defecto solo para el cálculo de la biomasa aérea. EL GPG2003 suministra las “buenas prácticas” para obtener una estimación de la biomasa viva como la suma de los sumideros de biomasa aérea y subterránea (para descripciones de sumideros referidos en la introducción de la Sección 3.1). Las TABLAS 3A.1.5 y TABLAS 3A.1.6 en el ANEXO 3A.1 de la GPG2003 presentan valores por defecto del incremento medio anual en la biomasa aérea para bosques manejados tanto intensiva como extensivamente (entendidos como plantaciones y bosques regenerados de forma natural). Los coeficientes de biomasa subterránea sobre biomasa aérea (coeficiente raíces) en la TABLAS 3A.1.8 deberían usarse para contabilizar la biomasa subterránea en la estimación de la biomasa viva. La densidad básica de la madera (TABLAS 3A.1.9) y el factor de expansión de biomasa (TABLAS 3A.1.10) permiten el cálculo de biomasa como se estipula en la Sección 3.2.1 sobre Bosque que sigue siendo Bosque (punto 7.2.2.1 de este documento).

Como los datos corresponden al total nacional, no habrá más que una condición k por lo que desde ahora se elimina de la ecuación, así como el símbolo del sumatorio  $\sum$ .

### Manejo intensivo

$A_{INT}$ =área de tierra convertida a bosque de manejo intensivo bajo la condición k  
(incluidas plantaciones)  
(ha)

$G_{TOTAL INT}$ = coeficiente de crecimiento anual de biomasa en bosques con manejo intensivo bajo la condición k (incluidas plantaciones)  
(ton m.s. x ha<sup>-1</sup> x año<sup>-1</sup>)

El área se obtendrá a partir de los datos de reforestación de tierras agrarias aportados por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación distinguiendo entre las especies de crecimiento rápido y el resto de las especies utilizadas en la reforestación, aplicando a éstas últimas el coeficiente de crecimiento anual de biomasa en bosques con manejo extensivo.

**Tabla 7.2.6.- Superficie de reforestación de tierras agrarias**

	Reforestación de tierras agrarias (ha)							
	1.990	1.991	1.992	1.993	1.994	1.995	1.996	1.997
Superficie total	0	0	0	0	33.930	85.125	85.652	80.224
Especies de crecimiento rápido	0	0	0	0	4.862	12.197	12.273	11.495
Resto de especies	0	0	0	0	29.068	72.928	73.379	68.729

	1.998	1.999	2.000	2.001	2.002	2.003	2.004
Superficie total	92.103	52.106	50.767	32.321	22.480	22.105	0
Especies crecimiento rápido	13.197	7.466	180	562	821	3.167	0
Resto de especies	78.906	44.640	50.587	31.759	21.659	18.938	0

Fuente: Reforestación de Tierras Agrarias, MAPA.

La biomasa de los bosques bajo estas condiciones de manejo se estimará a partir de la ECUACIÓN 3.2.5.

$$G_{\text{TOTAL INT}_k} = G_W \cdot (1 + R)$$

$$G_W = I_V \cdot D \cdot \text{BEF}_1$$

Donde,

$G_W$ = Incremento medio anual de biomasa aérea

(ton m.s. x ha<sup>-1</sup> x año<sup>-1</sup>)

TABLA 3A.1.5

TABLA 3A.1.6

$R$ = coeficiente de expansión de biomasa por raíces

(sin dimensión)

TABLA 3A.1.8

$I_V$ = media anual del incremento neto en el volumen comercial

(m<sup>3</sup> x ha<sup>-1</sup> x año<sup>-1</sup>)

TABLA 3A.1.7

$D$ = densidad básica de la madera

(ton m.s. x ha<sup>-1</sup> x año<sup>-1</sup>)

TABLA 3A.1.9

$\text{BEF}_1$ = factor de expansión de la biomasa para conversión del incremento neto anual (incluida corteza) al incremento de biomasa aérea del árbol

(sin dimensión)

TABLA 3A.1.10

La TABLA 3A.1.6, incremento medio anual de biomasa aérea en plantaciones, no provee de valores para bosques de clima templado, por lo que acudimos a la TABLA 3A.1.7, incremento neto de media anual de biomasa aérea en plantaciones por especie.

#### TABLA 3A.1.7 MEDIA ANUAL EN BIOMASA AEREA DEL INCREMENTO NETO DEL VOLUMEN EN PLANTACIONES

Esta última tabla nos da los valores en m<sup>3</sup> por hectárea y año del crecimiento medio de la especie seleccionada en la plantación, de los que extraemos en frondosas, el *Eucaliptus globulus* y el *Eucaliptus camadulensis* con una media de 25 y 22,5 m<sup>3</sup> por hectárea y año, respectivamente; y por parte de las coníferas el *Pinus radiata*, con una media de 23,5 m<sup>3</sup> por hectárea y año (crecimiento que suponemos a todas las especies de crecimiento rápido). La media de estos crecimientos es de 23,6 m<sup>3</sup> (I<sub>V</sub>) por hectárea y año, que aplicaremos como valor general de crecimiento de todas las especies utilizadas en el manejo intensivo.

Con respecto a las especies de crecimiento lento utilizadas en la reforestación, equiparamos su crecimiento al correspondiente al manejo extensivo, desarrollado más adelante.

Al desconocer todas las especies de crecimiento rápido utilizadas para la reforestación no consideramos el factor de expansión de biomasa BEF<sub>1</sub>, por lo que directamente multiplicamos el valor I<sub>V</sub> por D (por defecto 0,5) para obtener las toneladas de materia seca por hectárea y año debidas al manejo intensivo o artificial.

$$G_W = I_V \cdot D \cdot BEF_1 = I_V \cdot D = 23,6 \cdot 0,5 = 11,8 \text{ ton m.s.} \times \text{ha}^{-1} \times \text{año}^{-1}$$

Por la misma razón, no consideramos el coeficiente R.

$$G \text{ TOTAL INTk} = G_W \cdot (1 + R) = G_W = 11,8 \text{ ton m.s.} \times \text{ha}^{-1} \times \text{año}^{-1}$$

Por tanto, el coeficiente de crecimiento anual de biomasa en bosques con manejo intensivo (incluidas plantaciones) será de 11,8 toneladas de materia seca por hectárea y año.

El cálculo final será:

$$A_{\text{INT}} \cdot G_{\text{TOTAL INT}}$$

Aplicado a las superficies de la tabla 7.2.6, obtenemos:

**Tabla 7.2.7.- Toneladas de materia seca debidas al paso de cultivo a bosque**

	cultivos a bosque (Ton m.s)							
	1.990	1.991	1.992	1.993	1.994	1.995	1.996	1.997
Especies de crecimiento rápido	0	0	0	0	57.372	143.925	144.821	135.641
Resto de especies	0	0	0	0	101.738	255.248	256.827	240.552
	0	0	0	0	159.110	399.173	401.648	376.193

	1.998	1.999	2.000	2.001	2.002	2.003	2.004
Especies de crecimiento rápido	155.725	88.099	2.124	6.632	9.688	37.371	0
Resto de especies	276.171	156.240	177.055	111.157	75.807	66.283	0
	431.896	244.339	179.179	117.788	85.494	103.654	0

**Manejo extensivo**

$A_{EXT}$ = área de tierra convertida a bosque de manejo extensivo (incluidas regeneraciones naturales)

(ha)

$G_{TOTAL\ EXT}$ = coeficiente de crecimiento anual de biomasa en bosques con manejo extensivo (incluidas regeneraciones naturales)

(ton m.s. x ha<sup>-1</sup> x año<sup>-1</sup>)

La superficie de pastizal se obtiene a partir de eliminar al total de área forestal (ver Apartado A3.3.1 Superficies del Anexo 3), la superficie de *bosque que sigue siendo bosque* y los *cultivos que pasan a ser bosque*.

**Tabla 7.2.8.- Superficie de pastizal que pasa a ser bosque**

Pastizal que pasa a ser bosque (ha)							
1.990	1.991	1.992	1.993	1.994	1.995	1.996	1.997
171.216	171.216	171.216	171.216	137.286	86.091	85.564	90.992

1.998	1.999	2.000	2.001	2.002	2.003	2.004
79.113	119.110	120.449	138.895	148.736	149.111	171.216

La biomasa de los bosques bajo estas condiciones de manejo se estima a partir de la ECUACIÓN 3.2.5.

$$G_{TOTAL\ EXT} = G_W \cdot (1 + R)$$

Donde,



$G_W$  = Incremento medio anual de biomasa aérea

(ton m.s. x ha<sup>-1</sup> x año<sup>-1</sup>)

TABLA 3A.1.5

TABLA 3A.1.6

R = coeficiente de expansión de biomasa por raíces

(sin dimensión)

TABLA 3A.1.8

#### TABLA 3A.1.5 INCREMENTO MEDIO ANUAL EN BIOMASA AÉREA POR REGENERACIÓN NATURAL

En esta tabla se dan valores para  $G_W$  sin necesidad reutilizar los parámetros  $I_v$  ni D.

Se calcula el valor medio entre coníferas (3,0) y frondosas (4,0) menores de 20 años

Media = 3,5 toneladas de materia seca por hectárea y año

Al igual que en el caso anterior y desconocer las especies de regeneración natural, no consideramos el coeficiente R hasta tener más información.

$$G_{\text{TOTAL EXT}} = G_W \cdot (1 + R) = 3,5 \text{ ton m.s. x ha}^{-1} \text{ x año}^{-1}$$

Por tanto, el coeficiente de crecimiento anual de biomasa en bosques con manejo extensivo (incluidas regeneraciones naturales) será de 3,5 toneladas de materia seca por hectárea y año.

El cálculo final es:

$$A_{\text{EXT}} \cdot G_{\text{TOTAL EXT}}$$

Aplicado a las superficies de la tabla 7.2.9, obtenemos:

**Tabla 7.2.9.- Toneladas de materia seca del pastizal que pasa a ser bosque**

pastizal a bosque (Ton de m.s)							
1.990	1.991	1.992	1.993	1.994	1.995	1.996	1.997
599.256	599.256	599.256	599.256	480.501	301.319	299.474	318.472

1.998	1.999	2.000	2.001	2.002	2.003	2.004
276.896	416.885	421.572	486.133	520.576	521.889	599.256

### Incremento anual en existencias de carbono en biomasa viva debido al crecimiento en tierras convertidas a bosque

$$\Delta C_{LF \text{ crec}} = [A_{INT} \cdot G_{TOTAL \text{ INT}} + A_{EXT} \cdot G_{TOTAL \text{ EXT}}] \cdot CF$$

Aplicando el valor de CF igual a 0,5 a los valores de las tablas 7.2.7 y 7.2.9, obtenemos:

**Tabla 7.2.10.- Toneladas de carbono en tierras que pasan a ser bosque**

	1.990	1.991	1.992	1.993	1.994	1.995	1.996	1.997
<b>cultivos a bosque</b>	0	0	0	0	79.555	199.586	200.824	188.096
<b>pastizal a bosque</b>	299.628	299.628	299.628	299.628	240.251	150.659	149.737	159.236
	<b>299.628</b>	<b>299.628</b>	<b>299.628</b>	<b>299.628</b>	<b>319.806</b>	<b>350.246</b>	<b>350.561</b>	<b>347.332</b>

	1.998	1.999	2.000	2.001	2.002	2.003	2.004
<b>cultivos a bosque</b>	215.948	122.169	89.589	58.894	42.747	51.827	0
<b>pastizal a bosque</b>	138.448	208.443	210.786	243.066	260.288	260.944	299.628
	<b>354.396</b>	<b>330.612</b>	<b>300.375</b>	<b>301.961</b>	<b>303.035</b>	<b>312.771</b>	<b>299.628</b>

### Cambio anual en existencias de carbono por biomasa viva en tierras convertidas a bosques

$$\Delta C_{LF \text{ bv}} = \Delta C_{LF \text{ crec}} - \Delta C_{LF \text{ perd}}$$

No asumimos pérdidas de biomasa en estas zonas.

### Cambio anual en existencias de carbono en tierras convertidas a bosque

$$\Delta C_{LF} = \Delta C_{LF \text{ bv}} + \Delta C_{LF \text{ mom}} + \Delta C_{LF \text{ s}}$$

Están en estudio las aportaciones de la materia orgánica muerta y del suelo.

Por tanto, los resultados finales son los aportados por la tabla 7.2.10.

### Tabla 7.2.11.- Factores de expansión de biomasa (bef-d)

FACTORES DE EXPANSIÓN DE BIOMASA ("BEFD, Biomass Expansion Factor")

valores CREAM
valores obtenidos por comparación con otras especies
valores guía de buenas prácticas (1,6*0,5=0,8)

ESPECIES FRONDOSAS	BEFD	SP DE COMPARACIÓN
Acacia spp.	0,80	
Acer spp.	0,90	Ulmus
Alnus glutinosa	0,62	
Árboles fuera de monte (ribera arb.)	0,62	Alnus
Arboles ripícolas	0,62	Alnus
Arbutus unedo	0,80	
Betula spp.	0,73	
Castanea sativa	0,75	
Ceratonía siliqua	1,28	Q ilex
Corylus avellana	0,80	
Crataegus spp.	0,80	
Erica spp.	0,80	
Eucalyptus spp.	0,81	
Fagus sylvatica	0,81	
Fraxinus spp.	0,83	
Ilex spp.	0,80	
Laurus azorica	0,80	
Mezcla de árboles de ribera	0,62	Alnus
Mezcla de pequeñas frondosas	0,80	
Myrica faya	0,80	
Olea europaea	1,28	Q ilex
Otras especies	0,80	
Otras frondosas	0,80	
Otras laurisilvas	0,80	
Persea indica	0,80	
Phillyrea latifolia	0,80	
Phoenix canariensis	0,80	
Platanus spp.	0,90	Ulmus
Populus sp.	0,62	Alnus
Prunus spp.	0,80	
Quercus canariensis	1,00	
Quercus faginea	1,11	
Quercus ilex	1,28	
Quercus petraea	0,84	
Quercus pubescens (Q. humilis)	0,89	
Quercus pyrenaica	1,11	Q faginea
Quercus robur	0,84	Q petraea
Quercus rubra	0,80	
Quercus suber	1,28	Q ilex
Robinia pseudacacia. Sophora japonica	0,80	
Robinia pseudacacia. Sophora japonica. Gleditsia triacanthos.	0,80	
Salix spp.	0,80	
Sorbus spp.	0,80	
Tilia spp.	0,90	Ulmus
Ulmus spp.	0,90	

ESPECIES CONÍFERAS	BEFD	SP DE COMPARACIÓN
Abies alba	0,61	
Abies pinsapo	0,61	Abies alba
Cedrus sp.	0,55	P pinaster
Chamaecyparis lawsoniana	0,44	P radiata
Coníferas autóctonas	0,44	P radiata
Coníferas, excepto pinos y abetos	0,64	P nigra
Cupressus sp.	0,55	P pinaster
Juniperus spp.	0,80	
Larix spp.	0,64	P nigra
Otras coníferas	0,64	P nigra
Otros pinos	0,64	P nigra
Picea abies	0,44	P radiata
Pinus canariensis	0,55	P pinaster
Pinus halepensis	0,74	
Pinus nigra	0,64	
Pinus pinaster	0,55	
Pinus pinea	0,73	
Pinus radiata	0,44	
Pinus sylvestris	0,62	
Pinus uncinata	0,61	
Pseudotsuga menziesii	0,44	P radiata
Sabinas/enebrales	0,80	

#### FUENTES:

Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories  
 Inventario Forestal Nacional (DGB; Ministerio de Medio Ambiente)  
 Centro de Centro de Investigación Ecológica y Aplicaciones Forestales (CREAF)  
 Elaboración del SPCAN según datos IFN

### **7.2.3.- Incertidumbres y coherencia de series temporales**

Se toma como incertidumbre el error estimado en el Inventario Forestal Nacional, que es menor del 10%.

### **7.2.4.- GC/CC y verificación específica de la serie temporal**

En la actualidad está en proceso de estudio la inclusión en futuros inventarios del control de calidad y garantía y la verificación de la serie temporal.

### **7.2.5.- Nuevos Cálculos**

Los resultados de este informe no coinciden con los anteriores presentados, debido a la actualización de datos del Tercer Inventario Forestal Nacional y a los cambios de Metodología explicados a lo largo del documento, que se basan en los propuestos en la GPG2003.

En anteriores informes se ha utilizado el *Volumen maderable con corteza* total por especie y por provincia (tabla 201 de los IFN), siendo ahora sustituido por los valores del *Volumen maderable con corteza* por hectárea, especie y provincia (tabla 301 de los IFN). Esto se debe a que los datos de la tabla 201 han sido obtenidos utilizando las superficies del Segundo y Tercer Inventario Forestal Nacional asignados a las fechas de realización de éstos. Sin embargo, con la nueva metodología, estas superficies han sido referidas a las fechas de los Mapas correspondientes (MCA, Mapas autonómicos y MFE50). Por tanto, es preferible tomar los datos de volúmenes por hectárea, y aplicar a éstos la nueva superficie estimada (ver Apartado A3.3.1 Superficies del Anexo 3).

### **7.2.6. Mejoras planificadas**

Por el momento se está estudiando la posibilidad de incluir en futuros Inventarios los cálculos correspondientes a otros factores que influyen en la emisión o fijación de gases de efecto invernadero, como son el suelo o los incendios.

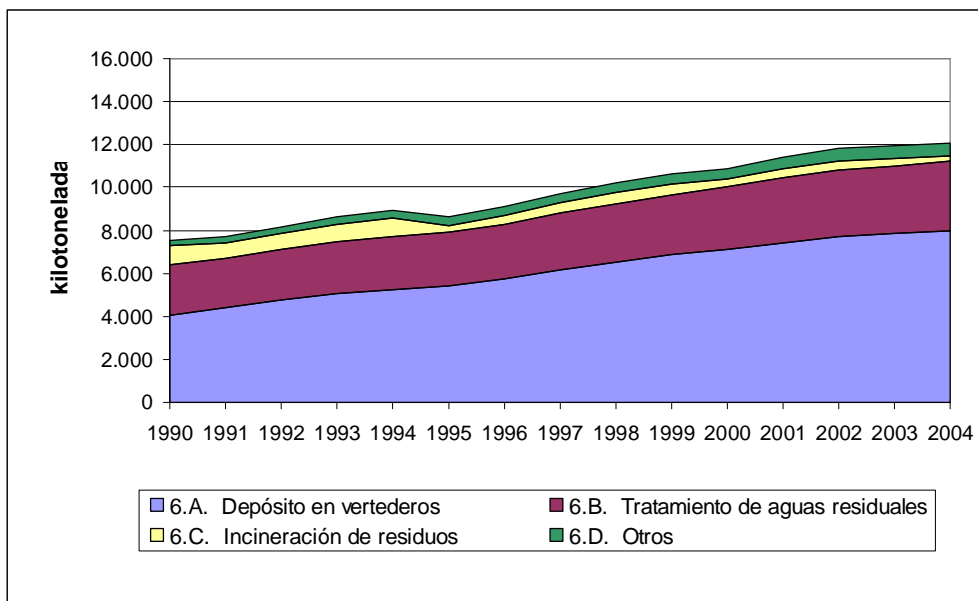
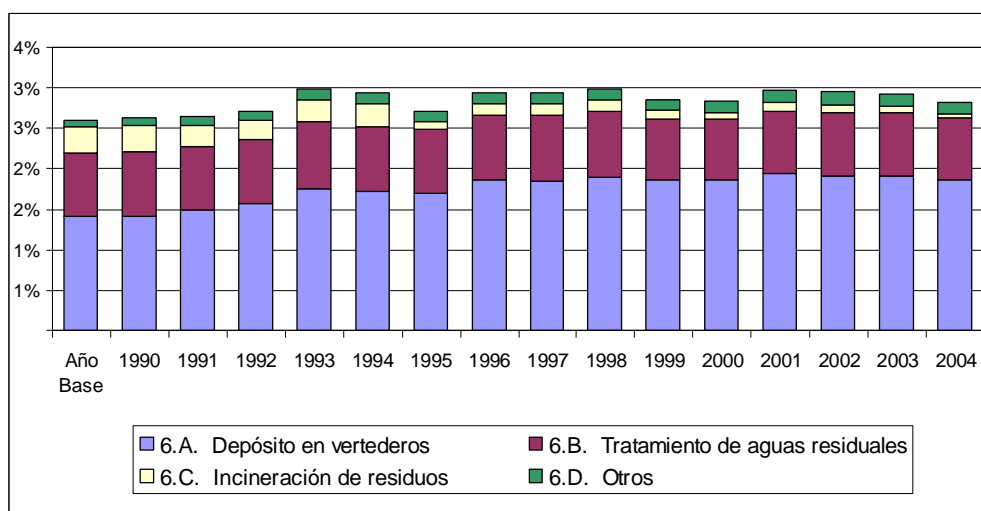
## **8.- RESIDUOS**

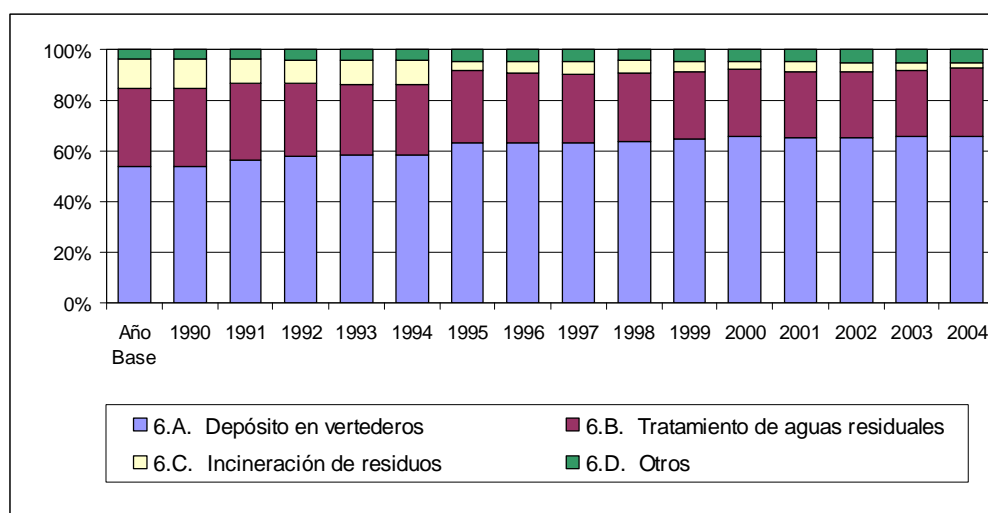
### **8.1 PANORÁMICA DEL SECTOR.**

Las emisiones correspondientes al tratamiento y eliminación de residuos se han estimado en el año 2004 en 12.099 gigagramos (Gg) de CO<sub>2</sub> equivalente (CO<sub>2</sub>-eq), cifra que representa el 3,04% de las emisiones de CO<sub>2</sub>-eq del conjunto del inventario en dicho año; contribución relativa que ha aumentado respecto a su homóloga del año 1990, en que tal porcentaje fue del 2,86%. El principal contaminante emitido en este sector es el metano que representa, en 2004 el 29,8% del total de las emisiones de este gas en el inventario, y en segundo lugar, ya a gran distancia, el óxido nitroso, para el que la contribución del sector residuos sobre el total del inventario ha sido, en 2004, del 3,95%. En la tabla 8.1.1 se muestran en términos de CO<sub>2</sub>-eq las emisiones por categorías componentes según la nomenclatura de IPCC, representándose en las figuras 8.1.1, 8.1.2 y 8.1.3 respectivamente la evolución de sus valores absolutos, de su contribución a las emisiones totales del inventario, y la contribución relativa de cada una de las cuatro categorías respecto a las emisiones del sector residuos a lo largo del periodo 1990-2004.

**Tabla 8.1.1.- Emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente**  
(cifras en Gg)

	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
6.A Depósito en vertederos	4.066	5.421	7.137	7.453	7.713	7.820	7.972
6.B Tratamiento de aguas residuales	2.313	2.492	2.903	2.985	3.106	3.169	3.269
6.C Incineración de residuos	917	286	336	432	433	336	234
6.D Otros	254	405	520	543	601	616	625
<b>Residuos</b>	<b>7.549</b>	<b>8.604</b>	<b>10.896</b>	<b>11.414</b>	<b>11.853</b>	<b>11.942</b>	<b>12.099</b>

**Figura 8.1.1.- Evolución de las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente****Figura 8.1.2.- Porcentaje de las emisiones de CO<sub>2</sub>-eq por categoría respecto al total del inventario**

**Figura 8.1.3.- Porcentaje de las emisiones de CO<sub>2</sub>-eq por categoría respecto al total del sector**

El análisis de las emisiones para el periodo 1990-2004 ha permitido la identificación de las siguientes fuentes clave:

- Depósito de RSU en vertederos por su nivel de emisión de CH<sub>4</sub> y por su tendencia para todo el periodo 1990-2004.
- Tratamiento de aguas residuales por su nivel de emisión de CH<sub>4</sub> para los periodos 1993-1999 y 2001-2004.
- Incineración de residuos por su tendencia en las emisiones de CO<sub>2</sub> en los periodos 1991-1992 y 1995-2004.

Como síntesis de lo anterior se ilustra en la tabla 8.1.2 siguiente las categorías clave de este sector, la contribución de las emisiones al nivel y a la tendencia, así como los valores absolutos en términos de CO<sub>2</sub>-eq referidos todos ellos al año 2004.

**Tabla 8.1.2.- Fuentes clave: contribución al nivel y a la tendencia**

Actividad IPCC		Gas	CO <sub>2</sub> -eq (Gg) (2004)	Contribución Nivel (2004)			Contribución Tendencia (2004)		
Código	Descripción			%	F.Clave	Orden	%	F.Clave	Orden
6A	Depósito en vertederos	CH <sub>4</sub>	7.953	1,86	SÍ	14	1,34	SÍ	16
6B	Tratamiento de aguas residuales	CH <sub>4</sub>	2.075	0,48	SÍ	24	0,14	NO	39
6C	Incineración de residuos	CO <sub>2</sub>	76	0,02	NO	51	0,59	SÍ	23

Orden: Número de orden de la categoría en la relación de fuentes clave (ordenada según contribución al nivel o a la tendencia).

## 8.2 DEPÓSITO EN VERTEDEROS - CH<sub>4</sub> (6A)

### 8.2.1 Descripción de la actividad emisora

El depósito de residuos sólidos urbanos (RSU) en vertederos constituye el principal sistema de tratamiento de estos residuos en España con un porcentaje, en 2004, del 57% sobre el total de RSU generados. La cantidad de toneladas de RSU depositadas en vertederos en el año 2004 (13.920.279) es ligeramente menor respecto al año 2003 (14.060.894) a pesar del aumento de la generación nacional de residuos urbanos en el año 2004. Ello es debido al crecimiento de los sistemas de tratamientos alternativos de los residuos tales como el reciclaje, el compostaje y la incineración, si bien el depósito en vertederos sigue siendo el sistema de eliminación mayoritario (véase la tabla 8.2.1).

**Tabla 8.2.1.- Sistemas de tratamiento de RSU**  
(cifras en %)

Año	Recogida Selectiva	Compostaje	Incineración	Vertedero Controlado	Vertedero Incontrolado
1990	0,00	19,79	4,68	50,16	25,37
1991	0,00	14,48	4,85	50,05	30,62
1992	0,00	9,92	4,39	54,51	31,18
1993	0,00	10,31	4,20	56,03	29,46
1994	0,00	11,72	4,14	60,23	23,91
1995	0,00	13,33	4,43	65,44	16,80
1996	2,71	14,43	4,25	67,94	10,66
1997	3,02	16,19	5,44	59,93	15,42
1998	3,83	15,70	5,69	61,43	13,35
1999	4,32	16,37	5,14	62,51	11,66
2000	5,09	19,62	5,06	63,56	6,67
2001	5,56	21,19	5,04	61,68	6,52
2002	6,91	24,91	5,45	59,54	3,19
2003	7,77	25,97	5,76	56,90	3,60
2004	8,83	28,13	5,93	54,21	2,89

El principal gas emitido y el que confiere a esta categoría su naturaleza de fuente clave es el metano. En los vertederos se distingue en cuanto a su gestión entre controlados y no-controlados.

#### a) Vertederos Controlados.

En el caso de los controlados puede haber adicionalmente tratamiento para la captura y valorización energética del biogás producido. En este sentido, se han identificado 19 vertederos que durante el periodo 1990-2004 han aplicado algún sistema de combustión al biogás captado, ya sea para su eliminación (combustión en antorchas) como para su valorización energética (combustión en calderas, turbinas o



motores). Estos vertederos son de gran dimensión y para la recogida de información se ha administrado cuestionario individualizado a cada uno de ellos.

Los tipos de residuos cuya información se solicita en el cuestionario se clasifican en 4 clases: residuos domiciliarios, residuos procedentes de rechazos de compostaje, residuos (lodos) procedentes de estaciones depuradoras de aguas residuales urbanas y otros residuos no clasificados en las categorías anteriores (residuos de demolición, cenizas, etc.). El grado de respuesta a las preguntas del cuestionario a aquellos vertederos ha sido elevado pero no exhaustivo. Es por ello que para determinadas variables de actividad han debido aplicarse técnicas de inferencia para completar la serie de datos necesaria para la estimación de las emisiones. En concreto se ha tenido que extrapolar hacia el pasado en determinados casos, las series de toneladas de RSU depositadas cuando la información recibida no cubría los años iniciales de actividad del vertedero.

En general, los procesos de degradación en vertedero de los RSU tienen un periodo de maduración muy variable, dependiente tanto de la composición de los residuos como de las condiciones del vertedero. La extensión en el tiempo es teóricamente indefinida, si bien el periodo significativo de emisiones puede acotarse a unos 35 años. Este hecho lleva a que de cara al cálculo de las emisiones, las cantidades de RSU a considerar sean las depositadas desde 1970.

En el periodo 1970 a 1990 el cálculo de los residuos depositados en los vertederos controlados sin captación de biogás y en los vertederos incontrolados se ha realizado multiplicando el coeficiente de generación de RSU por habitante y día, por la población, por el número de días del año y por la fracción que del total de RSU generados se deposita en cada tipo de vertedero. A partir de 1990 la información es directamente suministrada por Ministerio de Medio Ambiente (MMA) en la publicación "Medio Ambiente en España". En los vertederos controlados con captación de biogás, el seguimiento de los residuos depositados en dichos vertederos se remonta al inicio de actividad y la información es suministrada vía cuestionario por el propio vertedero.

Es importante reseñar que comparando, para los vertederos seleccionados que realizan recuperación de biogás, la información suministrada por la publicación "Medio Ambiente en España", y utilizada en la edición anterior del inventario con la obtenida mediante cuestionario a dichos vertederos y utilizada en la edición actual, se puede apreciar un incremento en las toneladas de RSU depositadas en dichos vertederos. Se infiere de aquí, asumiendo que la información obtenida para la edición actual vía cuestionario es más fidedigna, que la estimación de la cantidad depositada en aquellos vertederos estaba infra-valorada en la edición anterior del inventario.

### b) Vertederos Incontrolados.

Por lo que respecta a los vertederos incontrolados, para la caracterización del parámetro de profundidad no se dispone de información estadística por lo que en ausencia de dicha información se asume que el 50% son profundos y que el restante 50% son someros. A su vez, dentro de los vertederos incontrolados, ya sean profundos o no profundos, se asumen unos coeficientes de quema para la reducción de volumen, coeficientes que han ido evolucionando a la baja a lo largo del periodo inventariado.

En la siguiente tabla se muestran las cantidades de RSU obtenidas en la edición actual clasificadas por tipo de depósito.

**Tabla 8.2.2.- Depósito de RSU en vertederos**  
(cifras en toneladas)

Año	Vertederos Controlados (VC)			Vertederos Incontrolados (VI)		
	VC Sin captación	VC Con captación	Total VC	VI No quemados	VI Quemados	Total VI
1970	1.502.984	0	1.502.984	1.085.762	3.257.287	4.343.049
1971	1.555.385	0	1.555.385	1.110.801	3.332.402	4.443.203
1972	1.603.492	0	1.603.492	1.135.996	3.407.987	4.543.983
1973	1.610.607	0	1.610.607	1.137.074	3.411.221	4.548.295
1974	1.549.897	225.000	1.774.897	1.163.818	3.491.453	4.655.270
1975	2.341.002	577.800	2.918.802	1.196.777	2.792.481	3.989.258
1976	2.311.761	730.200	3.041.961	1.239.538	2.892.256	4.131.794
1977	2.391.558	852.619	3.244.177	1.237.740	2.888.061	4.125.801
1978	2.483.989	863.153	3.347.142	1.280.834	2.988.614	4.269.448
1979	2.571.199	875.773	3.446.972	1.320.544	3.081.268	4.401.812
1980	3.254.331	889.382	4.143.713	1.333.221	2.475.983	3.809.204
1981	3.112.111	904.069	4.016.180	1.297.653	2.409.926	3.707.579
1982	3.185.220	919.929	4.105.149	1.334.867	2.479.038	3.813.905
1983	3.170.328	937.068	4.107.396	1.364.379	2.533.846	3.898.225
1984	3.228.350	975.799	4.204.149	1.401.593	2.602.958	4.004.550
1985	3.093.539	1.166.335	4.259.874	2.054.236	2.054.236	4.108.472
1986	3.129.877	1.295.661	4.425.538	2.096.246	2.096.246	4.192.492
1987	2.824.962	1.741.042	4.566.004	2.188.466	2.188.466	4.376.931
1988	3.673.534	1.811.226	5.484.760	1.940.531	1.940.531	3.881.061
1989	4.157.289	1.980.259	6.137.548	1.893.908	1.893.908	3.787.815
1990	4.297.029	2.202.027	6.499.056	2.136.776	1.150.571	3.287.347
1991	4.074.617	2.483.189	6.557.806	2.607.833	1.404.218	4.012.050
1992	4.362.010	3.701.982	8.063.992	2.998.183	1.614.406	4.612.589
1993	4.609.669	3.867.834	8.477.503	2.897.118	1.559.986	4.457.104
1994	4.734.657	4.359.227	9.093.884	2.347.017	1.263.779	3.610.796

Año	Vertederos Controlados (VC)			Vertederos Incontrolados (VI)		
	VC Sin captación	VC Con captación	Total VC	VI No quemados	VI Quemados	Total VI
1995	5.725.746	4.519.366	10.245.112	2.104.257	526.064	2.630.321
1996	6.522.375	4.749.857	11.272.232	1.415.254	353.813	1.769.067
1997	6.165.492	4.953.151	11.118.643	2.573.789	285.977	2.859.765
1998	6.343.984	5.449.616	11.793.600	2.305.936	256.215	2.562.151
1999	6.746.070	5.886.061	12.632.131	2.120.490	235.610	2.356.100
2000	6.963.035	6.362.441	13.325.476	1.258.625	139.847	1.398.472
2001	6.799.026	6.394.027	13.193.053	1.255.791	139.532	1.395.323
2002	7.109.315	6.287.165	13.396.480	646.392	71.821	718.213
2003	7.283.786	5.940.635	13.224.421	752.826	83.647	836.473
2004	7.393.953	5.821.549	13.215.502	634.298	70.478	704.776

En la tabla 8.2.3 se muestran para esta categoría en primer lugar las emisiones absolutas, en masa de CH<sub>4</sub> (primera fila) y en términos de CO<sub>2</sub>-eq en valor absoluto y en índice temporal (en la segunda y tercera fila) y seguidamente en las filas cuarta y quinta, respectivamente, la ponderación (en porcentaje) de estas emisiones con relación a las emisiones, en términos de CO<sub>2</sub>-eq del total del inventario y del sector residuos.

**Tabla 8.2.3.- Emisiones: Valores absolutos, índices y ratios**

	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
CH <sub>4</sub> (Gg)	180	252	338	353	366	371	379
CO <sub>2</sub> -eq (Gg)	4.066	5.421	7.137	7.453	7.713	7.820	7.972
Índice CO <sub>2</sub> -eq	100,00	133,34	175,55	183,32	189,71	192,35	196,10
% CO <sub>2</sub> -eq sobre total	1,42	1,71	1,86	1,94	1,92	1,92	1,86
% CO <sub>2</sub> -eq sobre residuos.	53,86	63,00	65,50	65,30	65,07	65,49	65,89

## 8.2.2 Aspectos metodológicos

Para el cálculo de las emisiones de metano procedentes de la descomposición de los residuos depositados en vertederos controlados y de los residuos no quemados depositados en vertederos no controlados se ha aplicado el modelo cinético de primer orden propuesto en “la Guía de Buenas Prácticas de IPCC”, en lo sucesivo citada como Guía Buenas Prácticas IPCC, conforme al enfoque de nivel 2. Según este modelo, cada unidad de masa de carbono orgánico degradable presente en los residuos en el momento de su deposición se reduce, transcurrido un lapso de tiempo  $t$ , según la ecuación:

$$Q_t = Q_0 e^{-kt}$$

donde  $k$  es el ritmo de reducción del carbono presente en los residuos,  $Q_0$  es la cantidad de carbono orgánico degradable en el momento de la deposición, y  $Q_t$  la que queda en los residuos transcurrido el lapso  $t$ . Así, el carbono emitido durante el periodo  $(t, t + 1)$  será:

$$C_t = Q_t - Q_{t+1} = Q_0 e^{-kt} (1 - e^{-k})$$

En las ediciones anteriores del inventario el cálculo de las emisiones anuales de metano se ha realizado bajo los supuestos implícitos de que todos los residuos generados en cada año se depositan al comienzo del mismo y de que la reacción química generadora de la emisión arranca inmediatamente después de la deposición. Es claro que ambos supuestos representan una aproximación al máximo de la emisión anual, no a su valor medio como sería deseable. Esto ha conducido a que, en la presente edición, el equipo de trabajo del inventario haya decidido plantearse un enfoque más realista al menos en lo que se refiere al momento de la deposición de los residuos (respecto del retardo en el arranque de las reacciones químicas, actualmente no se dispone de información suficiente y contrastada como para realizar una modificación de los procedimientos de cálculo) Dicho enfoque parte del desconocimiento sobre los momentos del año en que los residuos son depositados en los vertederos, sólo se conoce la cantidad total anual, por lo que se ha creído conveniente adoptar una aproximación estadística en la solución del problema. Para ello, se ha supuesto que la probabilidad de deposición de cada unidad de masa en los diferentes momentos del año sigue una distribución uniforme, es decir, la densidad de probabilidad de que la deposición se haya realizado en un instante en particular del año es la misma que la de cualquier otro e igual a la unidad. En consecuencia, aplicando el modelo cinético de primer orden, una masa de residuos depositada en el momento  $x$  del año con una cantidad de carbono orgánico degradable  $Q_0$  se convertirá transcurrido un tiempo  $t$  en:

$$Q_t = Q_0 e^{-k(t-x)}$$

donde  $x$  es una variable aleatoria distribuida uniformemente en el intervalo cerrado  $[0, 1]$ . La esperanza matemática del contenido de carbono al final del periodo  $t$  será por tanto:

$$E(Q_t) = \int_0^1 Q_0 e^{-k(t-x)} dx = \frac{1 - e^{-k}}{k} e^{-kt} Q_0$$

y, a su vez, la esperanza matemática del carbono emitido durante el periodo  $(t, t + 1)$  será:

$$E(C_t) = E(Q_t) - E(Q_{t+1}) = \frac{1 - e^{-k}}{k} (e^{-kt} - e^{-k(t+1)}) Q_0 = \frac{(1 - e^{-k})^2}{k} e^{-kt} Q_0$$

Como se desprende de esta última fórmula las emisiones calculadas en esta edición del inventario difieren de las de anteriores ediciones por un factor  $\frac{(1 - e^{-k})}{k}$  que aplicado a la tasa de emisión por defecto de 0,05 supone una minoración de las emisiones anuales comunicadas en las ediciones anteriores en un 2,50 por ciento aproximadamente; por supuesto, dicha emisión no desaparece sino que es desplazada hacia el futuro.

De acuerdo con ello, las emisiones totales de un año provenientes de las deposiciones en los años anteriores de residuos con el mismo parámetro  $k$ , se calculan en la presente edición por medio de la siguiente fórmula:

$$E_t = \frac{(1 - e^{-k})^2}{k} \sum_{i=0}^t R_{t-i} L_0 (t-i) e^{-k(t-i)} \quad [8.2.1]$$

Los parámetros utilizados en la ecuación [8.2.1] son:

- \* El carbono orgánico degradable (DOC)
- \* El factor corrector de metano (MCF)
- \* La fracción (en volumen) del metano en el vertedero (F)
- \* La fracción de DOC que se descompone en biogás (DOC<sub>F</sub>)
- \* El ratio de generación de metano (k)

Los valores de dichos parámetros provienen de dos fuentes: La Guía de Buenas Prácticas IPCC o del cuestionario remitido por el propio vertedero (en este último caso, siempre y cuando se sitúen en los rangos establecidos en la mencionada Guía). Los valores utilizados de los parámetros han sido ponderados por la cantidad de RSUs para obtener los valores medios efectivos de los mismos.

**DOC:** El carbono orgánico degradable contenido en los RSUs se ha obtenido aplicando la ecuación [8.2.2] que figura más arriba (ecuación 5.4 de la Guía Buenas Prácticas IPCC) a los datos sobre la composición tipológica cuya información procede para los vertederos que realizan captación de biogás de los datos plasmados en los correspondientes cuestionarios y, en su defecto, así como para los restantes vertederos, de la información sobre la composición tipológica media nacional que facilita la publicación “Medio Ambiente en España” (véase la tabla 8.2.4). Para los residuos de procedencia distinta a la recogida directa domiciliar se han utilizado valores específicos del parámetro DOC: rechazos de plantas de compostaje (0,01 para la fracción fósil y 0,1 para la fracción no fósil), lodos de depuradora (0,01 para la fracción fósil y 0,1 para la fracción no fósil) y otros (0,005 para la fracción fósil y 0,05 para la fracción no fósil).

**Tabla 8.2.4.- Composición media nacional de RSU**  
(cifras en %)

Año	Materia orgánica	Papel y cartón	Plásticos	Vidrio	Metales férreos	Metales no férreos	Madera	Textiles	Gomas y caucho	Pilas y baterías	Otros	DOC
1970	52,00	17,00	3,00	2,50	4,50	1,30	4,00	4,80	4,00	0,10	6,80	17,72
1971	51,86	17,29	3,43	2,57	4,43	1,26	3,86	4,80	3,86	0,11	6,53	17,77
1972	51,71	17,57	3,86	2,64	4,36	1,21	3,71	4,80	3,71	0,11	6,32	17,82
1973	51,57	17,86	4,29	2,71	4,29	1,17	3,57	4,80	3,57	0,12	6,05	17,87
1974	51,43	18,14	4,71	2,79	4,21	1,13	3,43	4,80	3,43	0,13	5,80	17,92
1975	51,29	18,43	5,14	2,86	4,14	1,09	3,29	4,80	3,29	0,14	5,53	17,97
1976	51,14	18,71	5,57	2,93	4,07	1,04	3,14	4,80	3,14	0,14	5,32	18,02
1977	51,00	19,00	6,00	3,00	4,00	1,00	3,00	4,80	3,00	0,15	5,05	18,07
1978	50,88	19,06	6,00	3,13	4,00	1,00	2,98	4,80	3,00	0,15	5,00	18,07
1979	50,75	19,13	6,00	3,25	4,00	1,00	2,95	4,80	3,00	0,15	4,97	18,07
1980	50,63	19,19	6,00	3,38	4,00	1,00	2,93	4,80	3,00	0,15	4,92	18,07
1981	50,50	19,25	6,00	3,50	4,00	1,00	2,90	4,80	3,00	0,15	4,90	18,06
1982	50,38	19,31	6,00	3,63	4,00	1,00	2,88	4,80	3,00	0,15	4,85	18,06
1983	50,25	19,38	6,00	3,75	4,00	1,00	2,85	4,80	3,00	0,15	4,82	18,06
1984	50,13	19,44	6,00	3,88	4,00	1,00	2,83	4,80	3,00	0,15	4,77	18,06
1985	50,00	19,50	6,00	4,00	4,00	1,00	2,80	4,80	3,00	0,15	4,75	18,06
1986	48,13	19,88	6,75	6,10	4,00	1,00	2,73	4,80	1,88	0,15	4,58	17,91
1987	48,75	19,75	6,50	5,40	4,00	1,00	2,76	4,80	2,25	0,15	4,64	17,96
1988	49,38	19,63	6,25	4,70	4,00	1,00	2,78	4,80	2,63	0,15	4,68	18,01
1989	47,50	20,00	7,00	6,80	4,00	1,00	2,71	4,80	1,50	0,15	4,54	17,86
1990	46,75	20,00	7,00	6,80	4,00	1,00	2,71	4,80	1,50	0,15	5,29	17,75
1991	46,00	20,00	7,00	6,80	4,00	1,00	2,71	4,80	1,50	0,15	6,04	17,63
1992	45,00	20,25	8,79	6,85	4,06	1,00	1,84	4,81	1,26	0,18	5,96	17,33
1993	44,00	20,50	10,57	6,90	4,12	1,00	0,96	4,82	1,02	0,20	5,91	17,02
1994	44,00	20,70	10,57	6,90	4,12	1,00	0,96	4,82	1,02	0,20	5,71	17,10
1995	44,00	20,85	10,58	6,95	3,81	1,00	0,98	4,91	1,01	0,20	5,71	17,20
1996	44,00	21,00	10,58	7,00	3,50	1,00	1,00	5,00	1,00	0,20	5,72	17,30
1997 - 2004	44,00	21,20	10,59	6,90	3,43	0,68	0,96	4,81	1,01	0,20	6,22	17,29

Nota: En el periodo 1997-2004 se ha mantenido constante la información sobre la composición de los RSU

$$\text{Porcentaje de DOC (en masa)} = 0.4(A) + 0.17(B) + 0.15(C) + 0.30(D) \quad [8.2.2]$$

Para la aplicación de la ecuación [8.2.2] se ha asociado a las variables, (A), (B), (C) y (D) que aparecen en la misma, las siguientes categorías de componentes de los RSU que figuran en la tabla 8.2.4:

- (A) Se le asocia los componentes “Papel y cartón” y “Textiles”.
- (B) No se le asocia ningún compuesto de la tabla.
- (C) Se le asocia el componente “Materia orgánica”.

(D) Se le asocia el componente “Madera”.

El porcentaje medio ponderado de DOC en los vertederos con captación es la siguiente:

1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
15,65	15,64	15,78	15,42	15,54	15,58	15,55	15,03	14,80	14,78	14,59	14,73	14,74	14,62	14,62

**MCF:** La información sobre el factor corrector de metano en vertederos controlados procede, para los vertederos que realizan captación del biogás, de los datos plasmados en los propios cuestionarios y, en su defecto, así como para los restantes vertederos, del valor por defecto,  $MCF = 1$ , recomendado en la tabla 5.1 de la Guía Buenas Prácticas IPCC. La media ponderada del factor corrector de metano en los vertederos con captación en el periodo 1990-2004 es 1.

Para los vertederos no-controlados, se ha sumido un valor de  $MCF = 0,8$  para los profundos y  $MCF = 0,4$  para los de menos de 5 metros como recomienda la Tabla 5.1 de la Guía Buenas Prácticas IPCC.

**F:** En cuanto a la fracción, en volumen, de  $CH_4$  en el biogás se procede igual que los demás parámetros, se toma por defecto el valor recomendado por la Guía Buenas Prácticas IPCC (0,5) y se aplica el valor que han rellenado los vertederos encuestados. La media ponderada del porcentaje de metano en los vertederos con captación es la siguiente:

1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
52,23	52,24	51,83	51,87	51,65	51,33	51,43	51,47	51,56	51,59	51,63	51,60	51,60	51,38	51,54

**DOC<sub>F</sub>:** La fracción de carbono orgánico degradable toma el valor recomendado por la Guía Buenas Prácticas IPCC (0,55) a excepción de un vertedero controlado encuestado cuya fracción es de 0,6.

**K:** La tasa constante de generación de metano toma el valor recomendado por la Guía Buenas Prácticas IPCC (0,05) a excepción de un vertedero controlado encuestado cuya tasa es de 0,07.

Una vez estimado el metano generado se procede de la siguiente forma para calcular la emisión de dicho gas. En primer lugar se resta de la cantidad generada,  $Q_t$ , la cantidad captada,  $C_t$ , que por ser destinada a otros usos, principalmente por su potencial energético como combustible, no se emitirá como metano sino normalmente como gases de la combustión del biogás. A la diferencia así calculada,  $Q_t - C_t$ , que es el metano potencialmente emitido como tal se le aplica el factor reductor de oxidación (1-OX) resultando como producto de ambos la cantidad estimada,  $E_t$ , de metano emitida, según se expresa en la ecuación [8.2.3] siguiente:

$$E_t = [Q_t - C_t] \cdot (1-OX) \quad [8.2.3]$$

donde:

$E_t$  = cantidad de  $CH_4$  emitida en el año “t” de referencia del inventario (toneladas de  $CH_4$ /año)

$C_t$  = cantidad de  $CH_4$  recuperada en el año “t” de referencia del inventario (toneladas de  $CH_4$ /año)

OX = factor de oxidación del metano generado y no recuperado (fracción)

**OX:** El factor de oxidación de metano generado y no recuperado toma el valor recomendado por la Guía Buenas Prácticas IPCC (0,1). No se dispone de ningún dato de los vertederos encuestados

**R:** Como se ha comentado anteriormente, la recuperación se ha realizado durante el periodo 1990-2004 en 19 vertederos de los que se ha logrado obtener información sobre captación en 12 de ellos.

**Tabla 8.2.5.- Emisión y recuperación de  $CH_4$**   
(cifras en toneladas)

Año	Número de vertederos	Metano Producido	Metano quemado en antorchas	Metano con recuperación energética
1990	1	144.497	18.032	571
1991	1	154.044	19.216	653
1992	2	165.775	17.971	2.294
1993	3	178.327	20.011	2.602
1994	5	189.205	23.281	3.316
1995	5	205.440	8.717	19.064
1996	5	223.731	4.963	24.408
1997	5	240.329	4.841	22.776
1998	6	256.607	4.841	24.061
1999	7	273.416	6.105	27.595
2000	8	287.842	6.152	42.438
2001	9	303.281	6.978	44.817
2002	10	317.860	6.151	44.425
2003	11	323.951	5.420	54.101
2004	10	332.627	5.795	64.105

Las emisiones de los contaminantes procedentes de la captación del biogás en vertederos controlados se han calculado multiplicando el biogás captado por los correspondientes factores de emisión. Los factores utilizados para el  $CO$ ,  $NO_x$  y  $CH_4$  son 13, 60 y 2,5 g/Gj respectivamente y su fuente de información es el Libro Guía EMEP/CORINAIR, parte B, capítulo 112 mientras el factor de emisión para el  $N_2O$  1,75 g/Gj se ha tomado de la publicación “Facteurs d’émission du protoxyde d’azote pour les installations de combustion et les procédés industriels”, CITEPA (2002).



En el caso de los vertederos no-controlados, una fracción de su masa es quemada, al objeto de reducir volumen, y en tal caso se generan, además de las emisiones de biogás de la fracción de RSU no quemada, las correspondientes a la combustión de la fracción quemada.

La estimación de las emisiones de la fracción quemada se realiza multiplicando la variable de actividad (masa quemada) por los correspondientes factores de emisión. Del total de residuos quemados en vertederos no controlados se considera que un 85% son de origen orgánico renovable y un 15% son de origen fósil<sup>95</sup>. El valor del factor de emisión de CO<sub>2</sub> para la fracción fósil de los residuos quemados se estima en 2.933 g CO<sub>2</sub>/tonelada de fracción fósil de residuo quemado. A este valor se llega asumiendo un porcentaje de rendimiento de la combustión del 80% (así  $2.933 = 0,8 * 1000 * 44/12$ ). Para el SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, N<sub>2</sub>O, metales pesados y contaminantes orgánicos persistentes se han tomado los mismos factores que para la incineración de RSUs y para los COVNM, CH<sub>4</sub> y CO la información procede de la parte I, apartados 12.2.2 y 12.3 del Manual CORINAIR (1992).

### 8.2.3 Incertidumbre y coherencia temporal

La incertidumbre asociada a las variables de actividad se cifra en un 30% tanto en vertederos controlados sin captación del biogás como incontrolados, motivada por la fiabilidad de la información de la fuente de referencia "Medio Ambiente en España" y la incertidumbre en la fracción incinerada en vertederos no controlados.

Para los parámetros que determinan el factor de emisión se asumen en general las incertidumbres propuestas en la tabla 5.2 de la Guía Buenas Prácticas IPCC dando como resultado una incertidumbre en el factor de emisión estimada en 70,4%.

### 8.2.4 Control de calidad y verificación

Se ha realizado un examen pormenorizado de los vertederos controlados que han cumplimentado el cuestionario, contrastando la información sobre las series de residuos depositados y las de biogás recuperado. Asimismo se han cotejado las

---

<sup>95</sup> A estos porcentajes se llega considerando los componentes combustibles de uno y otro origen que figuran en la última fila de la tabla 8.2.4. En concreto se consideran combustibles de origen no fósil la materia orgánica (44%), el papel y cartón (21,20%), la madera (0,96%); por su parte se consideran combustibles de origen fósil los plásticos (10,59%); para los textiles (4,81%) se dividen entre fósil y no fósil en las proporciones de 0,25 y 0,75; para las gomas y cauchos (1,01%) se dividen entre fósil y no fósil en las proporciones de 2/3 y 1/3; por último, para otros residuos (6,22%) la fracción de combustible fósil es 0,1, la de combustible no fósil de 0,7, siendo el 0,2 restante materia no combustible. Por otra parte como materia no combustible figura, además de la anteriormente indicada, las partidas correspondientes a vidrio (6,9%), metales férreos (3,43%) y metales no férreos (0,68%). Agrupando todas las partidas de materias combustibles resulta un total de materia combustible del 87,5% (74,5% no fósil y 13,1 fósil). Estos últimos coeficientes referidos al total de materia combustible arrojan finalmente las cifras indicadas en el texto principal de 85% de carbono de materia combustible no fósil y 15% de materia combustible fósil.

series de metano generado obtenidas según: el algoritmo de estimación de las emisiones más arriba reseñado y el vertedero con sus parámetros y se ha optado por la estimación más verosímil de ambas tomado el más idóneo.

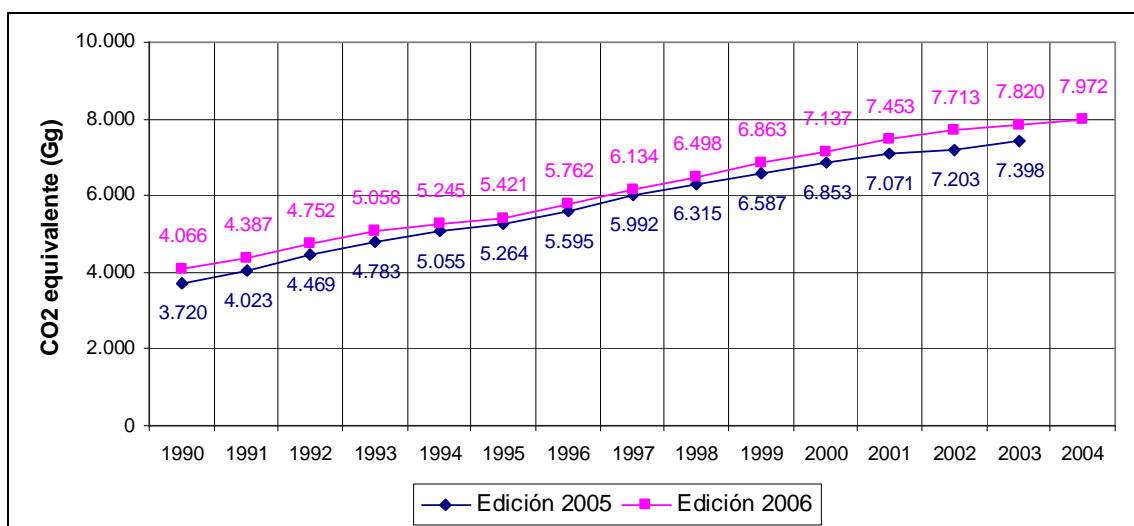
En el análisis exploratorio de datos de los RSU depositados en los vertederos incontrolados se identificaron anomalías potenciales en el enlace del intervalo 1993-1996 con el intervalo 1997-1999. Investigadas las fuentes originales de datos se corroboró que la información aparecía así declarada en la fuente original, no habiendo podido identificarse una anomalía cierta por lo que tras esta contrastación, se mantuvo la información de la serie de la fuente original (Medio Ambiente en España).

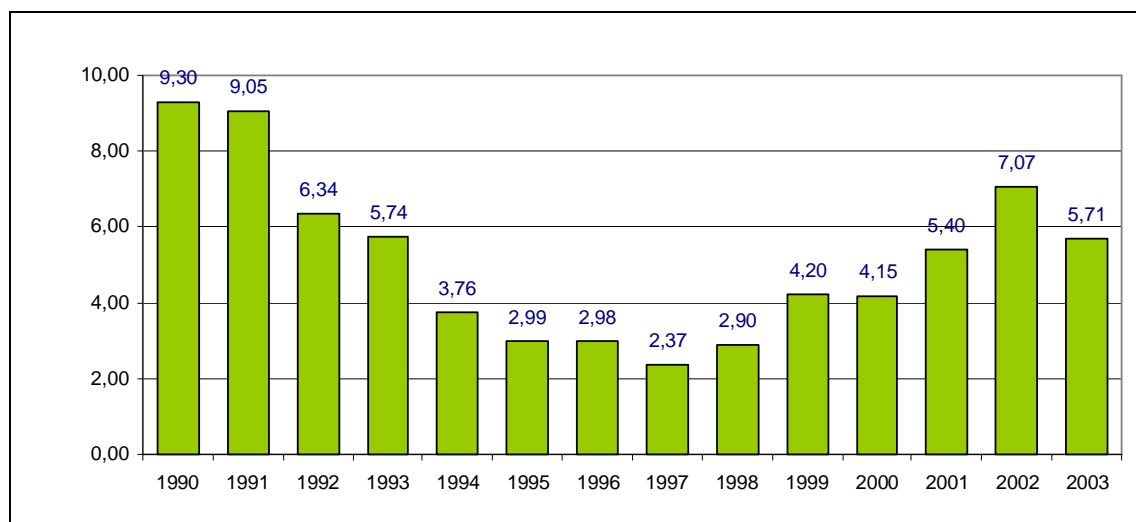
### 8.2.5 Realización de nuevos cálculos

El cambio en el algoritmo de cálculo de las emisiones, así como en la fuente de los datos sobre los vertederos que recuperan metano ha provocado un cambio en las estimaciones de las toneladas de residuos depositados y de las toneladas de metano recuperado.

La comparación de resultados de las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente entre las ediciones actual y anterior del inventario se muestra en términos de valores absolutos en la figura 8.2.1 y en términos relativos (diferencia porcentual) en la figura 8.2.2.

**Figura 8.2.1.- Emisiones de CO<sub>2</sub>-eq. Comparación Eds 2006 vs 2005**



**Figura 8.2.2.- Emisiones de CO<sub>2</sub>-eq. Diferencia porcentual Eds 2006 vs 2005**

#### 8.2.6 Plan de mejoras

Se ha realizado un primer contacto con los vertederos que recuperan biogás, en el próximo inventario se intentará recabar la información directa de la totalidad de vertederos controlados que recuperan metano, al objeto de estimar con información específica de esas instalaciones la cantidad recuperada.

### **8.3 TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE ORIGEN INDUSTRIAL Y RESIDENCIAL-COMERCIAL - (CH<sub>4</sub>) (6B)**

#### 8.3.1 Descripción de la actividad emisora

En esta categoría se incluye el tratamiento de las aguas residuales tanto de origen industrial como de origen residencial-comercial.

##### **a) Aguas de origen industrial.**

Se distingue en primer lugar según la procedencia de la información entre fuentes puntuales, para las que se dispone de información individualizada a nivel de planta, y fuentes de área, en las que la información aparece agregada por sector o subsector industrial.

La variable de actividad que se ha tomado para las fuentes puntuales, que comprenden las refinerías de petróleo y las plantas de fabricación de pasta de papel, ha sido el volumen de agua residual tratada cuya información ha sido obtenida a través de cuestionarios individualizados y cuyo total para cada uno de los dos subsectores considerados se muestra en la tabla 8.3.1.a siguiente.

**Tabla 8.3.1.a.- Aguas residuales industriales**  
**Variables de actividad: Fuentes puntuales**

VOLUMEN DE AGUA RESIDUAL DEPURADO (m <sup>3</sup> )						
1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
30.247.954	30.857.672	93.602.240	93.843.203	100.308.709	106.697.123	98.006.780

Por su parte, para las fuentes de área, que cubren los sectores de la industria agroalimentaria y de la química, la variable de actividad considerada ha sido la carga orgánica tanto de la línea de aguas como de la línea de lodos, expresada en términos de demanda química de oxígeno (DQO), y cuya información, así como la de los parámetros relevantes para el algoritmo de estimación de las emisiones, proceden de los estudios de regulación de vertidos realizados por la Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de las Aguas del MMA, con años de referencia 1994 para el sector de la industria agroalimentaria y 1996 para el sector químico.

De dichos estudios se recopiló la información sobre: a) producción o consumo de materia prima principal, b) ratio de vertido, expresado en m<sup>3</sup> de vertido por unidad de producto o materia prima principal, c) volumen de vertido, expresado en m<sup>3</sup>; d) ratio de carga orgánica por unidad de vertido, expresado en kg de DQO/m<sup>3</sup> de agua residual vertida; y e) parámetro DS<sub>ind</sub> que indica la fracción de la carga residual orgánica (COD) retirada como lodos de la corriente de vertido tratada.

La información de base mencionada sobre estas fuentes de área se muestra en la tabla 8.3.1.b siguiente, en la que puede observarse el desglose de la misma por subsectores de actividad:

- Industria agroalimentaria: aceites vegetales, café, cárnicas, cerveza, conservas de pescado, conservas vegetales, lácteos, vinos y licores.
- Industria química: farmacia y química orgánica.

**Tabla 8.3.1.b.- Aguas residuales industriales**  
**Variables de actividad: Fuentes de área**

Sector Industrial	Subsector	(Producción/Consumo)		Ratio de vertido		D <sub>ind</sub> (kg DQO/m <sup>3</sup> )	DS <sub>ind</sub>
		Cantidad	Ud	Cantidad	Ud		
Alimentación (Año referencia 1994)	Aceites vegetales	10.482.798	Mg	6,00	m <sup>3</sup> /Mg	0,93	0,80
	Azúcar	1.339.999	Mg	3,25	m <sup>3</sup> /Mg	5,92	0,80
	Café	116.700	Mg	1,09	m <sup>3</sup> /Mg	2,20	0,80
	Cárnicas	934.000	Mg	8,70	m <sup>3</sup> /Mg	0,92	0,80
	Cerveza	24.280.003	HI	2,00	m <sup>3</sup> /HI	0,55	0,80
	Conservas de pescado	670.000	Mg	15,00	m <sup>3</sup> /Mg	2,67	0,80
	Conservas vegetales	14.749.998	Mg	15,00	m <sup>3</sup> /Mg	2,00	0,80
	Lácteos	4.765.900	Mg	2,00	m <sup>3</sup> /Mg	1,75	0,80
	Vinos y licores	38.235.555	HI	6,00	m <sup>3</sup> /HI	0,93	0,80
Química (Año referencia 1996)	Farmacia	59.800.653	m <sup>3</sup>	0,93	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	5,53	0,80
	Química orgánica	84.777.439	m <sup>3</sup>	0,68	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	1,46	0,80

Para obtener series temporales homogéneas de las variables de actividad para el conjunto del periodo 1990-2004 se proyectaron las cifras de producción de los años de referencia de cada uno de los dos sectores considerados, 1994 para el sector agroalimentario y 1996 para el sector químico, con los correspondientes índices de producción industrial que elabora el Instituto Nacional de Estadística (INE)

#### **b) Aguas de origen residencial-comercial.**

Para las aguas residuales de origen residencial-comercial, la variable de actividad seleccionada ha sido la carga orgánica, expresada en masa de demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>). Para el cálculo de dicha variable se ha utilizado el dato de población efectivamente servida por estaciones depuradoras de aguas residuales, que figura en la publicación “Medio Ambiente en España” del MMA para los años 1994 y 1997, y por interpolación y extrapolación se ha obtenido la serie homogénea para el período 1990 a 2004.

Para la carga orgánica degradable se ha asumido un valor de 300 Mg. DBO<sub>5</sub>/litro de agua residual y un caudal de 200 litros/habitante equivalente y día, y 365 días de operación al año. El producto de esa concentración de carga (300 Mg. DBO<sub>5</sub>/litro) por el referido caudal diario (200 litros/habitante-equivalente y día) por los 365 días del año da como resultado una carga, D<sub>dom</sub>, de 21,9 kg DBO<sub>5</sub>/hab-eq y año, o de 60 g de DBO<sub>5</sub>/hab-eq y día, coincidente con la que aparece en la definición de carga por habitante-equivalente del apartado 6 del artículo 2 de la Directiva 91/271/CEE sobre *tratamiento de las aguas residuales urbanas*. En cuanto al parámetro DS<sub>dom</sub> que representa la fracción de la carga orgánica (DBO<sub>5</sub>) retirada como lodos de la corriente de vertido tratada se ha asumido un valor de 0,75. En la tabla 8.3.2 siguiente se muestran, los valores de la variable de actividad final,

toneladas de carga de DBO5 por año, de las líneas de aguas ( $TOW_{dom}$ ) y de lodos ( $TOS_{dom}$ ) de estas aguas residuales de origen residencial-comercial.

**Tabla 8.3.2.- Aguas residuales residencial-comercial. Variables de actividad**

Año	Población (Hab. Eq.)	$D_{dom}$	$DS_{dom}$	$TOW_{dom}$ (t DBO <sub>5</sub> año)	$TOS_{dom}$ (t DBO <sub>5</sub> año)
1990	82.467.586	21,9	0,75	451.510	1.354.530
1991	83.126.385	21,9	0,75	455.117	1.365.351
1992	83.785.184	21,9	0,75	458.724	1.376.172
1993	84.443.984	21,9	0,75	462.331	1.386.992
1994	85.102.783	21,9	0,75	465.938	1.397.813
1995	85.761.582	21,9	0,75	469.545	1.408.634
1996	86.420.382	21,9	0,75	473.152	1.419.455
1997	87.079.181	21,9	0,75	476.759	1.430.276
1998	87.737.980	21,9	0,75	480.365	1.441.096
1999	88.396.780	21,9	0,75	483.972	1.451.917
2000	89.055.579	21,9	0,75	487.579	1.462.738
2001	89.714.378	21,9	0,75	491.186	1.473.559
2002	90.373.178	21,9	0,75	494.793	1.484.379
2003	91.051.977	21,9	0,75	498.400	1.495.200
2004	91.690.776	21,9	0,75	502.007	1.506.021

En la tabla 8.3.3 se muestran para esta categoría en primer lugar las emisiones absolutas, en masa de CH<sub>4</sub> (primera fila) y en términos de CO<sub>2</sub>-eq en valor absoluto y en índice temporal (en la segunda y tercera fila) y seguidamente en las filas cuarta y quinta, respectivamente, la ponderación (en porcentaje) de estas emisiones con relación a las emisiones, en términos de CO<sub>2</sub>-eq del total del inventario y del sector residuos.

**Tabla 8.3.3.- Emisiones: Valores absolutos, índices y ratios**

	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
CH <sub>4</sub> (Gg)	59,06	70,46	85,72	88,59	92,45	95,98	98,81
CO <sub>2</sub> -eq (Gg)	2.313	2.492	2.903	2.985	3.106	3.169	3.269
Índice CO <sub>2</sub> -eq	100,00	107,76	125,55	129,09	134,30	137,03	141,34
% CO <sub>2</sub> -eq sobre total	0,81	0,78	0,76	0,78	0,77	0,78	0,76
% CO <sub>2</sub> -eq sobre residuos.	30,63	28,96	26,64	26,15	26,20	26,54	27,01

### 8.3.2 Aspectos metodológicos

Para las fuentes puntuales industriales, con cuestionarios individualizados por planta, el factor de emisión de metano seleccionado, referido al volumen de agua residual tratada, procede de la tabla 2 del capítulo B9101 del Libro Guía EMEP/CORINAIR.

Para las fuentes de área, con información basada en estudios o estadísticas sectoriales sin datos individualizados por plantas, se ha aplicado la metodología de la sección 5.2 de la Guía Buenas Prácticas IPCC.

Las emisiones, computando las contribuciones de las líneas de aguas y de lodos, se obtienen como producto de la carga orgánica degradable (aguas y lodos) por los factores de emisión de metano, descontando de dicho producto la cantidad de metano recuperado. A su vez, los factores de emisión de metano se expresan como el producto del respectivo parámetro  $B_0$  de capacidad máxima de producción de metano por el factor ponderado de conversión a metano, MCFP.

Los valores adoptados de los parámetros requeridos por los algoritmos que expresan los factores de emisión en las líneas de aguas y lodos se reseñan en los apartados que siguen, diferenciando en su caso entre las aguas de origen industrial y las de origen residencial-comercial.

#### **$B_0$ , Capacidad máxima de producción de metano**

Para la capacidad máxima de producción de metano ( $B_0$ ), ya sea en la línea de agua como en la de lodos, se han tomado los valores por defecto recomendados en la Guía Buenas Prácticas IPCC, y que son:

- 0,25 kg  $\text{CH}_4$ /kg de DQO para las aguas de origen industrial
- 0,60 kg  $\text{CH}_4$ /kg de  $\text{DBO}_5$  para las aguas de origen residencial-comercial

#### **MCFP, Factor ponderado de conversión a metano**

El factor ponderado de conversión de metano, MCFP, se ha calculado, de acuerdo con la ecuación 5.8 de la Guía Buenas Prácticas IPCC, como el sumatorio, extendido a los sistemas de tratamiento (aeróbico y anaeróbico), de los productos del factor de conversión de metano (MCF) correspondiente a cada sistema de tratamiento por la fracción (WS-aguas o SS-lodos) que de la corriente tratada se realiza en el correspondiente sistema, diferenciando entre la línea de tratamiento de aguas, subíndice “i”, y la línea de tratamiento de lodos, subíndice “j”, según se especifica a continuación para las aguas de origen industrial y para las aguas de origen residencial-comercial.

**a) Aguas de origen industrial**

- En la línea de aguas  $\sum_x (WS_{ix} \times MCF_x) = (0,33 \times 0) + (0,67 \times 0,15)$ ,  
donde el primer producto corresponde al tratamiento aeróbico y el segundo al anaeróbico.
- En la línea de lodos  $\sum_y (SS_{jy} \times MCF_y) = (0,5 \times 0) + (0,5 \times 0,3)$ ,  
donde, análogamente a la línea de aguas, el primer producto corresponde al tratamiento aeróbico y el segundo al anaeróbico.

**b) Aguas de origen residencial-comercial**

- En la línea de aguas  $\sum_x (WS_{ix} \times MCF_x) = (1 \times 0,005)$ ,  
donde el primer producto corresponde al único tratamiento que es de tipo aeróbico
- En la línea de lodos  $\sum_y (SS_{jy} \times MCF_y) = (0,15 \times 0) + (0,85 \times 0,3)$   
donde, análogamente a la línea de aguas, el primer producto corresponde al tratamiento aeróbico y el segundo al anaeróbico.

**FE, Factor de emisión de metano**

El factor de emisión de metano, FE, se ha calculado, de acuerdo con la ecuación 5.7 de la Guía Buenas Prácticas IPCC, como el producto de los respectivos valores de  $B_0$  y de MFCP más arriba presentados para las aguas de origen industrial y de origen residencial-comercial, y en los que para cada una de ellas se computaban las contribuciones de las líneas de aguas y de lodos. Así los factores se pueden expresar como se indica a continuación en las tablas 8.3.4 a y b y 8.3.5 siguientes:



## a) Aguas de origen industrial

**Tabla 8.3.4.a.- Aguas residuales industriales.**  
**Factores de emisión: Fuentes de área**  
 (Cifras en kg CH<sub>4</sub>/kg COD<sub>(TOW+TOS)</sub>)

SECTOR INDUSTRIAL	SUBSECTOR	FACTOR EMISIÓN
QUÍMICA	FARMACIA	105,56
	QUÍMICA ORGÁNICA	21,78
ALIMENTACION	ACEITES VEGETALES	112,14
	AZÚCAR	385,48
	CAFÉ	48,06
	CÁRNICAS	161,00
	CERVEZA	22,03
	CONSERVAS DE PESCADO	801,00
	CONSERVAS VEGETALES	600,75
	LÁCTEOS	70,09
	VINOS Y LICORES	112,14

**Tabla 8.3.4.b.- Aguas residuales industriales.**  
**Factores de emisión: Fuentes puntuales**

Sectores: Refino de petróleo y pasta de papel	
3,7	g CH <sub>4</sub> /m <sup>3</sup> agua tratada

## b) Aguas de origen residencial-comercial

**Tabla 8.3.5.- Aguas residuales residencial-comercial.**  
**Factores de emisión**

156	g CH <sub>4</sub> /kg DBO <sub>5</sub>
-----	--

**EE, Emisiones brutas, recuperación de metano y emisiones netas**

El algoritmo se completa estimando en primer lugar las emisiones brutas, EB, como sumatorio de los productos de: a) la variable de actividad, expresada como volumen de vertido para las aguas industriales de fuentes puntuales de origen industrial, masa de DQO para las aguas industriales de fuentes de área y masa de DBO<sub>5</sub> para las aguas residenciales-comerciales y b) el correspondiente factor de emisión.

En segundo lugar se descuenta de EB, si tal fuera el caso, la cantidad, R, de metano recuperada, obteniendo así la cifra estimada; EN, de emisiones netas.

Para las aguas residuales industriales de fuentes de área se estima que la cantidad de CH<sub>4</sub> recuperada es 50% en la línea de lodos y que no hay recuperación en la línea de aguas; y en las fuentes puntuales se asume, al carecerse de información al respecto, que no se realiza recuperación. Para las aguas residuales residencial-comercial se estima que del total de CH<sub>4</sub> generado en la línea de aguas y lodos, el 50% es recuperado con fines energéticos.

### 8.3.3 Incertidumbre y coherencia temporal

La incertidumbre asociada a las variables de actividad es presumiblemente elevada tanto en las aguas de origen industrial como también en las de origen residencial-comercial. Para las primeras, la información básica se refiere a años en la mitad de la década de los 90, a partir de los cuales se estimaron las series temporales 1990-2004 por extrapolación mediante la aplicación de los correspondientes índices de producción industrial. Para las aguas de origen residencial-comercial la información de base directa proviene de los años 1994 y 1997 habiéndose utilizado procedimientos de interpolación y extrapolación para el cálculo de la población equivalente servida. En conjunto podría asumirse un factor de tres (de -30% a -300%) para cada una de estas dos variables.

Para los parámetros que determinan el factor de emisión se asumen en general las incertidumbres propuestas en las tablas 5.3 y 5.5 de la Guía Buenas Prácticas IPCC.

Con los rangos de incertidumbre indicados, las series se consideran en general temporalmente coherentes, excepción hecha de la variable de actividad de las aguas industriales de fuentes puntuales del subsector de fabricación de pasta de papel en que se ha identificado una discontinuidad de la serie en torno al año 1997, discontinuidad que está siendo objeto de investigación.

### 8.3.4 Control de calidad y verificación

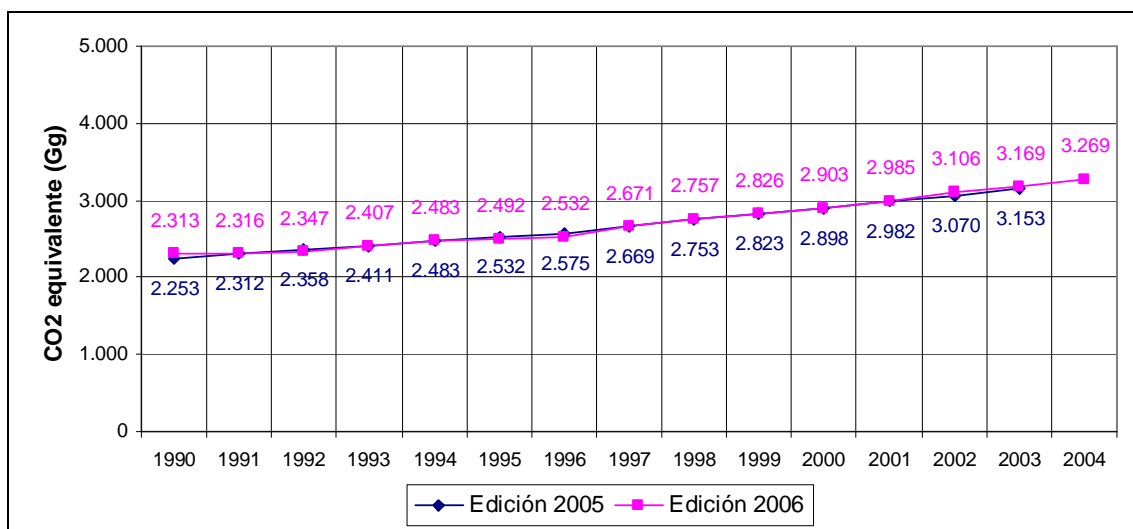
El control de calidad se ha limitado a la contrastación de la coherencia intrínseca del algoritmo de estimación de emisiones aplicado a los tratamientos de las aguas según su origen y fuente de información. No obstante, no se ha implantado hasta ahora un control adicional sobre la evolución de las variables de actividad y otros parámetros relevantes en la determinación de los factores de emisión.

### 8.3.5 Realización de nuevos cálculos

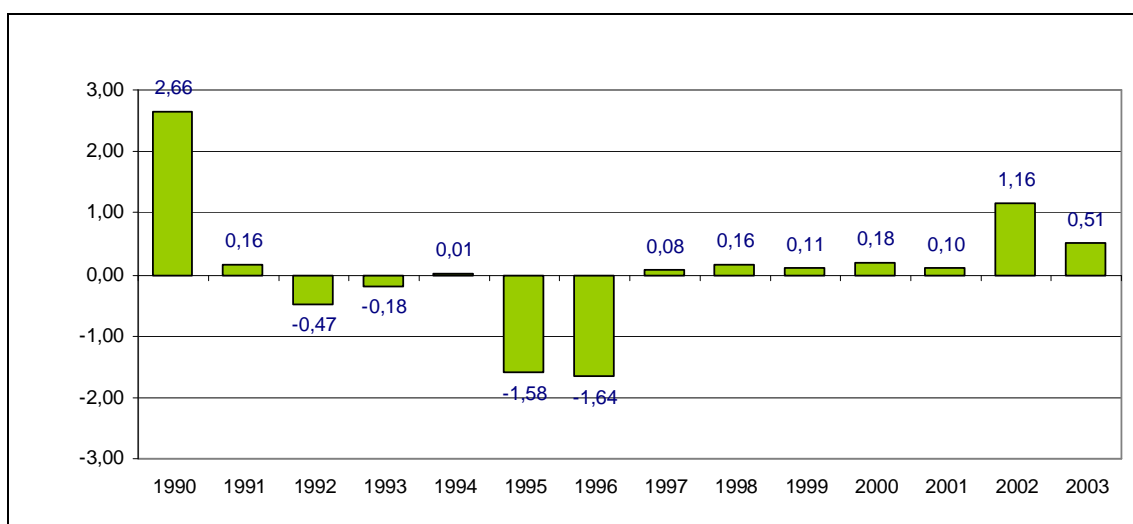
Para las aguas industriales de fuentes de área se han actualizado los cálculos de extrapolación de las variables de base de la industria agroalimentaria y de la industria química, al haber revisado el Instituto Nacional de Estadística (INE) las series temporales de los índices de producción industrial (IPI)

La comparación de resultados de las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente entre las ediciones actual y anterior del inventario se muestra en términos de valores absolutos en la figura 8.3.1 y en términos relativos (diferencia porcentual) en la figura 8.3.2.

**Figura 8.3.1.- Emisiones de CO<sub>2</sub>-eq. Comparación Eds 2006 vs 2005**



**Figura 8.3.2.- Emisiones de CO<sub>2</sub>-eq. Diferencia porcentual Eds 2006 vs 2005**



### 8.3.6 Planes de mejora

Reconocida la incertidumbre actualmente asociada a la variable de actividad, volumen de vertido y carga orgánica, se considera prioritaria la colaboración de la Dirección General de Infraestructuras y Calidad de las Aguas del MMA para acceder y poder procesar la información pertinente de la base de datos de estaciones depuradoras de aguas residuales. La propuesta para concretar dicha colaboración está ya definida por parte de la Unidad (Subdirección General de Calidad del Aire y Prevención de Riesgos) que elabora el inventario de emisiones.

## 8.4 INCINERACIÓN DE RESIDUOS -CO<sub>2</sub> (6C)

### 8.4.1 Descripción de la actividad emisora

En esta categoría se han estimado las emisiones producidas por: la quema en antorchas de gases en las plantas siderúrgicas, y las incineraciones de cadáveres y de residuos hospitalarios. No se han estimado las provenientes de la incineración de residuos industriales para los que, aun habiéndose identificado los centros de actividad, la información no ha podido ser tratada en esta edición del inventario. En cuanto a la incineración de residuos municipales con recuperación energética de sus emisiones, de acuerdo con la nomenclatura IPCC, están encuadradas en la categoría 1A1a.

En la tabla 8.4.1 se muestran para esta categoría en primer lugar las emisiones absolutas, en masa de CO<sub>2</sub> (primera fila) y en términos de CO<sub>2</sub>-eq en valor absoluto y en índice temporal (en la segunda y tercera fila) y seguidamente en las filas cuarta y quinta, respectivamente, la ponderación (en porcentaje) de estas emisiones con relación a las emisiones, en términos de CO<sub>2</sub>-eq del total del inventario y del sector residuos.

**Tabla 8.4.1.- Emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente: valores absolutos, índices y contribuciones relativas**

	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
CO <sub>2</sub> (Gg)	750	122	184	281	275	178	76
CO <sub>2</sub> -eq (Gg)	917	286	336	432	433	336	234
Índice CO <sub>2</sub> -eq	100,00	31,23	36,66	47,15	47,26	36,70	25,48
% CO <sub>2</sub> -eq sobre total	0,32	0,09	0,09	0,11	0,11	0,08	0,05
% CO <sub>2</sub> -eq sobre residuos.	12,15	3,33	3,08	3,79	3,66	2,82	1,93

### 8.4.2 Aspectos metodológicos

A continuación se detalla para cada una de las actividades consideradas la metodología seguida para estimar las emisiones de CO<sub>2</sub>.

### a) Antorchas en plantas siderúrgicas.

La quema en antorchas en plantas de siderurgia integral es la actividad que contribuye en mayor medida a las emisiones de CO<sub>2</sub> en esta categoría. Para esta actividad se ha recabado información, vía cuestionario, de la totalidad de plantas de la siderurgia integral. Dicha información sobre caudales quemados ha sido facilitada con desglose de la composición por combustible: gas natural, gases licuados del petróleo, gas de coquería, gas de horno alto y gas de acería.

La estimación de las emisiones de CO<sub>2</sub> se ha realizado aplicando los factores específicos de planta por ser estos dependientes de la composición de los gases incinerados en las antorchas de los distintos centros.

### b) Incineración de cadáveres.

La siguiente actividad que contribuye a las emisiones de CO<sub>2</sub> es la incineración de cadáveres humanos en los crematorios. A las emisiones también contribuyen los combustibles de apoyo y otros elementos materiales incinerados en el proceso.

La cremación en España es una práctica de introducción relativamente reciente y de uso todavía limitado aunque creciente como se puede comprobar en la tabla 8.4.2, donde se muestra la evolución del número de cadáveres incinerados, y cuya información ha sido facilitada la Empresa Mixta de Servicios Funerarios de Madrid.

**Tabla 8.4.2.- Incineración de cadáveres. Variables de actividad**

1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
5.686	15.413	48.842	53.833	59.920	65.361	67.746

Es importante reseñar que debido a que la unidad de la información de base requerida en el CRF-Reporter viene expresada en términos de masa, y no de personas incineradas, se ha considerado para la realizar la conversión de unidades un peso medio por cadáver de 65 kg<sup>96</sup>.

La información sobre los factores de emisión se ha tomado de la fuente suministradora de los datos. Los factores de emisión aplicados han sido: SO<sub>2</sub> (13 g/c.i.), NO<sub>x</sub> (156 g/c.i.), COVNM (14,6 g/c.i.), CH<sub>4</sub> (0,08 g/c.i.), CO (725 g/c.i.), CO<sub>2</sub> (39 kg/c.i.) y NH<sub>3</sub> (3,2 g/c.i.).

<sup>96</sup> Este es el valor indicado en la nota 1 a pie de página de la tabla 8.1 del capítulo B991-7 del Libro Guía EMEP/CORINAIR.

### c) Incineración de residuos hospitalarios.

Los residuos hospitalarios objeto de posible tratamiento mediante incineración son los residuos hospitalarios de bajo potencial de infección (Grupo III) y los residuos denominados “*residuos citotóxicos*” que presentan un alto potencial de infección (Grupo IV).

Los residuos del Grupo III pueden ser tratados mediante procedimientos de esterilización sin necesidad de recurrir a la incineración como práctica para su control. En España, este tipo de residuos, no obstante, se solía incinerar hasta mediados de la década de los noventa, tratamiento que después pasó a ser fundamentalmente de esterilización (cambio de tendencia operado en torno a 1994). Los residuos del Grupo IV deben ser incinerados para su correcto tratamiento.

La estimación de la cantidad de este tipo de residuos generada se realiza a partir del número de camas hospitalarias, multiplicándolo por un factor de generación de residuos por cama y día que, aplicado sobre el número de camas existentes y por el número de días del año, proporciona la cantidad de residuos generados. Esta cantidad de residuos generada se imputa a los Grupos III y IV utilizando los coeficientes de 0,9 y 0,1 respectivamente<sup>97</sup>. Una vez calculadas las cantidades de ambos tipos de residuo hay una parte de los correspondientes al Grupo III que es tratada mediante esterilización, mientras la parte restante de dicho Grupo y la totalidad de los del Grupo IV es objeto de incineración. A su vez, el total de incineración puede realizarse en España o los residuos ser enviados para su incineración al extranjero. La variable de actividad final es la cantidad incinerada en España. La información sobre los datos básicos, parámetros y variable de actividad final de este epígrafe se muestran en la tabla 8.4.3 siguiente.

---

<sup>97</sup> Estos valores fueron calculados en ediciones anteriores del inventario tras un examen estadístico de información sectorial realizada mediante una asistencia técnica específica para cubrir esta actividad del inventario.

**Tabla 8.4.3.- incineración de residuos hospitalarios. Variables de actividad**

Año	Núm. Camas	gr/cama /día	Producción de residuos biosanitarios (t/a)			Esterilización (t/a)	Incineración España (t/a)	Incineración Extranjero (t/a)
			Total	Grupo III	Grupo IV			
1990	115.695	600	25.337	22.803	2.534	10.866	14.397	0
1991	120.323	590	25.912	23.320	2.591	11.113	14.726	0
1992	125.136	580	26.491	23.842	2.649	11.361	15.055	0
1993	130.141	570	27.076	24.368	2.708	11.806	11.877	1.135
1994	135.347	560	27.665	24.898	2.766	12.063	12.131	1.160
1995	116.149	550	23.317	20.985	2.332	11.996	10.347	970
1996	120.795	400	17.636	15.872	1.764	13.555	2.969	1.113
1997	121.956	300	13.354	12.019	1.335	10.264	2.246	843
1998	124.986	300	13.686	12.317	1.369	10.520	2.302	864
1999 - 2004	128.026	300	14.019	12.617	1.402	10.776	2.358	885

Nota: En el periodo 1999-2004 se ha mantenido constante la información sobre las variables de actividad.

La información sobre el número de camas en centros hospitalarios procede del “Anuario Estadístico de España” que edita el Instituto Nacional de Estadística (INE). El parámetro de generación de residuos hospitalarios por cama y día ha sido obtenido por información de expertos del sector; y, en su evolución a la baja, puede advertirse una marcada tendencia de los residuos Grupos III y IV a reclasificarse en residuos que no presentan riesgo de toxicidad ni de infección. La información sobre residuos esterilizados y sobre los incinerados en España procede, análogamente, de expertos del sector.

La fuente principal de los factores de emisión son las tablas 8.3 y 8.4 del capítulo B927 del Libro Guía EMEP/CORINAIR; sobre las que se asume que para el CH<sub>4</sub>, al no indicarse ningún factor, éste es 0, y adoptando, para el N<sub>2</sub>O, el factor de 100 gr. por tonelada, similar al que se cita para la incineración de residuos domiciliarios en la misma fuente. Para el cálculo del CO<sub>2</sub> de origen no biogénico se ha asumido un 36% de origen fósil y un 64% de biogénico, sobre una emisión de CO<sub>2</sub> de 1500 kg por tonelada de residuo incinerado, con lo que el factor de CO<sub>2</sub> de origen fósil pasa a ser de 1500 x 0,36 = 540 kg por tonelada de residuo. Las emisiones se calculan a partir del producto de los residuos incinerados en España por los factores de emisión correspondientes.

#### 8.4.3 Incertidumbre y coherencia temporal

La incertidumbre sobre las variables de actividad es reducida, en torno al 5%, en lo que respecta a la incineración de cadáveres, y significativamente más elevada para las otras dos actividades consideradas, pudiendo cifrarse en un 30% para las antorchas de plantas siderúrgicas y en un 50% para los residuos hospitalarios.

Los factores de emisión de las antorchas en plantas siderúrgicas tienen una incertidumbre relativamente reducida, en torno al 10%, dado el conocimiento de la composición de los gases quemados; mientras para las otras dos actividades la incertidumbre puede estimarse un factor de 2 (-50% a +100%).

En cuanto a la coherencia temporal, la carencia más destacada se presenta en la información de base de la variable de actividad de incineración de residuos hospitalarios, en cuya serie se han subrogado los valores del año 1999 para los años sucesivos. Este punto será revisado en la próxima edición del inventario. Para las otras dos actividades la información sobre las variables de actividad se considera homogénea por provenir para el caso de las antorchas de la siderurgia integral información directa de las plantas afectadas y en el caso de la incineración de cadáveres de una fuente de cobertura y fiabilidad contrastada. Los valores de los factores de emisión de las tres actividades se consideran temporalmente coherentes asumiendo para los de cada actividad sus respectivos márgenes de incertidumbre.

#### 8.4.4 Control de calidad y verificación

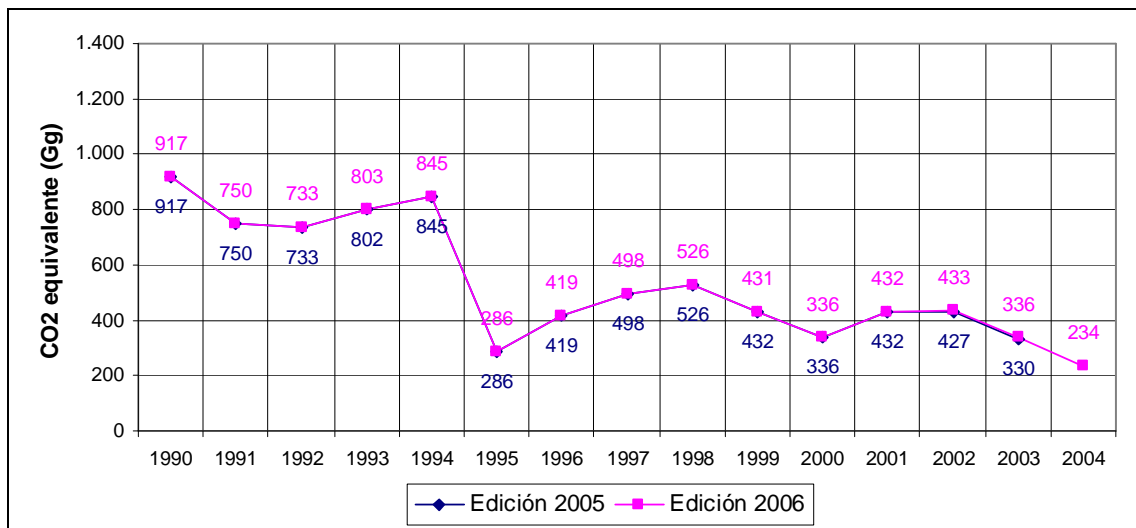
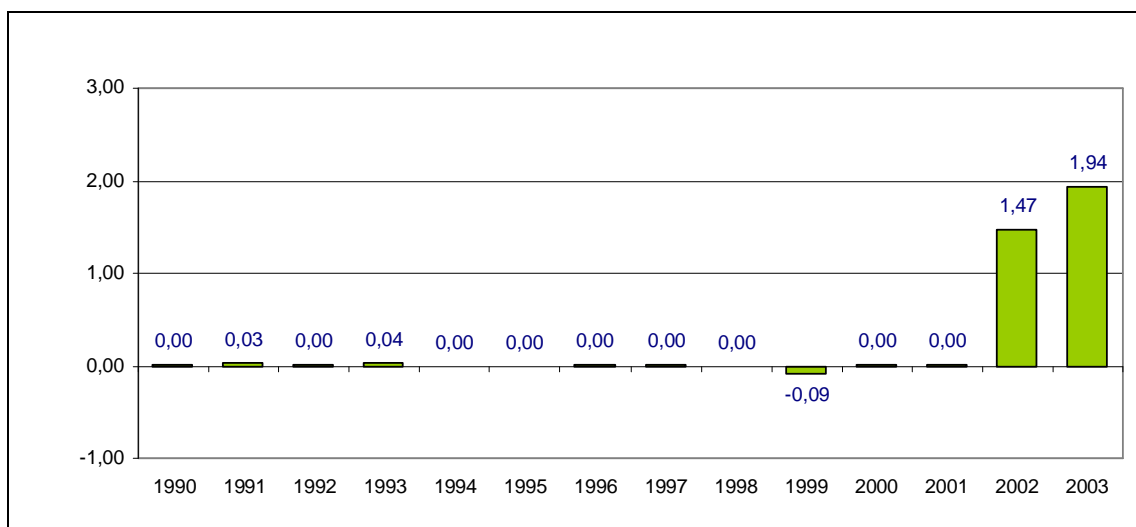
Por lo que respecta a la quema en antorchas de la industria siderúrgica se ha contrastado con las plantas la composición molar de los gases no estándar (gas de coquería, gas de horno alto y gas de acería) para estimar con precisión sus factores de emisión a partir de los contenidos en carbono y poderes caloríficos.

En cuanto a la incineración de cadáveres, se han revisado las series de incineraciones provinciales con la propia fuente de los datos, corrigiéndose las anomalías detectadas en los años 1992, 2002 y 2003.

#### 8.4.5 Realización de nuevos cálculos

Como se puede observarse en las figuras 8.4.1 y 8.4.2 la magnitud de la variación absoluta de las emisiones motivada por los nuevos cálculos es casi inapreciable; con las diferencias más altas en términos porcentuales, años 2002 y 2003, en el rango 1,5%-2%, siempre en términos de CO<sub>2</sub>-equivalente.



**Figura 8.4.1.- Emisiones de CO<sub>2</sub>-eq. Comparación Eds 2006 vs 2005****Figura 8.4.2.- Emisiones de CO<sub>2</sub>-eq. Diferencia porcentual Eds 2006 vs 2005**

#### 8.4.6 Plan de Mejoras.

En el plan de mejoras de esta categoría se consideran prioritarias la inclusión en el inventario de las plantas de incineración de residuos industriales y la actualización a partir de año 2000 de la información de base sobre la variable de actividad de la incineración de los residuos hospitalarios.

## 8.5 OTRAS FUENTES

Entre otras fuentes, no clave, generadoras de gases de efecto invernadero estimadas en esta la categoría de residuos están:

- El consumo humano de proteínas (como emisor de  $N_2O$ )

La metodología seguida para el cálculo de las emisiones de óxido nitroso es la del Manual de Referencia de IPCC. El consumo de proteínas (tabla 8.5.1) se ha obtenido de la publicación “La alimentación en España” del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA). Los valores de los parámetros requeridos por el algoritmo de cálculo de estimación de las emisiones son los valores propuestos por el Manual: la fracción de nitrógeno en la proteína es 0,16 kg N/kg proteína y el factor de emisión es 0,01 kg  $N_2O$ -N/kg N en las aguas de saneamiento.

**Tabla 8.5.1.- Consumo humano de proteínas medio nacional**  
(cifras en g/hab/día)

1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
97,01	93,08	92,92	94,3	93,95	90,34	89,94	94,04	94,63	94,71	96,05	97,11	99,05	96,51	98,14

- La incineración de residuos municipales sin recuperación energética (como emisor de  $CO_2$ )

En esta actividad se recogen las emisiones producidas por la incineración de residuos municipales del conjunto de incineradoras en operación que no realicen recuperación energética. Durante el año 2004 no ha contribuido a las emisiones de  $CO_2$  ya que presumiblemente no existe ninguna incineradora que no realice recuperación. La información de base procede de la publicación “Medio Ambiente en España”.

Las referencias para los factores de emisión son las siguientes: para el  $SO_2$ ,  $NO_x$ , COV, CO,  $N_2O$ ,  $NH_3$ , tablas A1.1 a A1.6 del Anexo I del capítulo B-921 del Libro Guía EMEP/CORINAIR Tercera Edición, habiéndose asumido que entre los años 1990 a 1995 la técnica de control de las emisiones es sólo “reducción de partículas” (particle abatement), y a partir del año 1996 y siguientes “reducción de partículas + gas ácido” (particle abatement + acid gas abatement). En el caso de los COV se ha asumido un 95% de COVNM y un 5% de  $CH_4$ . Para el  $CO_2$  se ha asumido un factor de 324 kg/tonelada, calculado suponiendo un 36% de origen fósil y un 64% de origen biogénico en los residuos y considerando que el factor global de  $CO_2$  por tonelada de residuo es de 900 kg (fósil+biogénico)/tonelada. Los valores indicados para el  $CO_2$  se han estimado por el equipo de trabajo del inventario a partir de los datos de la composición de los residuos municipales.

## **10.- NUEVOS CÁLCULOS Y MEJORAS**

### **10.1 EXPLICACIÓN Y JUSTIFICACIÓN DE LOS NUEVOS CÁLCULOS.**

La edición correspondiente al año 2006 del inventario de emisiones de gases de efecto invernadero, edición que cubre el periodo 1990-2004, ha conllevado nuevos cálculos para el periodo 1990-2003 en una serie de actividades (y gases). Estos nuevos cálculos han venido motivados por diversos factores, entre los que cabe destacar: a) revisiones metodológicas; b) actualización de la información de base; c) corrección de errores. La consideración de estos cambios ha estado en buena parte auspiciada o directamente sugerida por las recomendaciones de los informes de revisión del inventario español comisionados por la Secretaría del Convenio Marco sobre el Cambio Climático (SCMCC).

### **10.2 IMPLICACIONES EN LOS NIVELES DE EMISIÓN.**

En términos siempre de CO<sub>2</sub>-equivalente y a nivel del agregado del inventario, véase figura 10.2.1, los cambios anuales se han mantenido en un rango que oscila según años entre el 0,73% (año 1992) y el 1,46% (año 2003)<sup>98</sup>.

Entrando en el examen por sectores de actividad pueden identificarse las causas fundamentales de la variación originada por los nuevos cálculos según se especifica a continuación.

En el sector “Energía”, véase figura 10.2.2; los cambios oscilan entre el -0,37% (año 2000) y el 0,46% (año 2003). Como factores más destacados del cambio pueden citarse, por un lado, la revisión de la información de base sobre consumo de combustibles en cogeneración (revisión facilitada por el IDAE) y, por otra, la adopción de la recomendación efectuada por el equipo revisor de la SCMCC para diagnosticar “ajustes potenciales” en el inventario, y que en el caso español llevaron a la revisión del factor de carbones en la combustión industrial.

En el sector “Procesos Industriales”, véase figura 10.2.3, los cambios más notables están asociados a la revisión, motivada por la disponibilidad de información específica de plantas, de la producción de amoníaco, de ferro-aleaciones y de zinc primario. La variación introducida por los nuevos cálculos oscila entre el 0,86% (año 1990) y el 1,76% (año 2003).

---

<sup>98</sup> La revisión del último año de la edición previa de cada inventario está habitualmente expuesta a cambios de mayor magnitud pues una parte importante de la información sobre variables de actividad es provisional, parcial o se carece en absoluto de ella (este es el caso frecuente con la información del balance energético).

En el sector “Uso de disolventes y otros productos”, la revisión de la estimación se ha originado por la disponibilidad de nuevos factores de emisión de COVNM (con su consiguiente traslación a CO<sub>2</sub> final) en la aplicación de pinturas en las actividades de construcción y uso doméstico. La variación en los nuevos cálculos originada por esta revisión oscila, véase figura 10.2.4, entre el 4,70% (año 1990) y el -4,57% (año 2003). En todo caso conviene advertir que este sector es el de menor peso en las emisiones de CO<sub>2</sub>-equivalente del inventario

El sector “Agricultura” ha sido determinante en la magnitud que los nuevos cálculos han supuesto en la variación de las estimaciones de emisiones de la presente edición del inventario respecto a la edición anterior. En este sector se ha efectuado una revisión metodológica que ha afectado a la mayoría de las variables de actividad, parámetros y factores de emisión, y por ende a los resultados de las emisiones. Entre los elementos con mayor incidencia en la variación de las emisiones pueden citarse: la revisión de los parámetros funcionales de la cabaña ganadera (pesos de animales, dieta y digestibilidad, producción de leche y excreta animal) y de sus sistemas de gestión (estabulación-pastoreo, gestión de estiércoles); y en lo que concierne a los cultivos la revisión de los estándares de la quema de rastrojos. Según puede observarse en la figura 10.2.5, la variación de los resultados entre las ediciones actual y anterior oscila entre el 6,10% (año 1993) y el 10,13 (año 1998).

El sector “Residuos” ha sido también significativo en la magnitud de la variación originada por los nuevos cálculos, aunque el menor peso absoluto de este sector en el conjunto del inventario, comparado con el agrícola, limita la magnitud de los cambios en el agregado. En la revisión llevada a cabo ha tenido gran relevancia el haber podido acceder a información específica de vertederos de residuos sólidos urbanos para una serie de vertederos importantes por su tamaño y sistema de gestión del biogás generado (captación y eventual aprovechamiento energético). Esta revisión ha implicado asimismo una variación de la información anteriormente disponible sobre residuos totales depositados en vertederos. En la figura 10.2.6, se puede apreciar cómo la magnitud de la revisión oscila entre el 5,68% (año 1990) y el 1,38% (años 1995 y 1996).

Pasando ahora al examen por gases se observan unas variaciones que en buena medida reflejan los cambios descritos en los sectores que dominan la contribución de los gases respectivos.

En cuanto al CO<sub>2</sub>, puede observarse cómo la figura 10.2.7 reproduce bastante fielmente el perfil de la figura 10.2.2 del sector Energía, si bien las magnitudes de los cambios anuales no son idénticas en ambas figuras; así para el CO<sub>2</sub> las variaciones oscilan entre el -0,32% (año 1992) y el 0,63% (año 2003).

Con respecto al CH<sub>4</sub>, en las variaciones mostradas en la figura 10.2.8 han incidido principalmente los cambios a la baja en las emisiones de la fermentación en

agricultura y los cambios combinados del tratamiento de residuos en vertederos. La variación registrada oscila entre el -0,31 (año 1993) y el -2,56 (año 2003).

La variación experimentada en el  $N_2O$ , véase figura 10.2.9, es esencialmente el reflejo de las revisiones efectuadas en la agricultura, especialmente en los sistemas de gestión de los estiércoles y en la aplicación de los mismos a la fertilización de los suelos agrícolas.

Para finalizar, los gases fluorados sólo han experimentado variaciones menores y limitadas a algunos gases y actividades; esencialmente  $SF_6$  en equipos eléctricos y producción-consumo de HFC (no de PFC). Su incidencia en el total del inventario es, sin embargo, muy reducida.

Figura 10.2.1.- Comparación de niveles del agregado

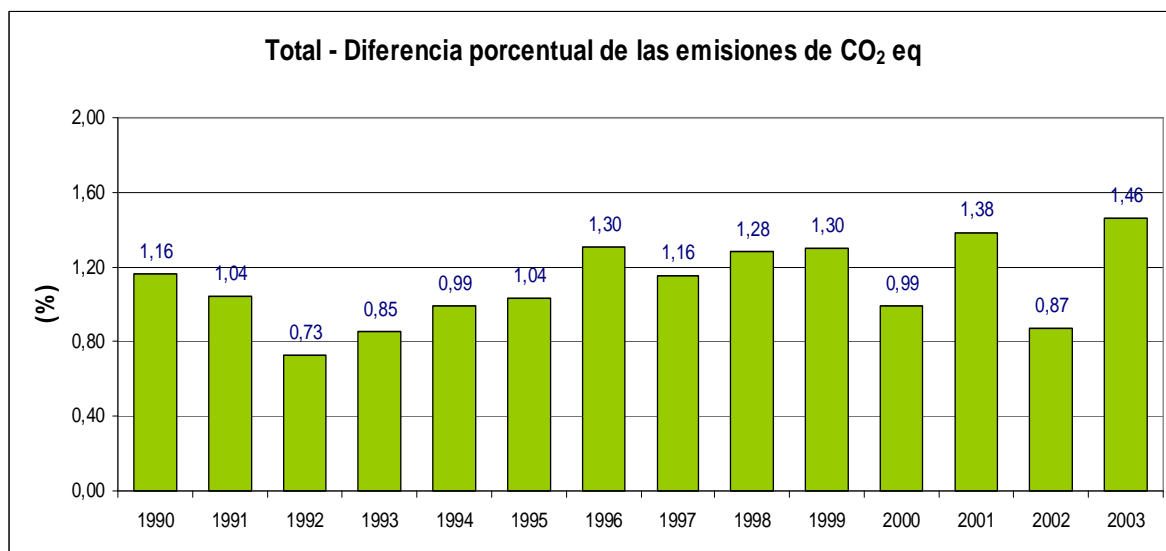
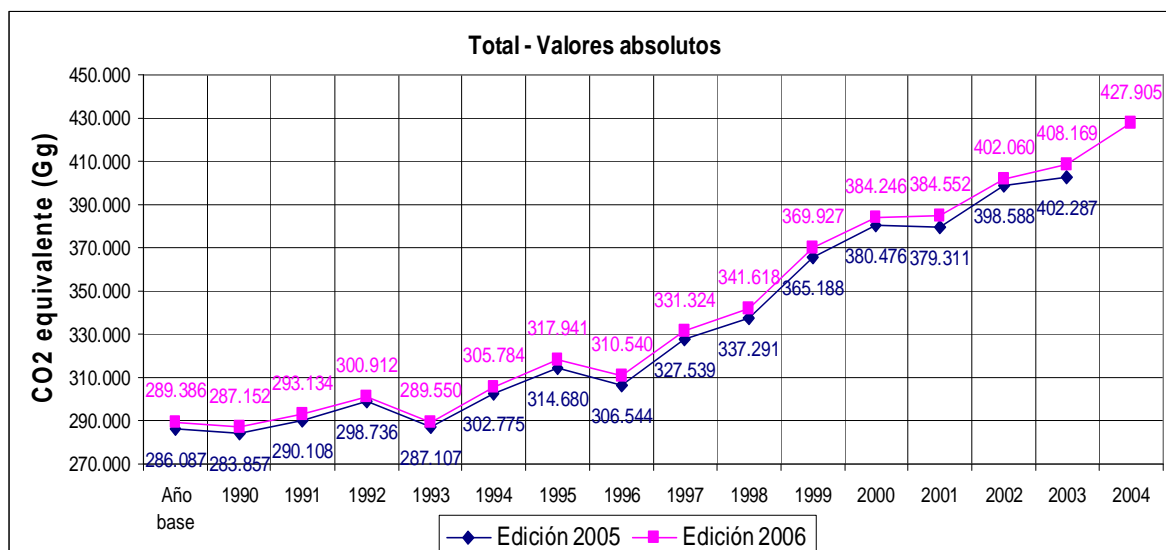


Figura 10.2.2.- Comparación de niveles del sector de la energía

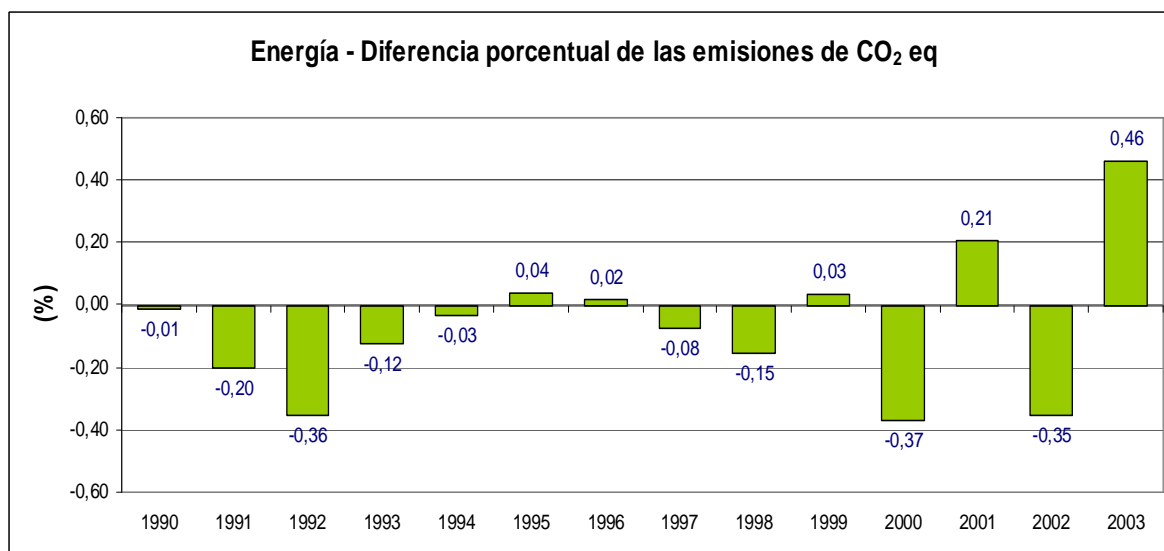
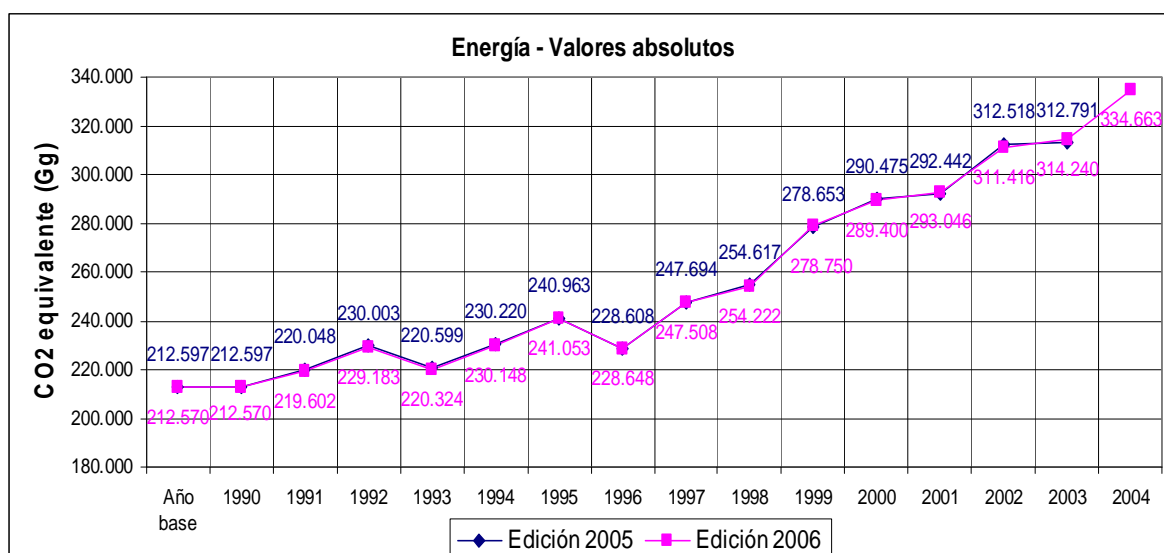
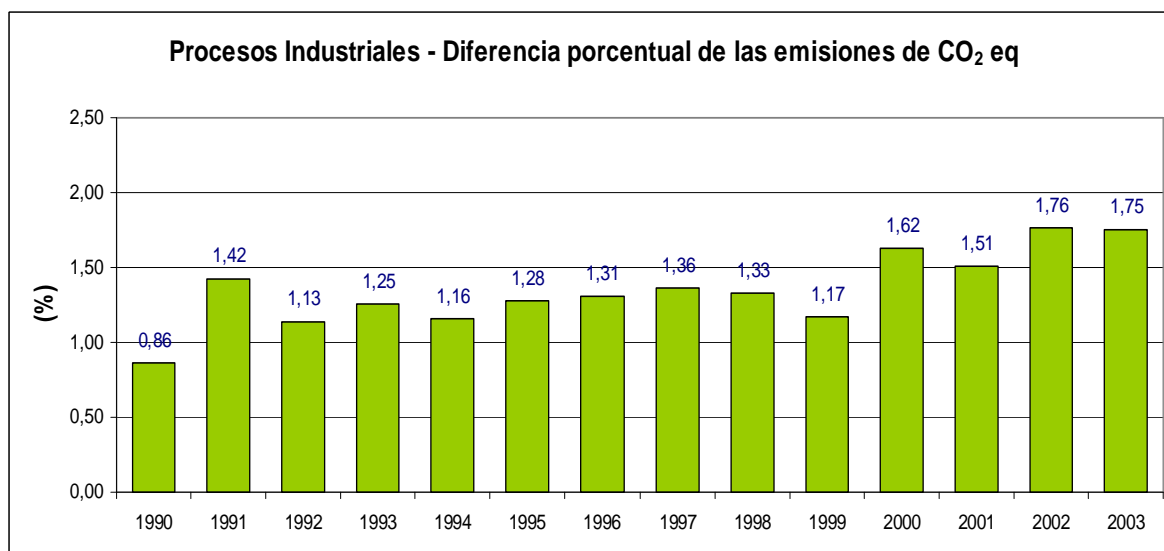
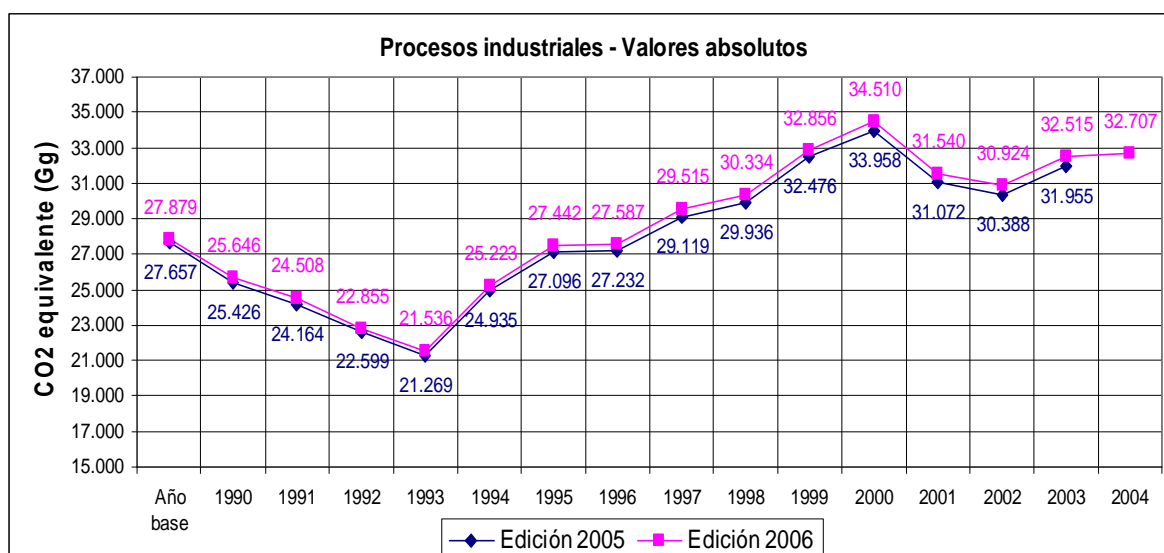


Figura 10.2.3.- Comparación de niveles de los procesos industriales





**Figura 10.2.4.- Comparación de niveles del uso de disolventes y otros productos**

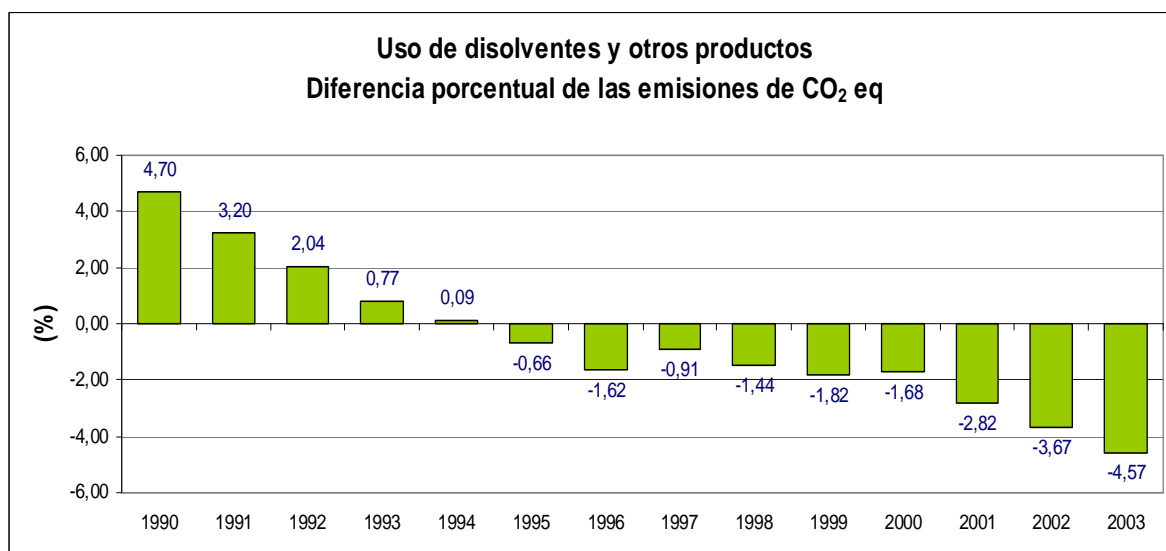
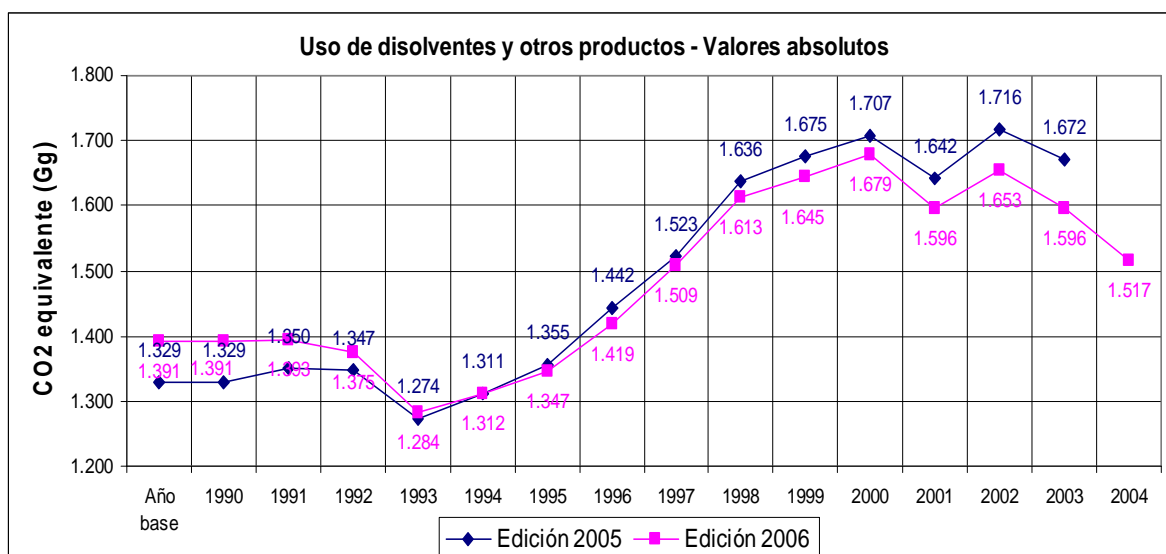


Figura 10.2.5.- Comparación de niveles de la agricultura

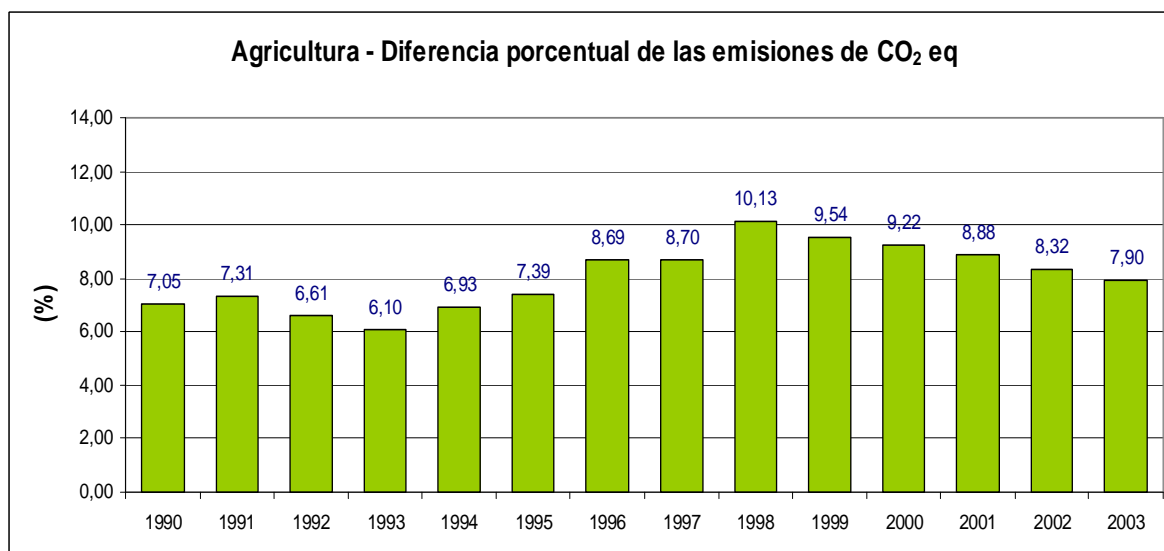
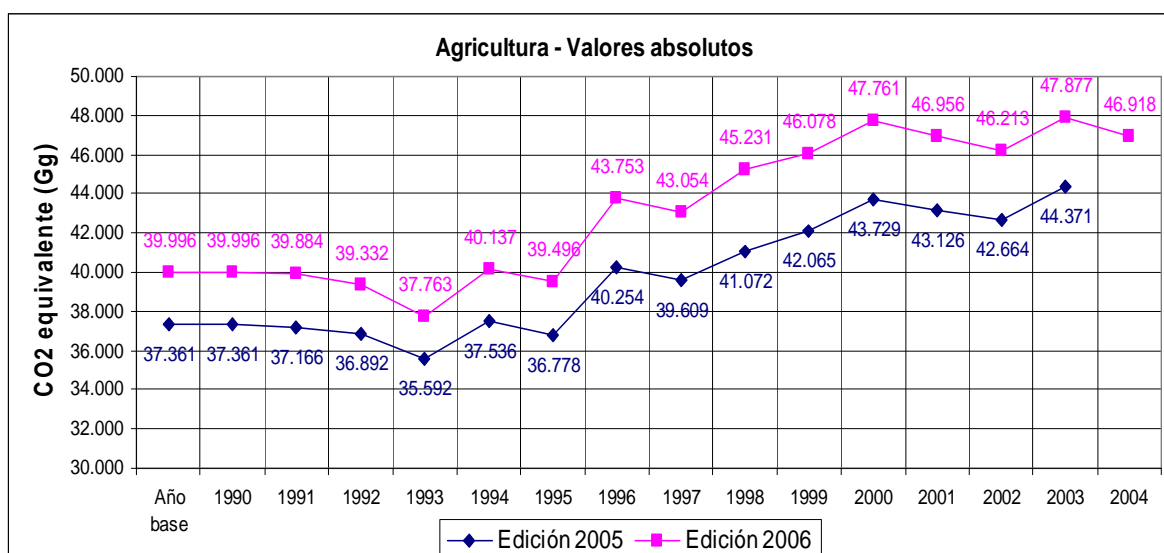
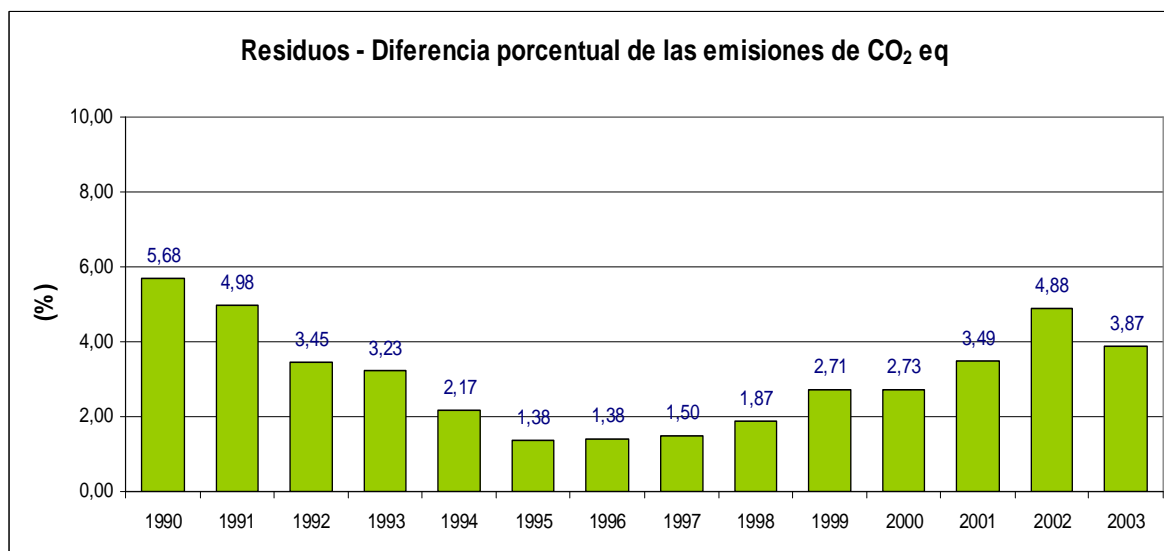
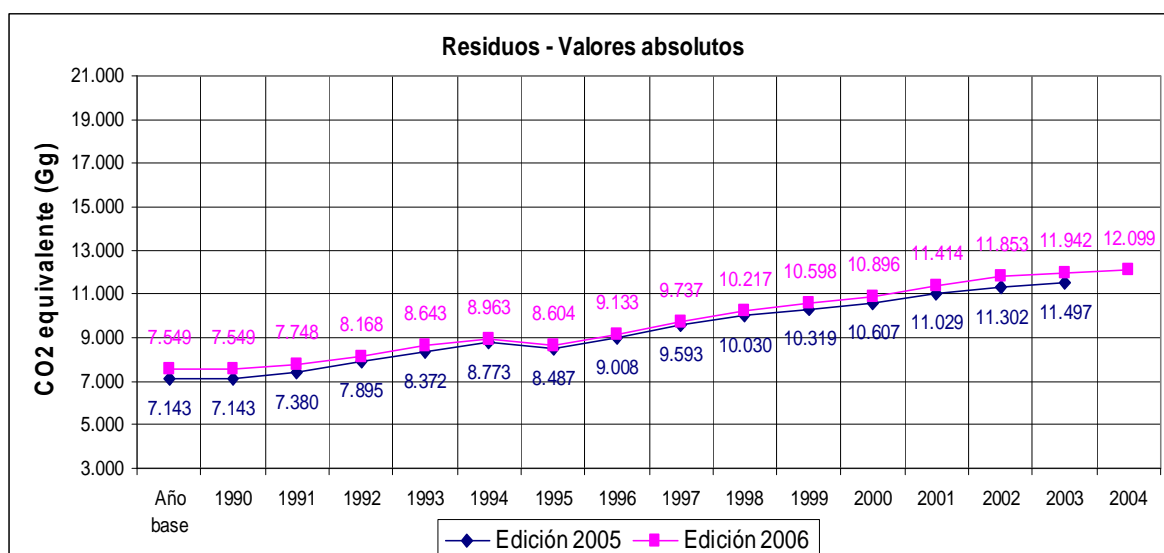


Figura 10.2.6.- Comparación de niveles de los residuos



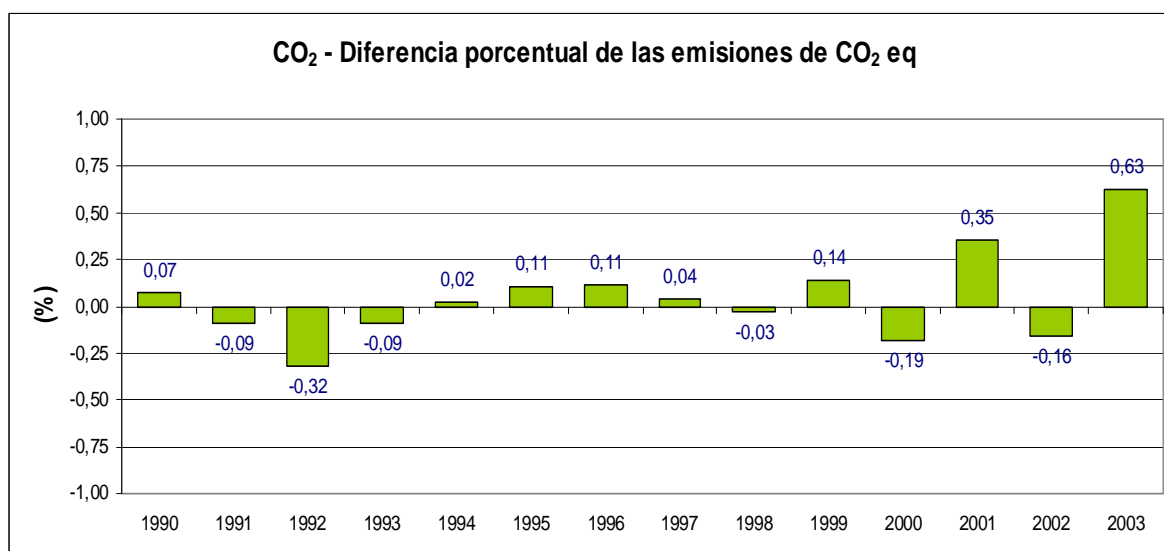
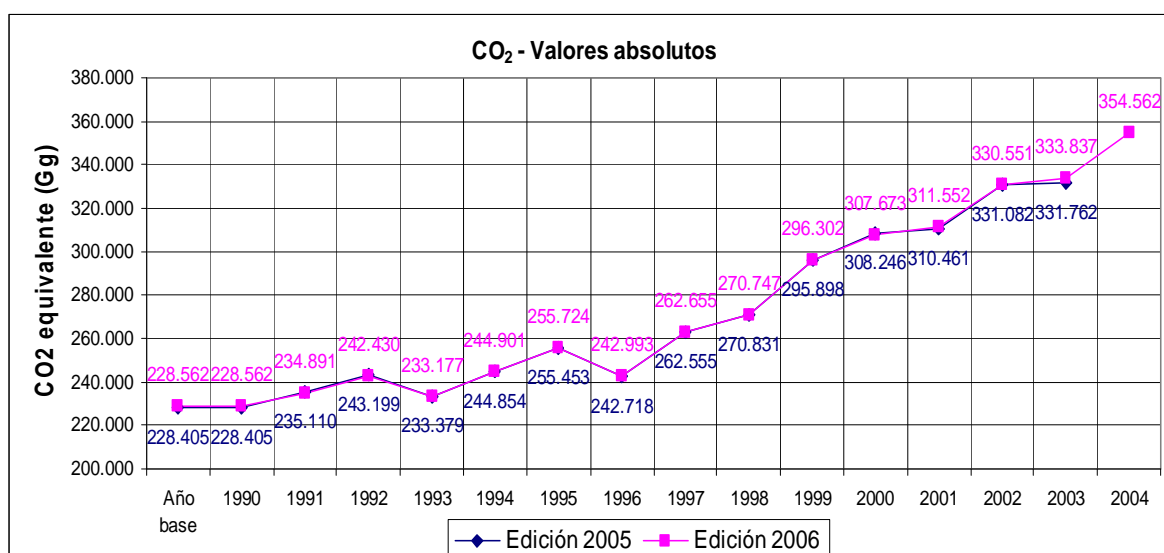
**Figura 10.2.7.- Comparación de niveles de las emisiones de CO<sub>2</sub>**

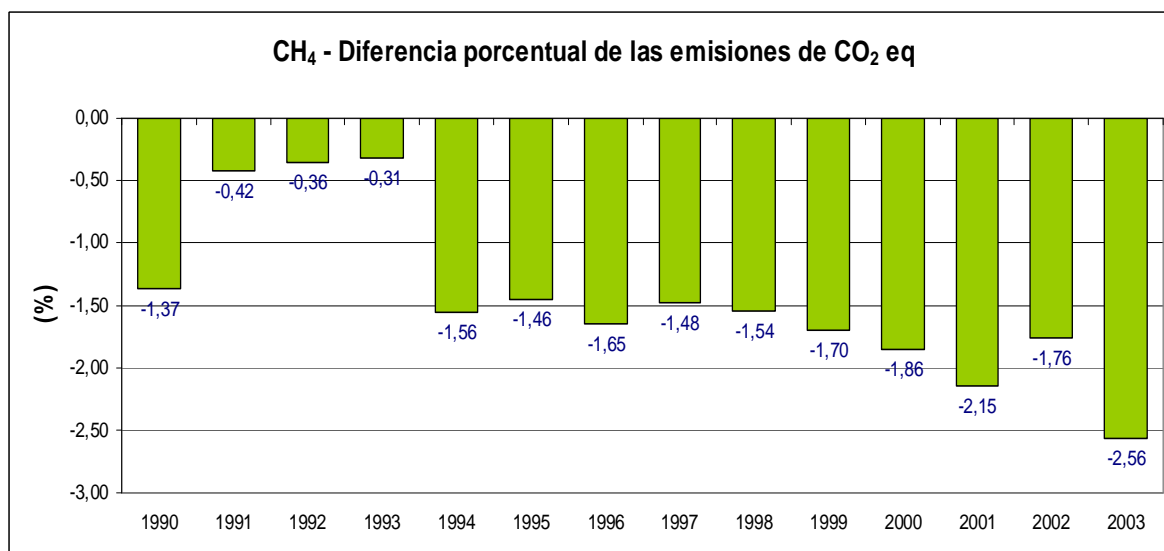
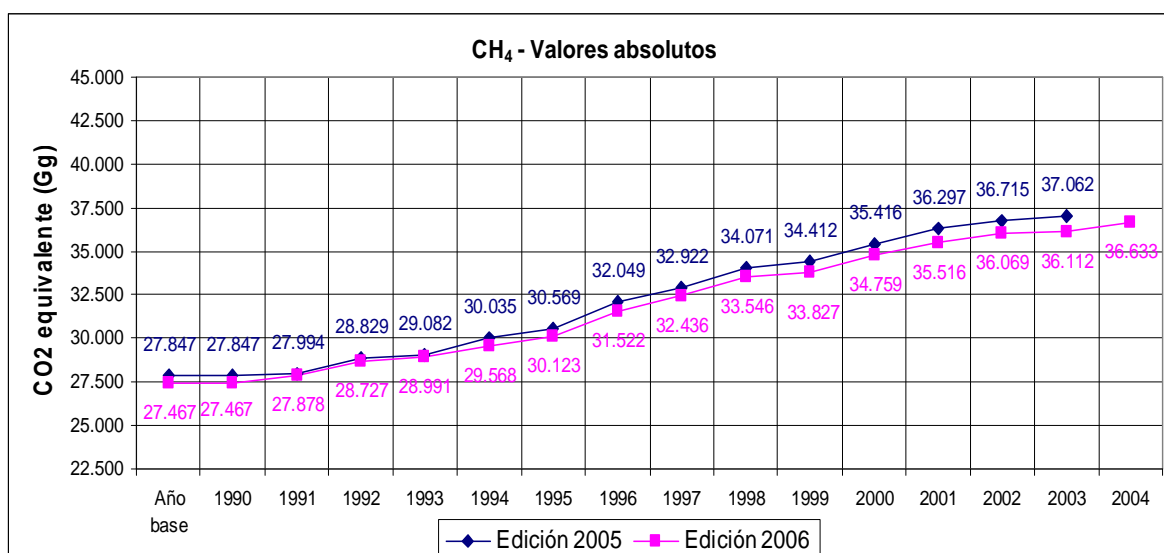
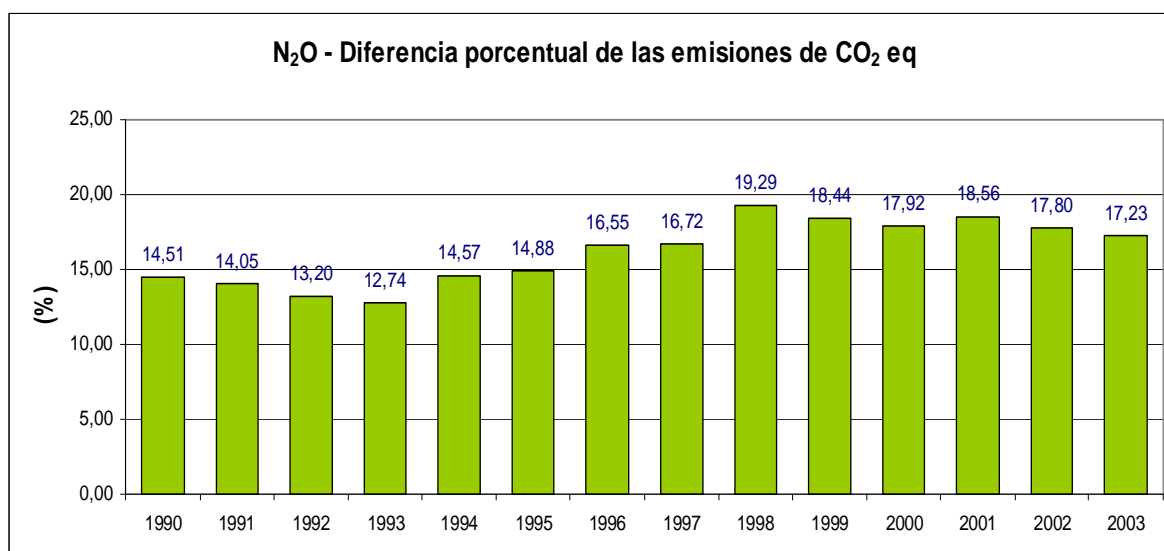
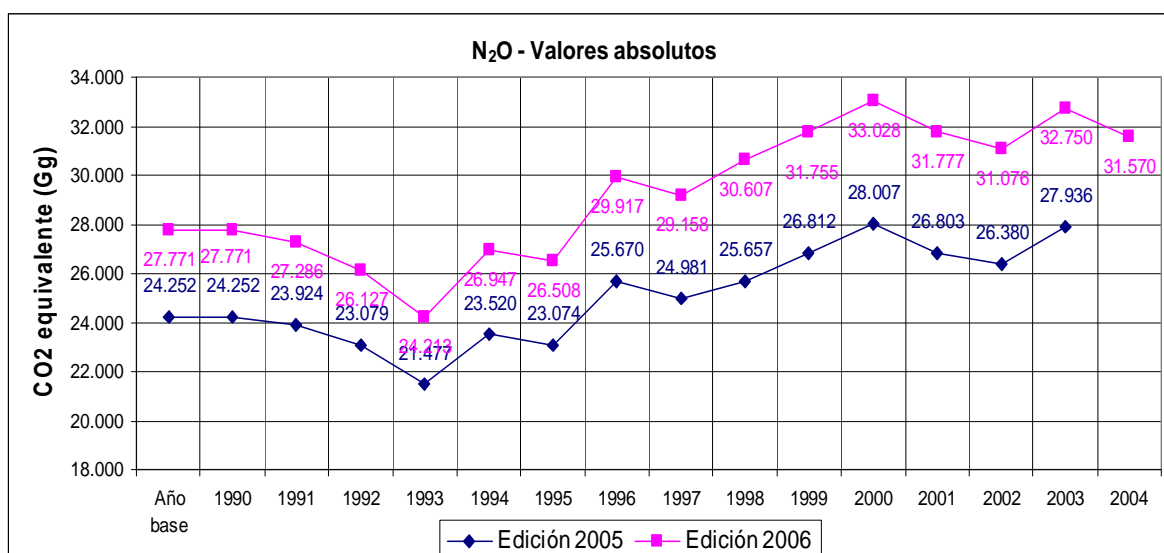
Figura 10.2.8.- Comparación de niveles de las emisiones de CH<sub>4</sub>

Figura 10.2.9.- Comparación de niveles de las emisiones de N<sub>2</sub>O

### **10.3 IMPLICACIONES EN LAS TENDENCIAS DE LAS EMISIONES.**

Para ilustrar las implicaciones de los nuevos cálculos en las tendencias de las emisiones, en las figuras 10.3.1 a 10.3.9 se muestra la evolución comparada en forma de números índices de los resultados (emisiones de CO<sub>2</sub>-equivalente) de la edición correspondiente al año 2006 del inventario con respecto a la edición anterior del año 2005.

En la figura 10.3.1 puede observarse la gran proximidad existente en los perfiles temporales de las series de los agregados de emisiones de CO<sub>2</sub>-equivalente entre ambas ediciones del inventario, que reflejan una pauta de perfil proporcional en las variaciones que se producen en las series de valores absolutas presentadas en el epígrafe anterior.

En la figura 10.3.2 puede apreciarse como los perfiles tendenciales del sector energético son muy similares a los de los homólogos del agregado. La explicación de esta similitud viene motivada por el peso que este sector tiene en el conjunto de las emisiones del inventario. Asimismo puede apreciarse que la diferencia relativa entre los perfiles de ambas ediciones del inventario es el reflejo de las variaciones existentes en los valores absolutos de las emisiones ya comentados en el epígrafe anterior.

En la figura 10.3.3 se aprecia como el índice correspondiente a las dos ediciones del inventario tiene valores muy próximos en la primera parte del intervalo temporal inventariado, y como a partir del año 1995, aun manteniéndose esa pauta de proximidad, se observa un ligero incremento en las diferencias relativas entre las ambas series, situándose la de la edición actual por encima de la correspondiente a la edición anterior.

La figura 10.3.4 muestra el progresivo incremento que se produce en las distancias relativas entre las emisiones de ambas ediciones del inventario motivado por el descenso que se produce en los contenidos de COV de las pinturas utilizadas en la construcción y en el uso doméstico.

En la figura 10.3.5 se observa que en la primera parte del periodo inventariado la pauta temporal de las series es muy similar, y cómo a partir del año 1996 se produce una clara separación en la evolución de ambos índices.

En el sector de tratamiento de residuos la figura 10.3.6 muestra como la serie correspondiente a la edición actual del inventario presenta un menor crecimiento relativo acumulado a lo largo del periodo inventariado, excepto en los años finales en los que se produce un estrechamiento entre las diferencias relativas de ambas series.

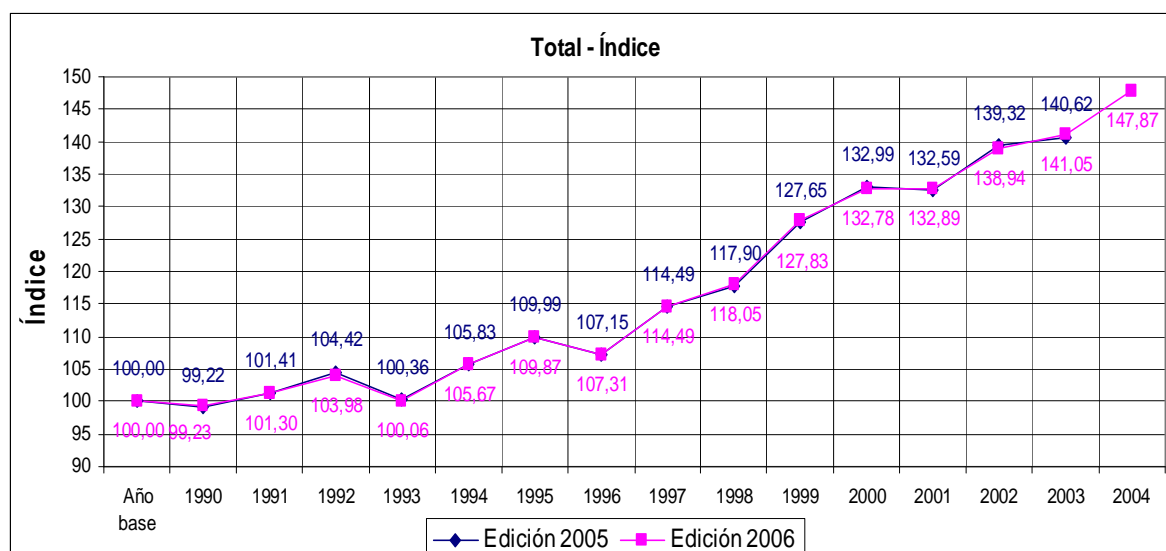
Por último, en las figuras 10.3.7 a 10.3.9 se muestran los comportamientos de ambas series para los tres gases principales del inventario: CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O.

En cuanto al CO<sub>2</sub>, los índices de evolución temporal que se muestran en la figura 10.3.7 están dominados por los nuevos cálculos realizados en los sectores Energía y Procesos Industriales. La similitud existente entre el perfil temporal de las emisiones de CO<sub>2</sub> y los correspondientes al sector de Energía queda explicado por la importancia que dicho sector tiene en el conjunto de las emisiones de CO<sub>2</sub> del inventario.

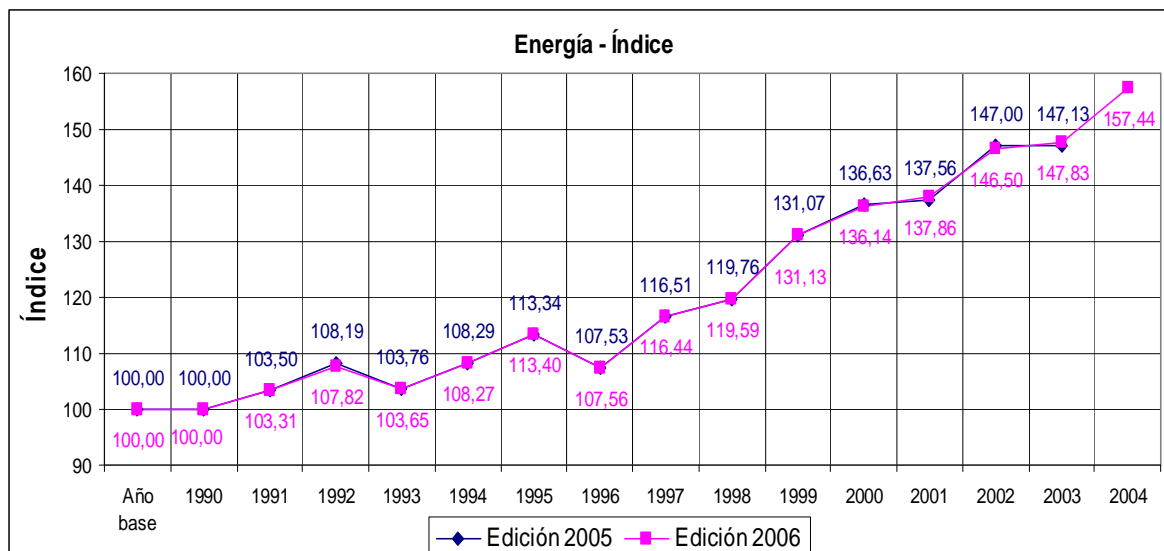
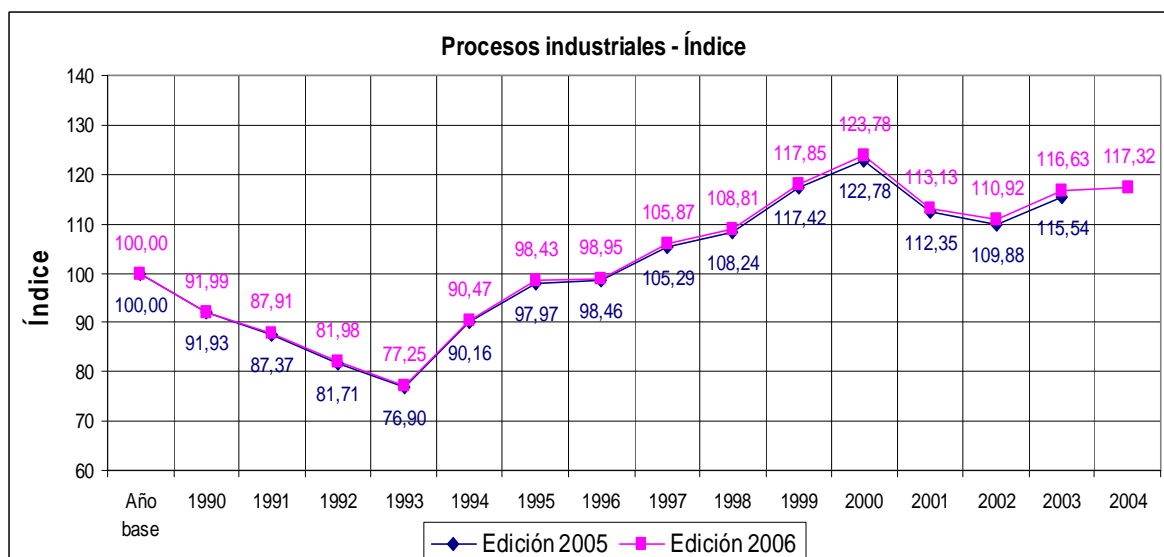
Por lo que al CH<sub>4</sub> se refiere, los índices de evolución temporal están determinados mayoritariamente por las emisiones de los sectores de Agricultura y Residuos. Así pues, los comentarios realizados más arriba para estos sectores sirven para explicar los perfiles temporales de este gas.

En la figura 10.3.9 se muestra la pauta temporal de las emisiones de N<sub>2</sub>O para el conjunto de actividades que emiten dicho gas. Valen aquí los comentarios realizados más arriba sobre el sector Agricultura, dado que dicho sector es el principal causante de las modificaciones realizadas en la presente edición del inventario con respecto a las emisiones de este gas.

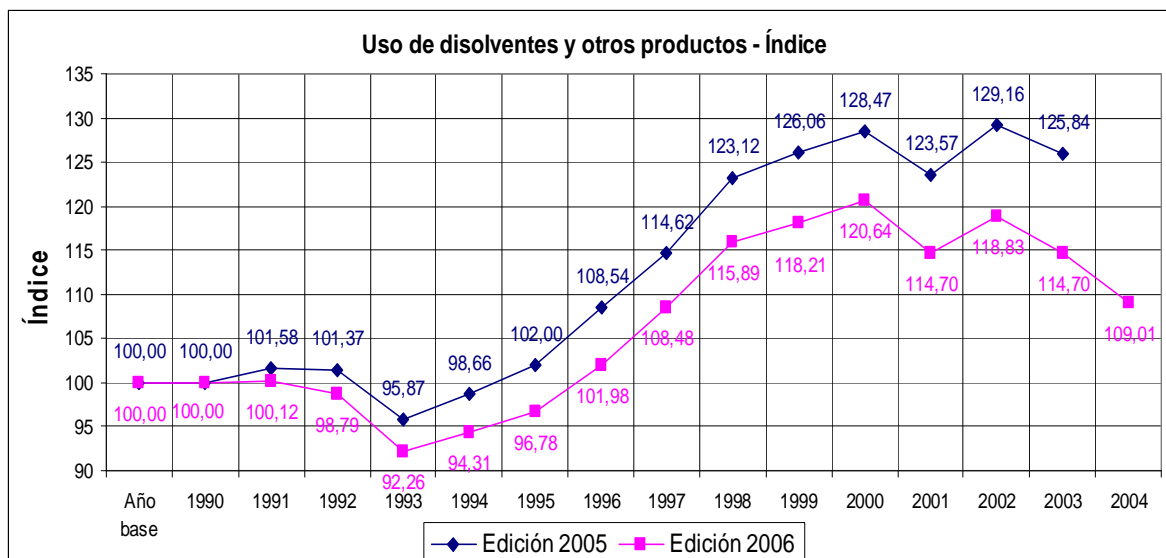
**Figura 10.3.1.- Comparación de tendencias del agregado**



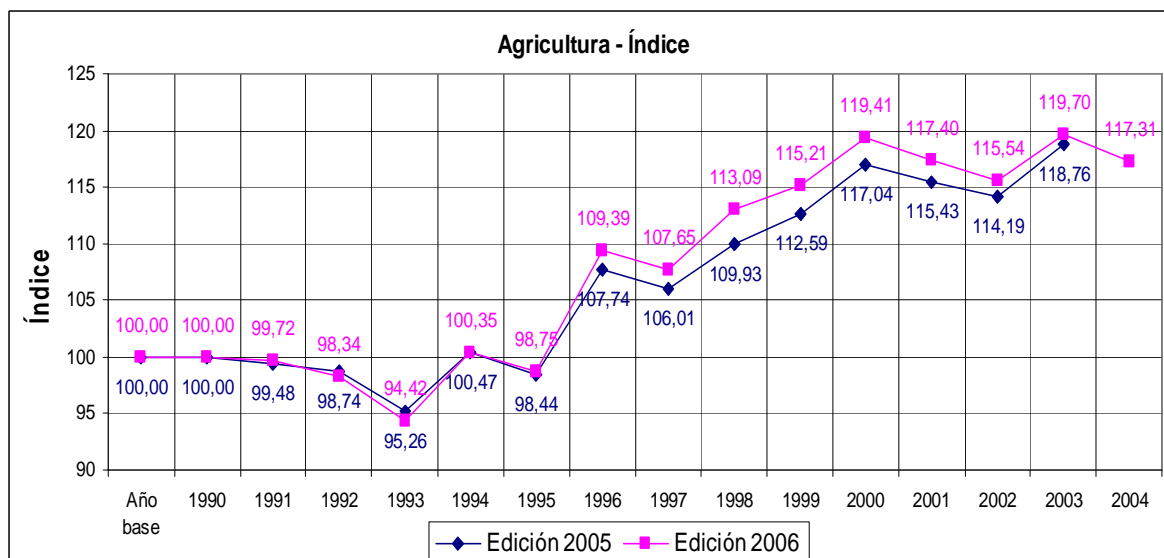


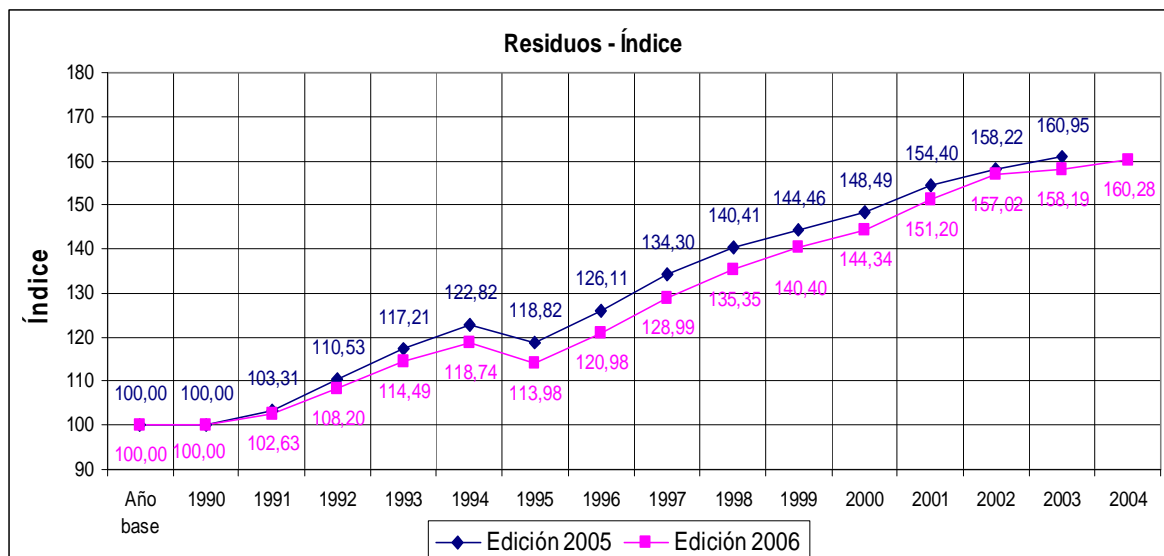
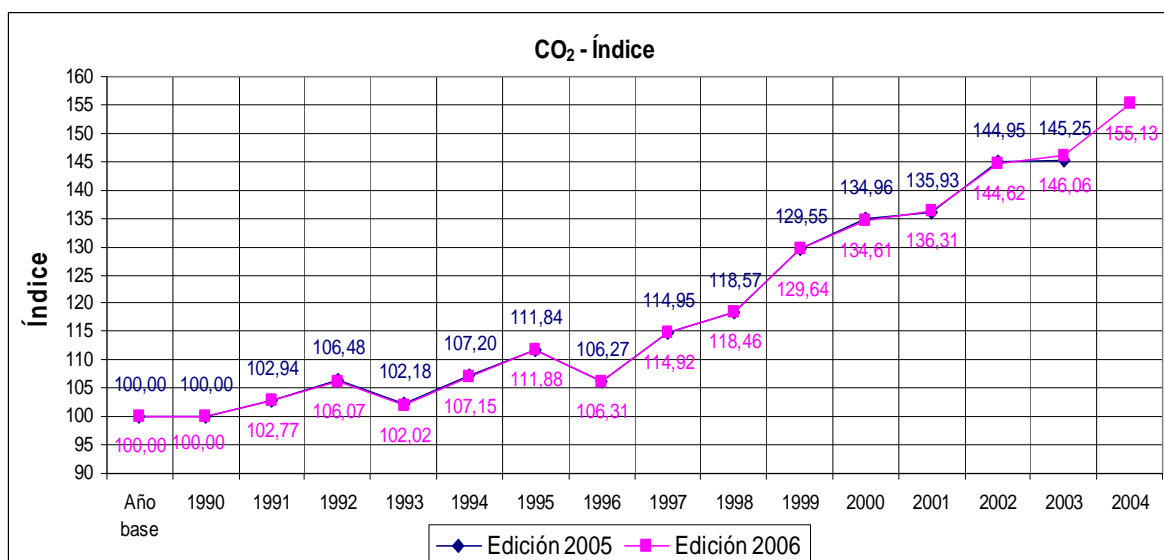
**Figura 10.3.2.- Comparación de tendencias del sector energía****Figura 10.3.3.- Comparación de tendencias de los procesos industriales**

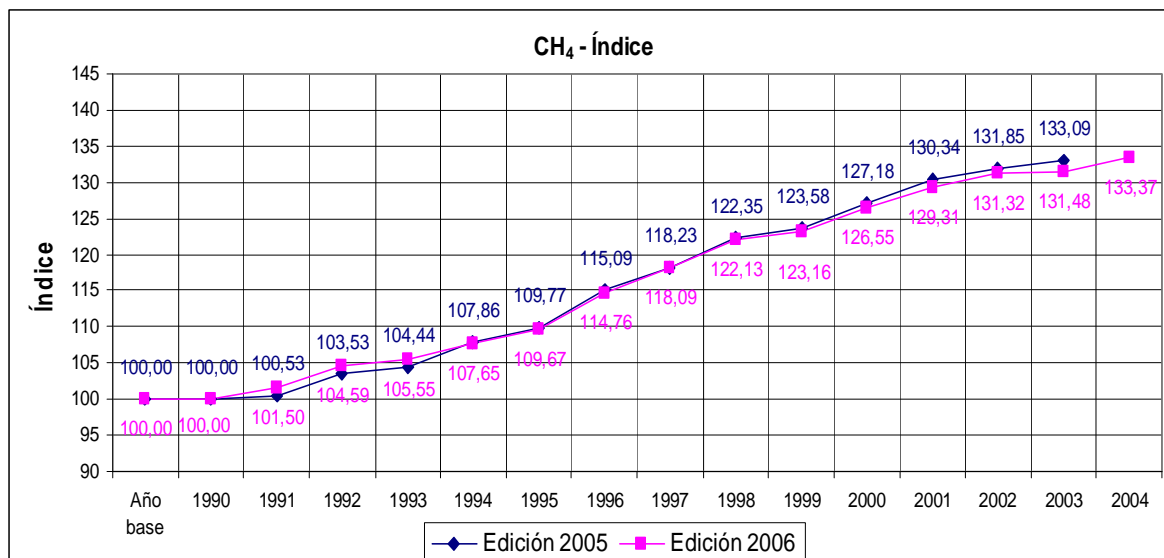
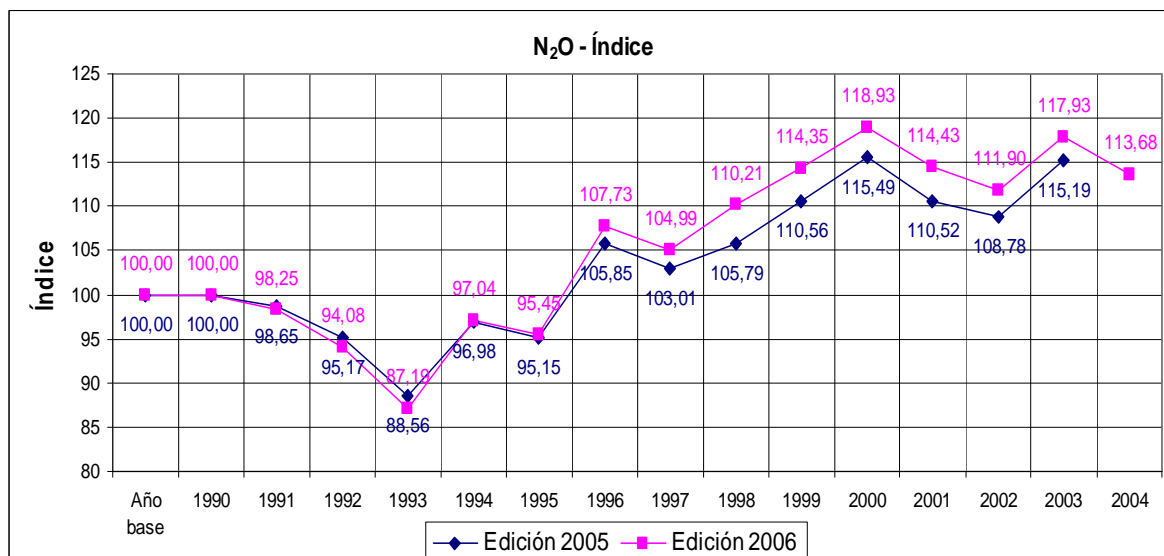
**Figura 10.3.4.- Comparación de tendencias del uso de disolventes y otros productos**



**Figura 10.3.5.- Comparación de tendencias de la agricultura**



**Figura 10.3.6.- Comparación de tendencias de los residuos****Figura 10.3.7.- Comparación de tendencias de las emisiones de CO<sub>2</sub>**

**Figura 10.3.8.- Comparación de tendencias de las emisiones de CH<sub>4</sub>****Figura 10.3.9.- Comparación de tendencias de las emisiones de N<sub>2</sub>O**

#### **10.4 REALIZACIÓN DE NUEVOS CÁLCULOS Y MEJORAS PREVISTAS EN EL INVENTARIO.**

Nuevos cálculos derivados de recomendaciones del equipo revisor del inventario.

Una de las motivaciones de los nuevos cálculos ha sido la de dar una respuesta satisfactoria a las recomendaciones efectuadas en su caso por el equipo revisor de la SCMCC con respecto a determinados ajustes propuestos para el inventario.

En este caso se encuentran la notificación de ajuste potencial de los factores de emisión de CO<sub>2</sub> en el uso de combustibles sólidos en determinadas sub-categorías (1A2c, Industria química; 1A2d, Papel, pasta de papel y artes gráficas; 1A2e, Alimentación, bebidas y tabaco; y 1A2f, Otros) dentro de la categoría 1A2, Combustión en la industria manufacturera y de construcción.

El motivo de esta notificación era que los valores de los factores de emisión implícitos para los combustibles sólidos se habían identificado como valores atípicos, encontrándose además entre los más altos de los informados por los distintos países. Ante el requerimiento de información al respecto España informó que en correspondencia con ese factor de emisión implícito se encontraba una gran variedad de combustibles que incluía: carbón coquizable, carbones bituminoso y sub-bituminoso, coque de carbón, gases derivados de carbón (gas de coquería, gas de horno alto y gas manufacturado).

En la explicación facilitada por España se apuntaba que de todos estos combustibles eran los carbones bituminosos y sub-bituminosos los que presumiblemente provocaban valores atípicos no justificados en los factores de emisión implícitos. En efecto, los valores utilizados de los factores de CO<sub>2</sub> en las sub-categorías antes mencionadas eran de 112 Mg/TJ para el carbón bituminoso y 119 Mg/TJ para el sub-bituminoso, deducidos a partir de información de los carbones utilizados en las centrales térmicas ante la ausencia de información específica sobre las características de los carbones consumidos en las citadas sub-categorías de 1A2. Ante la justificación dada por España, el equipo revisor de la SCMCC propuso que en lugar de aquellos factores se utilizara un valor común igual al correspondiente factor de emisión implícito de los combustibles sólidos utilizados por las centrales térmicas en el año base 1990 (99,42 Mg/TJ). Este factor ha sido utilizado en esta edición del inventario uniformemente a lo largo de la serie 1990-2004 para las cuatro sub-categorías más arriba citadas.

Otro caso similar ha sido el de la revisión efectuada en la categoría 4A Fermentación entérica en ganado doméstico del sector de Agricultura, en que al seguir el enfoque de nivel 1 de la metodología IPCC se ha eliminado, siguiendo las recomendaciones del equipo revisor de la SCMCC, la reducción de un 20% del

factor de emisión para las crías. Esto ha originado la subida proporcional correspondiente de las emisiones de estos animales.

### **Mejoras previstas en el inventario.**

Aunque una relación detallada de las mejoras previstas en el inventario ya ha sido presentada para cada actividad en los correspondientes capítulos sectoriales, se reseñan aquí las que pudieran considerarse más relevantes dentro de cada uno de los sectores del inventario.

#### **a) Energía**

Dada la importancia de este sector en el inventario, se planea intensificar el control de las características de los combustibles utilizados, en especial para las centrales térmicas y refinerías de petróleo, con el fin de poder detectar con mayor precisión los eventuales valores atípicos reportados por algunas plantas, así como subsanar las carencias de información que en el pasado no siempre ha sido completa.

Otra línea de mejora es la de continuar y profundizar con el acceso a información individualizada por planta en determinados sectores. Tales son los casos de las coquerías no emplazadas en plantas siderúrgicas integrales o de determinados sectores de la industria metalúrgica no férrea en los que el número de plantas existentes es reducido (fabricación de zinc primario, plomo secundario y cobre primario y secundario).

Para el transporte por carretera el procedimiento de estimación irá evolucionando en paralelo con los nuevos desarrollos que se produzcan en la metodología COPERT y con la revisión de la composición del parque de vehículos. Con relación al parque, y en colaboración con la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento, se estimará por edades el parque vivo, entendido como el conjunto de vehículos existentes (es decir, no achataados) que potencialmente pueden circular por las carreteras y viario urbano. Este parque vivo sustituirá, en cuanto a la composición del parque para la estimación del modelo de emisiones, al que hasta ahora se venía utilizando en el modelo del inventario y que era denominado como parque registrado. El cambio de parque registrado a parque vivo pretende actualizar las cifras del primero descontando la estimación del conjunto de vehículos que formando parte del parque registrado se consideran “no existentes” (no vivos) si bien no ha sido registrada su baja en el registro oficial. Obviamente esta estimación no se puede realizar a nivel individualizado sino por conjuntos que se consideren estadísticamente representativos. El efecto final será un “rejuvenecimiento” del parque operativo para el modelo de emisiones, lo que en definitiva se entiende que constituirá una mejora de la representatividad del mismo.

Por lo que al transporte aéreo se refiere, se encuentra actualmente en proceso un proyecto de colaboración entre la Dirección General de Aviación Civil y el

organismo internacional EUROCONTROL con el propósito de recopilar información de base más detallada y desarrollar una metodología avanzada para la estimación de las emisiones en el tráfico aéreo. En futuras ediciones se planea implantar en el inventario nacional los aspectos metodológicos e información derivada de este proyecto.

Debido a la incertidumbre actualmente asociada al consumo de combustibles en el tráfico marítimo, se considera prioritario poner en marcha un nuevo mecanismo de colaboración tanto con el ente de Puertos del Estado como con ANAVE, para acceder y poder procesar la información correspondiente al consumo de combustibles en el tráfico marítimo nacional, e incluso de las rutas marítimas seguidas por el mismo.

b) Procesos industriales

Al igual que en el sector de Energía, una actuación prometedora para la mejora de las estimaciones del inventario es el planteamiento de recogida de información individualizada por planta en actividades en los que no se dispone todavía de ese desglose de la información tales como las acerías eléctricas, así como incorporar información específica de planta de otras variables como por ejemplo tecnologías de control de las emisiones, que permitan una mayor exactitud en los niveles de los factores de emisión aplicados.

Entre los objetivos de mejora en el uso de HFC y PFC (categoría 2F) se consideran prioritarios los de revisión de las variables de actividad y de los parámetros que intervienen en el algoritmo de estimación de las emisiones en el sub-sector de frío y climatización, tanto de equipos estacionarios como de equipos móviles.

Como actuaciones de mejora en el uso de SF<sub>6</sub> en equipos eléctricos, se planea abordar las posibles emisiones que se generen en la fase de mantenimiento de los equipos y, por otra parte, recabar información específica sobre los sistemas de gestión en la retirada de equipos, incluyendo información sobre eficiencia en la recogida de SF<sub>6</sub> y sus eventuales tratamientos posteriores.

c) Uso de disolventes y otros productos.

Dentro de este sector hay un conjunto de tareas programadas para abordar con las principales asociaciones empresariales la revisión de las variables básicas de actividad así como de la caracterización de los procesos y técnicas aplicados en el uso de disolventes y el contenido de COVs de los mismos.

d) Agricultura

Durante la presente edición se ha realizado una revisión a gran escala de la metodología y los parámetros empleados en la estimación de las emisiones de la

agricultura en general y la ganadería en particular. En la actualidad se están acometiendo estudios específicos sobre la cabaña ganadera española con el fin de obtener datos directos de los especímenes de las razas existentes en España. Asimismo, se están realizando estudios de campo para poder determinar con mayor exactitud la distribución de los sistemas de manejo de los estiércoles en el caso español.

e) Residuos

Si bien ya se ha realizado un primer contacto con los vertederos que recuperan biogás, en el próximo inventario se intentará recabar la información directa de la totalidad de vertederos controlados que recuperan metano, con el objeto de estimar las cantidades recuperadas utilizando información específica de esas instalaciones.

En cuanto al tratamiento de aguas residuales, y reconocida la incertidumbre actualmente asociada a la variable de actividad, volumen de vertido y carga orgánica, se considera prioritaria la colaboración de la Dirección General de Infraestructuras y Calidad de las Aguas del MMA para acceder y poder procesar la información pertinente de la base de datos de estaciones depuradoras de aguas residuales.

Por último, se considera prioritaria la inclusión en el inventario de las plantas de incineración de residuos industriales y la actualización a partir del año 2000 de la información de base sobre la variable de actividad de la incineración de los residuos hospitalarios.



## **ANEXO 1: FUENTES DE EMISIÓN CLAVE**

Con el objetivo de optimizar la asignación de recursos para mejorar la exactitud y precisión de las estimaciones del inventario de emisiones, es necesario priorizar los procedimientos de aseguramiento y control de calidad sobre las actividades que, desde el punto de vista de su contribución a la incertidumbre de las estimaciones del inventario, se revelan como fuentes clave o prioritarias.

En este sentido, la Guía de Buenas Prácticas de IPCC define una fuente de emisión como clave si tal fuente puede ejercer una influencia significativa en la estimación ya sea en el valor absoluto o de la tendencia de la estimación del conjunto de inventario.

Desde un punto de vista operativo la citada Guía establece dos enfoques o niveles para abordar la identificación de las fuentes clave. El enfoque de nivel 1 se orienta a determinar la influencia que, ya sea en valor absoluto o en la tendencia de la serie, una fuente de emisión puede ejercer sobre la incertidumbre de la estimación global del inventario, pero sin necesidad de acudir a procedimientos formales de análisis de la incertidumbre. El enfoque de nivel 2 hace un planteamiento similar pero contando con que se dispone de la información previa derivada de un análisis formal de la incertidumbre. En el caso español, la identificación de fuentes clave se ha realizado con el enfoque de nivel 1.

Cuando se usa ese primer enfoque se debe distinguir entre la identificación de una fuente como clave bien sea en valor absoluto, bien en tendencia o en ambos conceptos. Para la identificación en valor absoluto, se parte de la fijación de un umbral (habitualmente del 95%) para la función de distribución acumulada de las emisiones según actividades del inventario, habiendo ordenado estas en sentido de contribución decreciente (en términos de emisiones de CO<sub>2</sub>-eq). Se puede considerar que el conjunto de las actividades incluidas en la función de distribución acumulada dentro de aquel umbral permite garantizar un porcentaje del orden del 90% de la incertidumbre conjunta del inventario<sup>99</sup>. Para la identificación en tendencia, el enfoque de nivel 1 fija también un umbral del 95%, pero establecido en este caso sobre la contribución de las actividades a la métrica de la tendencia<sup>100</sup>.

---

<sup>99</sup> Estudios desarrollados y publicados en "Methodological Choice in Inventory Preparation. Suggestions for Good Practice Guidance" (Flugsrud, 1999), comparando las fracciones acumuladas de las valoraciones de nivel/tendencia con las fracciones de incertidumbre en inventarios de diversos países, mostraban que una razonable aproximación al 90% de la incertidumbre total del inventario era cubierta seleccionando un umbral del 95% en las valoraciones.

<sup>100</sup> Las métricas respectivas para el valor absoluto y para la tendencia corresponden a las fórmulas (1) y (2) siguientes:

Además de la calificación, según proceda, de una fuente como clave respecto al valor absoluto y/o la tendencia, en términos cuantitativos, son de interés también en algunos casos juicios cualitativos respecto a aquellas fuentes que, adicionalmente a los criterios de nivel y/o tendencia, merecen atención por otros posibles motivos como candidatas a ejercer una influencia significativa sobre las estimaciones globales del inventario. En este caso se encuentran, entre otras, las siguientes categorías: el uso de HFC en las actividades de frío y refrigeración en las cuales se dispone de información escasa sobre la variable de actividad; y la asignación de consumos de combustibles a las actividades militares y el encuadre de tales consumos dentro del balance de combustibles del inventario nacional. Estas dos actividades serán objeto de investigación especial en las próximas ediciones del inventario.

Volviendo a la identificación cuantitativa de fuentes clave, puede decirse que los criterios adoptados en la presente edición responden a los principios establecidos en la Guía de Buenas Prácticas de IPCC, que en todo caso deja un amplio margen para incorporar consideraciones nacionales. Entre los elementos específicamente nacionales, se han considerado relevantes para la identificación de las fuentes clave, con el objetivo de permitir un análisis más pormenorizado de actividades significativas del inventario, los siguientes:

- Las emisiones de CO<sub>2</sub> por combustión estacionaria dentro del Sector Energía se han desglosado cruzando el tipo de combustible con las siguientes subcategorías: centrales térmicas (1A1a), refinerías de petróleo (1A1b), coquerías (1A1c) y otras fuentes (1A2+1A4)
- Dentro del tráfico por carretera, las emisiones de CO<sub>2</sub> se han desagregado en función del tipo de combustible, analizando por separado las emisiones asociadas a vehículos diesel de las emisiones correspondientes al parque de gasolina.
- Con relación a las emisiones fugitivas en el Sector Energía, se han diferenciado las emisiones para cada una de las subcategorías que la

---


$$(1) \quad L_{x,t} = \frac{E_{x,t}}{E_t}$$

$$(2) \quad T_{x,t} = L_{x,t} * \left| \frac{(E_{x,t} - E_{x,0})}{E_{x,t}} - \frac{(E_t - E_0)}{E_t} \right|$$

donde:

$L_{x,t}$  es la valoración de nivel para la categoría  $x$  en el año  $t$

$T_{x,t}$  es la valoración de tendencia para la categoría  $x$  en el año  $t$

$E_{x,t}$  y  $E_{x,0}$  son las estimaciones de emisiones para la categoría  $x$  en el año  $t$  y año 0, respectivamente

0 es el año base (i.e. 1995 para los compuestos fluorados y 1990 para el resto de contaminantes)

componen, combustibles sólidos (1B1) y productos petrolíferos y gas (1B2), por tipo de contaminante, CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub>.

- Para asegurar un análisis exhaustivo del inventario se ha ampliado el índice de categorías expuestas en la tabla 7.1 de la citada Guía adaptándola a la relación de fuentes emisoras nacionales de contaminantes con poder de calentamiento. En el conjunto de nuevas categorías incluidas con este objeto cabe señalar la presencia de actividades identificadas como fuentes clave por su valor absoluto y/o su tendencia, entre otras:
  - Producción de dolomita y piedra caliza (2A3) por el gas CO<sub>2</sub>
  - Otros procesos industriales, donde se excluyen la producción de cemento (2A1), cal (2A2), dolomita y piedra caliza (2A3), y siderurgia (2C1), por el gas CO<sub>2</sub>
  - Consumo de halocarburos y SF<sub>6</sub> (2F) por los gases HFC y PFC
  - Uso de disolventes y de otros productos (3) por el gas CO<sub>2</sub>
  - Emisiones de suelos agrícolas asociadas a producción animal (4D2) por N<sub>2</sub>O

Conviene hacer notar aquí que la relación de posibles fuentes emisoras fijada en el apartado *Fuentes clave* del CRF Reporter muestra diferente nivel de desagregación al contemplado en este informe en la determinación de fuentes clave. Al encontrarse en el CRF Reporter más agregadas las categorías y no hacerse distinción por tipo de combustible no resultaba factible reproducir los resultados obtenidos en este informe, habiéndose optado en consecuencia por no cumplimentar la información relativa a fuentes clave en el CRF Reporter.

Una vez presentado el enfoque del análisis y comentado el nivel de desagregación se pasa a mostrar los resultados obtenidos en la identificación de fuentes de emisión clave para el valor absoluto de los años inicial (1990) y final (2004), tablas A1.1 y A1.2, y de la tendencia en el año 2004, tabla A1.3. Una síntesis de los resultados para el conjunto del periodo se muestra en la tabla 1.5.1.

Por último interesa señalar que el desarrollo de los capítulos sectoriales (capítulo 3 “Energía”; capítulo 4 “Procesos Industriales”; capítulo 5 “Uso de disolventes y otros productos”; capítulo 6 “Agricultura”; capítulo 8 “Residuos”) del inventario incluye el análisis de todas las fuentes clave aquí identificadas.

Tabla A1.1.- Contribución por actividades al “Nivel” – Año 1990

CATEGORÍAS DE FUENTES IPCC		Combustible	Gas	Gg CO <sub>2</sub> Equivalente	Contribución (1)	Acumulado (2)
1A1a	Producción de Electricidad y Calor en CCTT de Servicio Público	Sólido	CO <sub>2</sub>	57.787,48	20,12	20,12
1A2+1A4	Combustión Estacionaria - Otras fuentes	Líquido	CO <sub>2</sub>	46.198,77	16,09	36,21
1A3b	Transporte por Carretera	Gasolina	CO <sub>2</sub>	25.928,33	9,03	45,24
1A3b	Transporte por Carretera	Gasóleo	CO <sub>2</sub>	24.435,56	8,51	53,75
1A2+1A4	Combustión Estacionaria - Otras fuentes	Sólido	CO <sub>2</sub>	15.589,41	5,43	59,18
2A1	Producción de Cemento		CO <sub>2</sub>	12.534,33	4,37	63,55
4A	Fermentación Entérica en Ganado Doméstico		CH <sub>4</sub>	11.779,63	4,10	74,94
1A1b	Refino de petróleo	Líquido	CO <sub>2</sub>	10.860,82	3,78	78,34
4D1	Suelos Agrícolas - Emisiones Directas		N <sub>2</sub> O	10.080,19	3,51	74,94
1A2+1A4	Combustión Estacionaria - Otras fuentes	Gaseoso	CO <sub>2</sub>	9.757,49	3,40	80,96
4D3	Suelos Agrícolas - Emisiones Indirectas		N <sub>2</sub> O	7.515,37	2,62	83,13
4B	Gestión de Estiércol		CH <sub>4</sub>	6.230,60	2,17	83,13
1A1a	Producción de Electricidad y Calor en CCTT de Servicio Público	Líquido	CO <sub>2</sub>	6.006,63	2,09	85,22
1A3a	Aviación Civil		CO <sub>2</sub>	4.135,39	1,44	86,66
6A	Depósito en Vertederos		CH <sub>4</sub>	3.783,37	1,32	87,98
2B2	Producción de Ácido Nítrico		N <sub>2</sub> O	2.884,16	1,00	88,98
2-2A1-2A2-2A3-2C1	Otros Procesos Industriales		CO <sub>2</sub>	2.644,25	0,92	89,90
4B	Gestión de Estiércol		N <sub>2</sub> O	2.464,77	0,86	90,76
2E1	Fabricación de HCFC-22 (Emisión de HFC-23)		HFC	2.403,18	0,84	91,60
1A1c	Transformación de combustibles sólidos	Sólido	CO <sub>2</sub>	1.847,39	0,64	92,24
2C1	Producción de Hierro y Acero		CO <sub>2</sub>	1.824,93	0,64	92,87
1B1	Emisiones Fugitivas en Minería y Tratamiento de Carbón		CH <sub>4</sub>	1.819,51	0,63	93,51
1B2	Emisiones Fugitivas Petróleo y Gas Natural		CO <sub>2</sub>	1.743,69	0,61	94,12
1A3d	Tráfico Marítimo Nacional		CO <sub>2</sub>	1.499,79	0,52	95,15
4D2	Suelos Agrícolas - Producción animal		N <sub>2</sub> O	1.366,32	0,48	95,11

**SUBTOTAL** 273.121,39  
**EMISIONES TOTALES** 287.152,37  
**PORCENTAJE DEL TOTAL** 95,11

(1). Porcentaje simple de la categoría de actividad al nivel total del inventario.

(2). Porcentaje acumulado de las categorías de actividad al nivel total del inventario.

Tabla A1.2.- Contribución por actividades al “Nivel” – Año 2004

CATEGORÍAS DE FUENTES IPCC		Combustible	Gas	Gg CO <sub>2</sub> Equivalente	Contribución (1)	Acumulado (2)
1A1a	Producción de Electricidad y Calor en CCTT de Servicio Público	Sólido	CO <sub>2</sub>	75.244,68	17,58	17,58
1A3b	Transporte por Carretera	Gasóleo	CO <sub>2</sub>	65.597,63	15,33	32,91
1A2+1A4	Combustión Estacionaria - Otras fuentes	Líquido	CO <sub>2</sub>	57.913,06	13,53	46,45
1A2+1A4	Combustión Estacionaria - Otras fuentes	Gaseoso	CO <sub>2</sub>	46.712,78	10,92	57,37
1A3b	Transporte por Carretera	Gasolina	CO <sub>2</sub>	24.556,31	5,74	63,10
2A1	Producción de Cemento		CO <sub>2</sub>	16.630,92	3,89	66,99
4A	Fermentación Entérica en Ganado Doméstico		CH <sub>4</sub>	13.705,92	3,20	81,11
1A1a	Producción de Electricidad y Calor en CCTT de Servicio Público	Gaseoso	CO <sub>2</sub>	12.238,95	2,86	73,05
1A1b	Refino de petróleo	Líquido	CO <sub>2</sub>	12.056,85	2,82	75,87
1A1a	Producción de Electricidad y Calor en CCTT de Servicio Público	Líquido	CO <sub>2</sub>	11.877,24	2,78	81,11
4D1	Suelos Agrícolas - Emisiones Directas		N <sub>2</sub> O	10.552,70	2,47	81,11
4B	Gestión de Estiércol		CH <sub>4</sub>	8.896,47	2,08	83,19
4D3	Suelos Agrícolas - Emisiones Indirectas		N <sub>2</sub> O	8.392,75	1,96	87,01
6A	Depósito en Vertederos		CH <sub>4</sub>	7.953,40	1,86	87,01
1A2+1A4	Combustión Estacionaria - Otras fuentes	Sólido	CO <sub>2</sub>	5.954,85	1,39	88,40
1A3a	Aviación Civil		CO <sub>2</sub>	5.889,87	1,38	89,78
2F	Consumo de Halocarburos y SF <sub>6</sub>		HFC y PFC	3.915,15	0,91	90,70
2-2A1-2A2-2A3-2C1	Otros Procesos Industriales		CO <sub>2</sub>	3.390,56	0,79	91,49
4B	Gestión de Estiércol		N <sub>2</sub> O	2.962,31	0,69	92,18
1A3b	Transporte por Carretera		N <sub>2</sub> O	2.478,16	0,58	92,76
1A3d	Tráfico Marítimo Nacional		CO <sub>2</sub>	2.418,64	0,57	93,32
2A3	Uso de piedra caliza y dolomita		CO <sub>2</sub>	2.206,81	0,52	93,84
1B2	Emisiones Fugitivas Petróleo y Gas Natural		CO <sub>2</sub>	2.177,00	0,51	94,35
6B	Tratamiento de Aguas Residuales		CH <sub>4</sub>	2.074,93	0,48	95,32
2C1	Producción de Hierro y Acero		CO <sub>2</sub>	1.879,10	0,44	95,27

**SUBTOTAL** 407.677,02

**EMISIONES TOTALES** 427.904,58

**PORCENTAJE DEL TOTAL** 95,27

(1). Porcentaje simple de la categoría de actividad al nivel total del inventario.

(2). Porcentaje acumulado de las categorías de actividad al nivel total del inventario.

Tabla A1.3.- Contribución por actividades a la “Tendencia” – Año 2004

CATEGORÍAS DE FUENTES IPCC		Combustible	Gas	Gg CO <sub>2</sub> -e Año base	Gg CO <sub>2</sub> -e 2004	Tendencia (1)	Contribución (2)	Acumulado (3)
1A2+1A4	Combustión Estacionaria - Otras fuentes	Gaseoso	CO <sub>2</sub>	9.757,49	46.712,78	0,051	18,30	18,30
1A3b	Transporte por Carretera	Líquido	CO <sub>2</sub>	24.435,56	65.597,63	0,047	16,70	35,01
1A2+1A4	Combustión Estacionaria - Otras fuentes	Sólido	CO <sub>2</sub>	15.589,41	5.954,85	0,027	9,69	44,70
1A3b	Transporte por Carretera	Líquido	CO <sub>2</sub>	25.928,33	24.556,31	0,022	7,81	52,51
1A1a	Producción de Electricidad y Calor en CCTT de Servicio Público	Gaseoso	CO <sub>2</sub>	427,14	12.238,95	0,018	6,58	59,09
1A2+1A4	Combustión Estacionaria - Otras fuentes	Líquido	CO <sub>2</sub>	46.198,77	57.913,06	0,016	5,90	64,99
1A1a	Producción de Electricidad y Calor en CCTT de Servicio Público	Sólido	CO <sub>2</sub>	57.787,48	75.244,68	0,016	5,78	70,77
2E1	Fabricación de HCFC-22 (Emisión de HFC-23)		HFC	4.637,88	453,92	0,010	3,63	74,40
4D1	Suelos Agrícolas - Emisiones Directas		N <sub>2</sub> O	10.080,19	10.552,70	0,007	2,47	76,87
1A1b	Refino de petróleo	Líquido	CO <sub>2</sub>	10.860,82	12.056,85	0,006	2,27	79,14
2F	Consumo de Halocarburos y SF <sub>6</sub>		HFC y PFC	7,91	3.915,15	0,006	2,21	81,35
4A	Fermentación Entérica en Ganado Doméstico		CH <sub>4</sub>	11.779,63	13.705,92	0,006	2,10	83,46
1A1a	Producción de Electricidad y Calor en CCTT de Servicio Público	Líquido	CO <sub>2</sub>	6.006,63	11.877,24	0,005	1,70	85,15
4D3	Suelos Agrícolas - Emisiones Indirectas		N <sub>2</sub> O	7.515,37	8.392,75	0,004	1,54	86,70
2B2	Producción de Acido Nítrico		N <sub>2</sub> O	2.884,16	1.787,63	0,004	1,40	88,10
6A	Depósito en Vertederos		CH <sub>4</sub>	3.783,37	7.953,40	0,004	1,34	89,44
2A1	Producción de Cemento		CO <sub>2</sub>	12.534,33	16.630,92	0,003	1,08	90,52
1B1	Emisiones Fugitivas en Minería y Tratamiento de Carbón		CH <sub>4</sub>	1.819,51	1.008,96	0,003	0,95	91,47
1A1c	Transformación de combustibles sólidos	Sólido	CO <sub>2</sub>	1.847,39	1.105,33	0,003	0,92	92,39
1A3b	Transporte por Carretera		N <sub>2</sub> O	679,46	2.478,16	0,002	0,84	93,23
1A1b	Refino de petróleo	Gaseoso	CO <sub>2</sub>	45,08	1.341,03	0,002	0,72	93,95
2C3	Producción de Aluminio		PFC	832,16	182,84	0,002	0,59	94,54
6C	Incineración de Residuos		CO <sub>2</sub>	750,36	75,52	0,002	0,59	95,13
SUBTOTAL				256.188,45	381.736,58	0,265		
EMISIONES TOTALES				289.385,64	427.904,58	0,279		
PORCENTAJE DEL TOTAL				88,53	89,21	95,13		

(1). Véase fórmula 2 de la nota a pie de página 2 anterior.

(2). Porcentaje simple de la categoría de actividad al nivel total del inventario

(3). Porcentaje acumulado de las categorías de actividad al nivel total del inventario.

Tabla A1.4.- Síntesis contribución de las actividades al inventario

CATEGORÍAS DE FUENTES IPCC		Combustible	Gas	Categoría Fuentes Clave	Criterio (1) Nivel Tendencia		Comentarios	
ENERGÍA								
1A1a	Producción Electricidad y Calor CCTT Servicio Público	Gaseoso	CO <sub>2</sub>	SI	SI	SI	Nivel en 1997-2004	Tendencia en 1993-1995, 1997-2004
1A1a	Producción Electricidad y Calor CCTT Servicio Público	Sólido	CO <sub>2</sub>	SI	SI	SI	Nivel en 1990-2004	Tendencia en 1990-1994, 1996-2004
1A1a	Producción Electricidad y Calor CCTT Servicio Público	Líquido	CO <sub>2</sub>	SI	SI	SI	Nivel en 1990-2004	Tendencia en 1990-1992, 1994-2004
1A1a	Producción Electricidad y Calor CCTT Servicio Público	Otros	CO <sub>2</sub>	SI		SI		Tendencia en 1997
1A1b	Refino de petróleo	Gaseoso	CO <sub>2</sub>	SI		SI		Tendencia en 1997-2000, 2002-2004
1A1b	Refino de petróleo	Líquido	CO <sub>2</sub>	SI	SI	SI	Nivel en 1990-2004	Tendencia en 1990-92, 1994-96, 1998-2004
1A1c	Transformación de combustibles sólidos	Gaseoso	CO <sub>2</sub>	SI		SI		Tendencia en 1991, 1994, 1996
1A1c	Transformación de combustibles sólidos	Sólido	CO <sub>2</sub>	SI	SI	SI	Nivel en 1990-1994	Tendencia en 1992-2004
1A1c	Transformación de combustibles sólidos	Líquido	CO <sub>2</sub>	SI		SI		Tendencia en 1991, 1994-2000
1A2+1A4	Combustión Estacionaria - Otras fuentes	Gaseoso	CO <sub>2</sub>	SI	SI	SI	Nivel en 1990-2004	Tendencia en 1990-2004
1A2+1A4	Combustión Estacionaria - Otras fuentes	Sólido	CO <sub>2</sub>	SI	SI	SI	Nivel en 1990-2004	Tendencia en 1990-2004
1A2+1A4	Combustión Estacionaria - Otras fuentes	Líquido	CO <sub>2</sub>	SI	SI	SI	Nivel en 1990-2004	Tendencia en 1990-2004
1A2+1A4	Combustión Estacionaria - Otras fuentes	Otros	CO <sub>2</sub>					
1A1+1A2+1A4	Combustión Estacionaria		CH <sub>4</sub>	SI		SI		Tendencia en 1999
1A1+1A2+1A4	Combustión Estacionaria		N <sub>2</sub> O	SI	SI	SI	Nivel en 1996-1998	Tendencia en 1994-1996
1A3a	Aviación Civil		CO <sub>2</sub>	SI	SI	SI	Nivel en 1990-2004	Tendencia en 1990-1997, 2002
1A3a	Aviación Civil		CH <sub>4</sub>					
1A3a	Aviación Civil		N <sub>2</sub> O					
1A3b	Transporte por Carretera	Gasolina	CO <sub>2</sub>	SI	SI	SI	Nivel en 1990-2004	Tendencia en 1990-2004
1A3b	Transporte por Carretera	Gasóleo	CO <sub>2</sub>	SI	SI	SI	Nivel en 1990-2004	Tendencia en 1990-2004
1A3b	Transporte por Carretera		CH <sub>4</sub>					
1A3b	Transporte por Carretera		N <sub>2</sub> O	SI	SI	SI	Nivel en 1997-2004	Tendencia en 1993-2004
1A3d	Tráfico Marítimo Nacional		CO <sub>2</sub>	SI	SI	SI	Nivel en 1990-1996, 1999-2004	Tendencia en 1993-1994, 1997-1998
1A3d	Tráfico Marítimo Nacional		CH <sub>4</sub>					
1A3d	Tráfico Marítimo Nacional		N <sub>2</sub> O					
1A3c+1A3e	Otros Transportes		CO <sub>2</sub>					
1A3c+1A3e	Otros Transportes		CH <sub>4</sub>					
1A3c+1A3e	Otros Transportes		N <sub>2</sub> O					
1B1	Emisiones Fugitivas Combustibles Sólidos		CO <sub>2</sub>					
1B1	Emisiones Fugitivas Combustibles Sólidos		CH <sub>4</sub>	SI	SI	SI	Nivel en 1990--1997	Tendencia en 1991-2004
1B2	Emisiones Fugitivas Petróleo y Gas Natural		CO <sub>2</sub>	SI	SI	SI	Nivel en 1990-2004	Tendencia en 1993-1994
1B2	Emisiones Fugitivas Petróleo y Gas Natural		CH <sub>4</sub>	SI		SI		Tendencia en 1991-1992

(1). Identificación del criterio (nivel, tendencia) por el cual la fuente de emisión se considera clave.

Tabla 1.5.1. (Continuación)- Síntesis contribución de las actividades al inventario

CATEGORÍAS DE FUENTES IPCC		Combustible	Gas	Categoría Fuentes Clave	Criterio (1) Nivel Tendencia		Comentarios
PROCESOS INDUSTRIALES							
2A1	Producción de Cemento		CO <sub>2</sub>	SI	SI	SI	Nivel en 1990-2004 Tendencia en 1990-2004
2A2	Producción de Cal		CO <sub>2</sub>				
2A3	Uso de piedra caliza y dolomita		CO <sub>2</sub>	SI	SI	SI	Nivel en 1995-2004 Tendencia en 1991-1993
2C1	Producción de Hierro y Acero		CO <sub>2</sub>	SI	SI	SI	Nivel en 1990-1994, 1998, 2000, 2002, 2004 Tendencia en 1992, 1995-2003
2-2A1-2A2-2A3-2C1	Otros Procesos Industriales		CO <sub>2</sub>	SI	SI	SI	Nivel en 1990-2004 Tendencia en 1992-1994
2	Procesos Industriales		CH <sub>4</sub>				
2B2	Producción de Ácido Nítrico		N <sub>2</sub> O	SI	SI	SI	Nivel en 1990-2003 Tendencia en 1990-2004
2C3	Producción de Aluminio		PFC	SI		SI	Tendencia en 1990, 1999-2004
2E1	Fabricación de HCFC-22 (Emisión de HFC-23)		HFC	SI	SI	SI	Nivel en 1990-2001 Tendencia en 1990-1995, 1997-1998, 2001-2004
2E2+2E3	Producción de Halocarburos y SF6 (excluido HCFC-22)		HFC y PFC				
2F	Consumo de Halocarburos y SF6		HFC y PFC	SI	SI	SI	Nivel en 2000-2004 Tendencia en 1997-2004
2F7	Equipamiento Eléctrico		SF <sub>6</sub>	SI		SI	Tendencia en 1990
USO DE DISOLVENTES Y OTROS PRODUCTOS							
3	Uso de Disolventes y de Otros Productos		CO <sub>2</sub>	SI		SI	Tendencia en 1993-1995
3	Uso de Disolventes y de Otros Productos		N <sub>2</sub> O				
AGRICULTURA							
4A	Fermentación Entérica en Ganado Doméstico		CH <sub>4</sub>	SI	SI	SI	Nivel en 1990-2004 Tendencia en 1990, 1992, 1994-2004
4B	Gestión de Estiércol		CH <sub>4</sub>	SI	SI	SI	Nivel en 1990-2004 Tendencia en 1990-1998
4B	Gestión de Estiércol		N <sub>2</sub> O	SI	SI		Nivel en 1990-2004
4C	Cultivo de Arroz		CH <sub>4</sub>				
4D1	Suelos Agrícolas - Emisiones Directas		N <sub>2</sub> O	SI	SI	SI	Nivel en 1990-2004 Tendencia en 1990-1995, 1997-2004
4D2	Suelos Agrícolas - Producción Animal		N <sub>2</sub> O	SI	SI		Nivel en 1990-1992, 1995-1999, 2003
4D3	Suelos Agrícolas - Emisiones Indirectas		N <sub>2</sub> O	SI	SI	SI	Nivel en 1990-2004 Tendencia en 1990-1995, 1997-2004
4D4	Suelos Agrícolas - Otros		N <sub>2</sub> O				
4F	Quema en Campo de Residuos Agrícolas		CH <sub>4</sub>				
4F	Quema en Campo de Residuos Agrícolas		N <sub>2</sub> O				
RESIDUOS							
6A	Depósito en Vertederos		CO <sub>2</sub>	SI		SI	Tendencia en 1992, 1996
6A	Depósito en Vertederos		CH <sub>4</sub>	SI	SI	SI	Nivel en 1990-2004 Tendencia en 1990-2004
6B	Tratamiento de Aguas Residuales		CH <sub>4</sub>	SI	SI		Nivel en 1993-1999, 2001-2004
6B	Tratamiento de Aguas Residuales		N <sub>2</sub> O				
6C	Incineración de Residuos		CO <sub>2</sub>	SI		SI	Tendencia en 1991-1992, 1995-2004
6C	Incineración de Residuos		CH <sub>4</sub>				
6C	Incineración de Residuos		N <sub>2</sub> O				

(1). Identificación del criterio (nivel, tendencia) por el cual la fuente de emisión se considera clave.



## **ANEXO 2:** **EXAMEN DETALLADO DE LA METODOLOGÍA Y LOS** **DATOS PARA ESTIMAR LAS EMISIONES DE CO<sub>2</sub>** **PROCEDENTES DE LA QUEMA DE COMBUSTIBLES** **FÓSILES**

Por conveniencia para la exposición realizada en el capítulo 3 “Energía” del presente informe, se ha optado por incluir en dicho capítulo la información detallada sobre variables de actividad, algoritmos y factores para la estimación de las emisiones de CO<sub>2</sub> provenientes de la quema de combustibles fósiles, y es por ello que se obvia la reiteración de la presentación de su contenido en este anexo. Se remite pues al capítulo 3 para la consulta de la información correspondiente.



## **ANEXO 3: OTRAS DESCRIPCIONES METODOLÓGICAS DETALLADAS DE DETERMINADOS SECTORES.**

En los epígrafes de este anexo se presentan con detalle algunas descripciones metodológicas de la estimación de las emisiones para determinados sectores o categorías de actividad y que no han sido incluidas en los correspondientes capítulos sectoriales.

### **A3.1 EMISIONES FUGITIVAS. TRANSFORMACIÓN DE COMBUSTIBLES SÓLIDOS (CO<sub>2</sub>).**

En ediciones pasadas los contactos desarrollados con el sector de siderurgia integral en las fases de validación y verificación del inventario evidenciaron que la aplicación de los factores de emisión que habitualmente figuran en la literatura no garantiza el balance de masa de carbono entre las entradas y las salidas a los hornos de coque. Observando tal principio, la metodología para esta categoría se ha acometido computando el carbono diferencial que quedaría tras descontar de la masa de carbono de las entradas la masa de carbono de los productos inventariados en las salidas y elevar la cantidad resultante por el ratio 44/12.

Este enfoque se ha desarrollado a partir de la información suministrada por las dos plantas siderúrgicas integrales existentes en el periodo 2000-2004. Para los años 1990 a 2002 se ha aplicado un único factor, por tonelada de coque producido, resultante de promediar la información conjunta disponible para los años 2000-2002. Para los años 2003 y 2004, la alta variabilidad en los factores implícitos y, en algunos casos, fuera de los rangos convencionales motivaron el mantenimiento para 2004 del valor promedio del periodo 2000-2002 en las coquerías no emplazadas en siderurgia y aplicar el factor específico por planta derivado en 2003 para las coquerías ubicadas en la siderurgia.

En la figura A3.1.1 se presenta la plantilla general elaborada para la recogida de información procedente de las plantas de siderurgia integral.



## **A3.2 AGRICULTURA.**

### **a) Categorías animales.**

Para la realización del Inventario español se consideran a los animales divididos en categorías (subdivisiones de animales). La base de estas categorías son las recogidas en la publicación “Anuario de Estadística Agroalimentaria” del MAPA, ver la Tabla A3.2.1.

Aún así algunas categorías no eran adecuadas para el cálculo de las emisiones y se ha optado por dividir las en subcategorías. Este es el caso de la categoría corderos, que se ha subdividido en corderos lechales, pascuales, reposición machos y reposición hembra.

Una lista de las categorías usadas en el Inventario puede verse en la Tabla A3.2.2.

Tabla A3.2.1.- Categorías del anuario de estadística agroalimentaria

**GANADO BOVINO**

Provincias y Comunidades Autónomas	Total ganado bovino	Animales con menos de 12 meses			Animales de 12 a menos de 24 meses			Animales con 24 meses o más									
		Destinados a sacrificio	Otros		Machos	Hembras		Machos	Hembras								
			Machos	Hembras		Para sacrificio	Para reposición		Nunca han parido			Han parido al menos una vez					
									Para sacrificio	Para ordeño		Para no ordeño	De ordeño		Nunca se ordeñan		
										Frisonas	Otras		Frisonas	Otras			

**GANADO OVINO**

Provincias y Comunidades Autónomas	Total ganado ovino	Corderos	Sementales	Hembras para vida			
				Nunca han parido		Que ya han parido	
				No cubiertas	Cubiertas por 1ª vez	Ordeñadas	No ordeñadas
					Ordeño	No ordeño	

**GANADO CAPRINO**

Provincias y Comunidades Autónomas	Total ganado caprino	Chivos	Sementales	Hembras para vida			
				Nunca han parido		Que ya han parido	
				No cubiertas	Cubiertas por 1ª vez	Ordeñadas	No ordeñadas

**GANADO PORCINO**

Provincias y Comunidades Autónomas	Total	Lechones	Cerdos de 20 a 49 kg p.v.	Cerdos para sacrificio			Verracos	Reproductores de 50 o más kg de p.v.			
				De 50 a 79 kg p.v.	De 80 a 109 kg p.v.	De 110 y más Kg p.v.		Cerdas reproductoras			
								Que nunca han parido		Que ya han parido	
								No cubiertas	Cubiertas	Cubiertas	No cubiertas

**GANADO CABALLAR Y ASNAL**

Provincias y Comunidades Autónomas	Total	Animales con menos de 12 meses	Animales de 12 a 36 meses	Animales con más de 36 meses		
				Sementales	Hembras de vientre	No reproductores

**GANADO MULAR**

Provincias y Comunidades Autónomas	Total	Animales con menos de 12 meses	Animales de 12 a 36 meses	Animales con más de 36 meses
---------------------------------------	-------	-----------------------------------	---------------------------	---------------------------------

Tabla A3.2.2.- Categorías animales usadas en el inventario

Vacuno de Ordeño	Frisonas					
	Otras					
Resto vacuno	e< 12 meses	Sacrificio				
		Otros	Machos	Sacrificio		
				Reposición		
			Hembras	Sacrificio		
				Reposición		
	12 meses <e< 24 meses	Machos			Sacrificio	
					Reposición	
		Hembras			Sacrificio	
					Reposición	
	e> 24 meses	Sementales				
		Hembras	No paridas	Sacrificio		
				Ordeño	Frisonas	
Otras						
Nodrizas						
Paridas	Nodrizas					
	Ovino	Corderos reposición	Machos			
			Hembras			
Cordero Lechal						
Cordero Pascual						
Reproductores	Machos					
	Hembras	No paridas				
		Paridas	No ordeño			
			Ordeño			
	Porcino	Lechones				
Cerdos de 20 a 49 Kg p.v.						
Cerdos jóvenes		De 50 a 79 Kg p.v.				
		De 80 a 109 Kg p.v.				
		De 110 y más Kg p.v.				
Cerdas reproductoras		No paridas	No cubiertas			
			Cubiertas			
		Paridas	No cubiertas			
	Cubiertas					
Verracos						
	Caprino	Animales menores de 1 año				
Animales mayores de 1 año						
Caballos	Animales menores de 1 año					
	Animales mayores de 1 año					
Mulas y asnos	Animales menores de 1 año					
	Animales mayores de 1 año					
Aves	Pollos de engorde					
	Gallinas ponedoras					
	Otras aves	Ciclo de más de 1 año				
		Ciclo de menos de 1 año				

### b) Funciones suavizadas para MCF y FE de gestión de estiércoles.

La metodología IPCC aporta unas funciones para los MCFs y FE de las emisiones de CH<sub>4</sub> en la gestión de estiércoles de tipo escalonado. En Inventario español se realiza a un nivel territorial provincial, más desagregado que el requerido por IPCC (país). El uso de estas funciones provoca grandes saltos interanuales en provincias con temperatura media cercana a los 15° C. Se optó, por tanto, por suavizar las funciones y hacerlas continuas para conservar la coherencia temporal de la serie. Esta modificación fue enviada a UNFCCC y aprobada por este organismo.

Los factores MCFs que en un principio dependían solo de las regiones climáticas han sido ajustados por una función que depende de la temperatura. Los valores de esta función dados por grado de temperatura son los siguientes:

**Tabla A3.2.3.- MCFS<sub>JK</sub> según sistema de gestión y temperatura**

Temperatura media anual (°C)	Factores de conversión de metano según sistema de manejo del estiércol para vacuno y porcino (MCFs)				
	Ecurrido de Líquidos	Almacén de Sólidos	Pastoreo	Aplicación Diaria	Otros
	MCF	MCF	MCF	MCF	MCF
10	39,00	1,00	1,00	0,10	1,00
11	39,01	1,03	1,03	0,12	1,00
12	39,06	1,07	1,07	0,14	1,00
13	39,18	1,12	1,12	0,18	1,00
14	39,42	1,17	1,17	0,21	1,00
15	39,80	1,22	1,22	0,25	1,00
16	40,36	1,27	1,27	0,30	1,00
17	41,13	1,33	1,33	0,34	1,00
18	42,14	1,38	1,38	0,39	1,00
19	43,42	1,44	1,44	0,45	1,00
20	45,00	1,50	1,50	0,50	1,00
21	46,91	1,56	1,56	0,56	1,00
22	49,18	1,62	1,62	0,61	1,00
23	51,84	1,68	1,68	0,67	1,00
24	54,92	1,74	1,74	0,74	1,00
25	58,45	1,81	1,81	0,80	1,00
26	62,45	1,87	1,87	0,87	1,00
27	66,96	1,93	1,93	0,93	1,00
28	72,00	2,00	2,00	1,00	1,00

Fuente: elaboración propia a partir de la metodología revisada.

Estos valores se obtienen de tomar como marca de clase para cada región climática las temperaturas 10, 20 y 28 °C. Para cada marca de clase se toma el MCF por defecto suministrado por IPCC (que se da en la tabla 3.1.II.1) y suavizando la



función lineal así obtenida se hallan los valores anteriores. La función suavizada propuesta por el Equipo de Trabajo del Inventario<sup>101</sup> es la siguiente:

$$Factor(t) = Factor(10) + b(10 - t)^m$$

donde:

Factor(t) = Factor de emisión a la temperatura t.

Factor(10) = Factor de emisión a 10°C de temperatura (conocida).

b, m = Parámetros dependientes del sistema de gestión del estiércol.

En la tabla siguiente se pueden observar los valores de los parámetros “b” y “m” según el tipo de tratamiento.

**Tabla A3.2.4.- Valores de MCF por sistema de manejo de estiércol**

	Frío	Templado	Caliente	m	b
Pastoreo	1	1,5	2	1,179	0,033
Aplicación Diaria	0,1	0,5	1	1,380	0,017
Almacén de Sólidos	1	1,5	2	1,179	0,033
Apilamiento en seco	1	1,5	5	3,538	0,0001
Sistemas líquidos	39	45	72	2,900	0,008
Lagunas anaeróbicas	0-100	0-100	0-100		
Balsas (<1mes)	0	0	30	1,636	1
Balsas (>1mes)	39	45	72	2,900	0,008
Digestión anaeróbica	0-100	0-100	0-100		
Uso como combustible	10	10	10	0	0

Fuente: elaboración propia a partir de la metodología revisada.

Análogamente se proceden a suavizar los FE por defecto para los animales con Tier1, obteniéndose el siguiente resultado:

**Tabla A3.2.5.- Valores de MCF por animal Tier 1**

	Frío	Templado	Cálido	m	b
Ovino	0,19	0,28	0,37	1,179	0,006
Caprino	0,12	0,18	0,23	1,031	0,006
Camellos	1,6	2,4	3,2	1,179	0,053
Caballar	1,4	2,1	2,8	1,179	0,046
Mulas y Asnos	0,76	1,14	1,51	1,157	0,026
Aves	0,078	0,117	0,157	1,201	0,002

<sup>101</sup> Esta variación de la metodología fue notificada a la Unidad de Apoyo Técnico de IPCC.

### c) Parámetros de base de los cultivos.

Existen una serie de parámetros usados por IPCC que son compartidos por las metodologías para el cálculo del N contenido en fijación biológica, el contenido en los residuos de cultivos y las emisiones de quema. Estos parámetros son:

- \* Tasa residuo/cultivos.
- \* Contenido de materia seca.
- \* Fracción de carbono.
- \* Fracción de nitrógeno.

Las tablas 4.17 (pg. 4.85, 1996 IPCC Guidelines) y 4.16 (pg. 4.58, IPCC Good Practice Guidance) recogen valores de estos parámetros para algunos cultivos. Dada la limitada selección de cultivos recogidos en estas tablas, se ha procedido a una búsqueda bibliográfica de valores de estos parámetros con el fin de poder completar el conjunto de cultivos considerados en el Inventario español.

La TABLA A3.2.6 presenta los valores coloreados dependiendo de la fuente de la que provienen. Estas fuentes (con su color correspondiente) son:

1996 IPCC Guidelines & IPCC Good Practice Guidance.

Martínez X. (2006). Gestión y tratamiento de residuos agrícolas.  
[www.infoagro.com](http://www.infoagro.com)

Domínguez A., Roselló J. Compostaje de subproductos agrícolas

Anónimo (2006). Crop parameters: Harvest. Harvest index.  
<http://c100.bsyse.wsu.edu/cropsyst/manual/parameters/crop/harvest.htm#Hlconsts>

USDA (2000). Environmental Engineering. National Engineering Handbook. Chapter 2 Composting

Villalobos F.J., Mateos L., Orgaz F. y Fereres E. (2002). *Fitotecnia. Bases y tecnologías de la producción agrícola.*

Wheeler R.M. (2003). Carbon balance in bioregenerative life support systems: some effects of system closure, waste management, and crop harvest index.

A la hora de seleccionar un valor se ha tomado un criterio de autoridad, siendo considerados los valores del IPCC Good Practice Guidance de mejor calidad que los

del documento 1996 IPCC Guidelines en caso de discrepancia. En la TABLA A3.2.6 se incluye etiquetas de calidad con rango A a E, siendo A de máxima calidad y E el de mínima.

Después de este estudio se consideró que los valores con etiqueta D y E no estaban lo suficientemente contrastados y no fueron incorporados al Inventario español.

**Tabla A3.2.6.- Parámetros de cultivos**

	Cultivo	Tasa residuo/ cultivo	Q	Materia seca	Q	Fracción de Carbono	Q	Fracción de Nitrógeno	Q
HORTÍCOLAS	ACELGA	0,25	D	0,10	E	0,4100	C	0,0274	C
	ACHICORIA Y OTROS	0,25	D	0,10	E	0,4100	C	0,0274	C
	AJO	1,00	D	0,10	E	0,4100	C	0,0274	C
	ALCACHOFA	0,80	A	0,17	B	0,4100	C	0,0274	C
	APIO	1,00	D	0,05	B	0,4100	C	0,0274	C
	BERZA	1,00	D	0,10	E	0,4100	C	0,0274	C
	BERENJENA	1,00	D	0,10	E	0,4100	C	0,0274	C
	CALABAZA Y CALABACIN	1,00	D	0,10	E	0,4100	C	0,0274	C
	CARDO	1,00	D	0,10	E	0,4100	C	0,0274	C
	CEBOLLA	1,00	D	0,08	B	0,4100	C	0,0274	C
	CEBOLLETA	1,00	D	0,10	E	0,4100	C	0,0274	C
	COL Y REPOLLO	4,00	C	0,14	B	0,4100	C	0,0274	C
	COLIFLOR	4,00	D	0,10	E	0,4100	C	0,0274	C
	ESCAROLA	0,25	D	0,06	B	0,4100	C	0,0274	C
	ESPARRAGO	1,00	D	0,08	B	0,4100	C	0,0274	C
	ESPINACA	0,25	C	0,09	B	0,4100	C	0,0274	C
	FLORES	1,00	D	0,10	E	0,4100	C	0,0274	C
	FRESA Y FRESON	1,00	D	0,10	E	0,4100	C	0,0274	C
	GUINDILLA	1,00	D	0,10	E	0,4100	C	0,0274	C
	LECHUGA	0,18	C	0,05	B	0,4400	B	0,0314	B
	MELON	1,00	D	0,10	E	0,4100	C	0,0274	C
	NABO Y OTRAS	1,00	D	0,10	E	0,4100	C	0,0274	C
	PATATA	0,43	A	0,45	A	0,4226	A	0,0110	A
	PEPINILLO	1,00	D	0,10	E	0,4100	C	0,0274	C
	PEPINO	1,00	D	0,10	E	0,4100	C	0,0274	C
	PIMIENTO	1,00	D	0,10	E	0,4100	C	0,0274	C
	PUERRO	1,00	D	0,10	E	0,4100	C	0,0274	C
	RABANO	1,00	C	0,10	E	0,4100	C	0,0274	C
	SANDIA	1,00	D	0,10	E	0,4100	C	0,0274	C
	TOMATE	1,00	C	0,10	E	0,4100	C	0,0274	C
	ZANAHORIA	1,00	D	0,16	B	0,4100	C	0,0274	C

Tabla A3.2.6 (Continuación).- Parámetros de cultivos

FRUTALES	AGUACATE	0,16	D	0,80	E	0,5700	C	0,0036	C
	ALBARICOQUERO	0,16	D	0,80	E	0,5700	C	0,0036	C
	ALMENDRO	3,17	C	0,85	B	0,5700	C	0,0036	C
	AVELLANO	3,17	D	0,95	B	0,5700	C	0,0036	C
	CEREZO Y GUINDO	0,16	D	0,80	E	0,5700	C	0,0036	C
	CHIRIMOYO	0,00	E	0,80	E	0,5700	C	0,0036	C
	CIRUELO	0,16	D	0,80	E	0,5700	C	0,0036	C
	HIGUERA	0,16	D	0,80	E	0,5700	C	0,0036	C
	LIMONERO	0,07	C	0,80	E	0,5500	B	0,0203	B
	MANDARINO	0,07	C	0,80	E	0,5500	B	0,0203	B
	MANZANO	0,16	C	0,80	E	0,5700	C	0,0036	C
	MELOCOTONERO	0,16	D	0,80	E	0,5700	C	0,0036	C
	MEMBRILLERO	0,16	D	0,80	E	0,5700	C	0,0036	C
	NARANJO	0,07	C	0,80	E	0,5500	B	0,0203	B
	NISPERO	0,16	D	0,80	E	0,5700	C	0,0036	C
	NOGAL	3,17	C	0,80	E	0,5700	C	0,0036	C
	OLIVAR ADEREZO	1,13	C	0,80	E	0,5700	C	0,0036	C
	OLIVAR ALMAZARA	1,13	C	0,80	E	0,5700	C	0,0036	C
	PERAL	0,16	D	0,80	E	0,5700	C	0,0036	C
	PLATANO	0,00	E	0,80	E	0,5700	C	0,0036	C
	VINNEDO MESA	0,43	C	0,80	E	0,5700	C	0,0036	C
	VINNEDO VINO	0,43	C	0,80	E	0,5700	C	0,0036	C
LEGUMINOSAS GRANO	ALTRAMUZ	1,00	E	0,85	E	0,4252	C	0,0250	C
	GARBANZO	1,00	E	0,85	E	0,4252	C	0,0250	C
	GUISANTE SECO	1,38	D	0,90	B	0,2211	C	0,0130	B
	GUISANTE VERDE	1,50	A	0,87	A	0,2415	C	0,0142	A
	HABA SECA	1,00	E	0,85	B	0,2721	C	0,0160	B
	HABA VERDE	1,00	E	0,85	B	0,4252	C	0,0250	C
	JUDIA SECA	1,65	D	0,89	B	0,2041	C	0,0120	B
	JUDIA VERDE	2,10	A	0,86	A	0,2041	C	0,0120	B
	LENTEJA	1,43	D	0,85	E	0,4252	C	0,0250	C
	VEZA	1,00	E	0,85	B	0,4932	C	0,0290	B
LEGUMINOSAS FORRAJERAS	ALFALFA	0,00	A	0,25	B	0,4422	C	0,0260	B
	ESPARCETA	0,00	A	0,25	E	0,4252	C	0,0250	C
	TREBOL	0,00	A	0,25	E	0,4252	C	0,0250	C
	VEZA FORRAJERA	0,00	A	0,25	B	0,5102	C	0,0300	B
	YERO	0,00	A	0,25	E	0,4252	C	0,0250	C
	ZULLA	0,00	A	0,25	E	0,4252	C	0,0250	C

Tabla A3.2.6 (Continuación).- Parámetros de cultivos

CULTIVOS INDUSTRIALES	ALGODON	2,00	E	0,93	B	0,2450	E	0,0098	B
	COLZA	4,00	C	0,83	B	0,2000	E	0,0080	B
	CANNA DE AZUCAR	2,00	E	0,83	A	0,4235	A	0,0040	A
	LINO	2,00	E	0,93	B	0,2650	E	0,0106	B
	LUPULO	2,00	E	0,85	E				
	REMOLACHA AZUCARERA	0,30	A	0,15	A	0,4072	A	0,0228	A
	REMOLACHA MESA	0,30	A	0,15	A	0,4072	A	0,0228	A
	TABACO	2,00	E	0,78	B			0,0400	B
	SOJA	2,10	A	0,87	A	0,3912	C	0,0230	A
	GIRASOL	2,08	D	0,87	B	0,2000	E	0,0080	B
CEREALES	AVENA	1,30	A	0,92	A	0,4118	C	0,0070	A
	ARROZ	1,40	A	0,85	A	0,4144	A	0,0067	A
	CEBADA	1,20	A	0,85	A	0,4567	A	0,0043	A
	CENTENO	1,60	A	0,90	A	0,3840	C	0,0048	A
	MAIZ	1,00	A	0,78	A	0,4709	A	0,0081	A
	SORGO	1,40	A	0,91	A	0,5400	B	0,0108	A
	TRIGO	1,30	A	0,85	A	0,4853	A	0,0028	A
	TRITICALE	1,30	E	0,90	B	0,5600	C	0,0070	B
	SORGO FORRAJERO	0,00	A	0,26	B	0,5400	E	0,0108	D
	MAIZ FORRAJERO	0,00	A	0,85	B	0,5200	C	0,0065	B
OTROS	CALABAZA FORRAJERA	0,00	A						
	COL FORRAJERA	0,00	A	0,12	B			0,0300	B
	PRADERAS POLIFITAS	0,00	A	0,25	E	0,5250	C	0,0210	B
	OTRAS GRAMINEAS FORRAJERAS	1,00		0,18				0,0150	
	OTRAS HORTALIZAS	1,00		0,10				0,0150	
	OTRAS LEGUMINOSAS	1,81		0,85				0,0150	
	OTRAS LEGUMINOSAS FORRAJERAS	1,00		0,20				0,0300	
	OTROS CEREALES	1,50		0,85				0,0150	
	OTROS CITRICOS	0,07		0,80				0,0150	
	OTROS FORRAJEROS	1,00		0,10				0,0150	
	OTROS INDUSTRIALES	2,00		0,80				0,0150	
	OTROS LENNOSOS	1,00		0,80				0,0150	
	OTROS NO CITRICOS	1,00		0,80				0,0150	
	OTROS TUBERCULOS	0,50		0,40				0,0150	

**d) Porcentajes de quema de residuos agrícolas.**

Los residuos agrícolas quemados en los campos han sufrido un serio retroceso durante el periodo inventariado debido a sucesivas reglamentaciones, cada vez más restrictivas. En la Tabla A3.2.7 se recogen las fracciones quemadas por tipo de cultivo y periodo. Los cultivos que no aparecen se considera que no tienen quema de residuos.

La reglamentación española para los cereales diferencia entre dos zonas: una sur (zona A) y otra norte (zona B), cada una de ellas con porcentajes de quema distintos como se observa en la tabla.

**Tabla A3.2.7.- Porcentajes de quema**

Periodo	Cultivo	Fracción quemada (%)
1990-1999	Cereales	7,1
	Algodón	50,0
	Lino	50,0
	Colza	50,0
	Soja	50,0
	Tabaco	100,0
	Patata	100,0
	Hortalizas	50,0
	(col y repollo, berza, apio, lechuga,	
	escarola, espinaca, acelga, achicoria,	
	sandía, melón, calabaza y calabacín,	
	pepino, pepinillo, berenjena, tomate,	
	pimiento, guindilla, fresa y fresón,	
	coliflor, puerro, judías verdes,	
	guisantes verdes y habas verdes)	
2000	Cereales (Zona A)	2,4
	Cereales (Zona B)	1,2
	Patata	100,0
	Caña de azúcar	100,0
	Cultivos industriales (excepto soja)	33,3
	Hortalizas (todas)	20,0
2001-2004	Cereales (Zona A)	1,2
	Algodón	33,3

### **A3.3 USOS Y CAMBIOS DE USO DE LA TIERRA Y SILVICULTURA.**

En este epígrafe se incluyen tres subapartados que tratan respectivamente sobre: a) Superficies, b) Carbono, y c) Emisiones.

#### **A3.3.1 Superficies**

##### **CÁLCULO DE SUPERFICIES PRELIMINARES**

F = SUPERFICIE FORESTAL FCC>10%

G = PASTIZAL (GRASSLAND) O SUPERFICIE FORESTAL FCC<10%

C = CULTIVOS AGRARIOS (CROPLAND)

FF = bosque que sigue como bosque

GF = pastizal que pasa a ser bosque

CF = cultivos que pasan a ser bosque

Los datos de partida corresponden a la información que dan los diferentes ciclos del Inventario Forestal Nacional, cuyas superficies se obtienen a partir de los mapas generados por el Ministerio de Agricultura, algunas autonomías y el Ministerio de Medio Ambiente. Es decir, las superficies de los Inventarios no están referidos al año del mismo, sino al año de realización del mapa.

La tabla siguiente indica los años en los que se realizaron los mapas, que sirven de referencia para el cálculo de superficies.

Provincia	MCA/ Mapa Autonómico <sup>1</sup>	MFE50
A Coruña <sup>1</sup>	1.986	1.998
Álava <sup>1</sup>	1.995	2.004
Albacete	1.977	2.004
Alicante	1.978	2.005
Almería	1.977	2.005
Asturias	1.977	1.999
Ávila	1.977	2.002
Badajoz	1.977	2.001
Barcelona	1.978	2.001
Burgos	1.977	2.003
Cáceres	1.978	2.002
Cádiz	1.976	2.006
Cantabria	1.978	1.999
Castellón	1.979	2.005
Ciudad Real	1.976	2.004
Córdoba	1.977	2.005
Cuenca	1.977	2.003
Girona	1.979	2.001
Granada	1.976	2.005
Guadalajara	1.978	2.003
Guipúzcoa	1.981	2.004
Huelva	1.977	2.006
Huesca	1.977	2.004
Illes Balears	1.982	1.998
Jaén	1.976	2.006

Provincia	MCA/ Mapa Autonómico <sup>1</sup>	MFE50
La Rioja <sup>1</sup>	1.993	2.001
Las Palmas	1.983	2.002
León	1.977	2.002
Lleida	1.978	2.001
Lugo <sup>1</sup>	1.986	1.998
Madrid <sup>1</sup>	1.989	2.000
Málaga	1.975	2.006
Murcia	1.977	1.999
Navarra	1.977	2.000
Ourense <sup>1</sup>	1.986	1.998
Palencia	1.977	2.003
Pontevedra <sup>1</sup>	1.986	1.998
Salamanca	1.979	2.002
Segovia	1.977	2.003
Sevilla	1.976	2.006
Soria	1.978	2.003
S/C de Tenerife	1.983	2.002
Tarragona	1.980	2.000
Teruel	1.976	2.004
Toledo	1.976	2.004
Valencia	1.977	2.005
Valladolid	1.978	2.002
Vizcaya	1.981	2.004
Zamora	1.977	2.002
Zaragoza	1.977	2.004

<sup>1</sup> Cifras correspondientes a Mapa Autonómico

Fuente: Área de Banco de Datos de la Biodiversidad (DGB)

La superficie del IFN2 está basada en los Mapas de Cultivos y Aprovechamientos (MCA) y en algunos casos del Mapa Autonómico y del IFN3 en el Mapa Forestal Español (MFE50) . Así pues, aunque el volumen esté referenciado al año del Inventario Forestal, la superficie lo será al año del mapa correspondiente.

### Criterios de Expertos (avance de resultados)

La comparación directa del Segundo y Tercer Inventario Forestal Nacional presenta algunos problemas debidos, en gran parte, a las mejoras producidas por la nueva cartografía forestal empleada en el IFN3, así como a los cambios de criterio en la discriminación de los diferentes conceptos, por los cuales se han considerado como monte arbolado en el IFN3 zonas que en el IFN2 no se contabilizaron. De esta manera, al comparar ambos inventarios, se obtienen unos incrementos muy elevados, tanto de superficie como de biomasa, que no se corresponden con la realidad.



Por esta razón se ha realizado, en algunas provincias, un ajuste de los datos, que reduce este error: el denominado "Criterio de Experto" (Avance de Resultados). Este ajuste está calculado por J.A. Villanueva, responsable del Inventario Forestal Nacional. En algunos casos se han modificado ligeramente los datos de los Inventarios para homogeneizar los conceptos que han variado. Además se han tratado de conseguir los porcentajes del crecimiento estimados, que en muchos casos no son reales, sino que se deben a cambio de criterio y de cartografía.

Hasta el momento, se ha desarrollado el avance de resultados para las provincias correspondientes a ocho Comunidades Autónomas: Castilla la Mancha, Castilla León, La Rioja, Extremadura, Canarias, Cataluña, Madrid y Navarra.

Para calcular la diferencia entre inventarios de superficie arbolada, se ha tenido en cuenta este Criterio. En general, en todas las provincias estudiadas se atribuye a las razones comentadas en el primer párrafo el excesivo incremento de superficies, pero no para todas está estimado un valor numérico a aplicar. Las provincias que varían su superficie total arbolada tras aplicar el Criterio de Experto, aparecen en la siguiente tabla resumen:

Inventarios			C. Experto		
Inventarios			C. Experto		
<b>Navarra</b>			<b>S.C.Tenerife</b>		
IFN3	462.664	458.807	IFN3	112.451	112.451
IFN2	372.467	385.418	IFN2	87.336	92.359
<b>Madrid</b>			<b>Las Palmas</b>		
IFN3	270.086	270.448	IFN3	21.640	21.640
IFN2	195.465	195.465	IFN2	17.578	17.975
<b>Barcelona</b>			<b>Zamora</b>		
IFN3	469.812	470.666	IFN3	245.502	245.502
IFN2	424.186	426.586	IFN2	177.296	204.578
<b>Tarragona</b>			<b>Palencia</b>		
IFN3	252.587	252.587	IFN3	173.760	173.760
IFN2	193.086	202.069	IFN2	128.238	141.894
<b>Lérida</b>			<b>León</b>		
IFN3	537.883	537.883	IFN3	526.570	526.570
IFN2	450.294	477.289	IFN2	269.209	451.219

Fuente: Inventario Forestal Nacional : Glosas al Avance de Resultados (comunicación personal).

Las correcciones aplicadas a las distintas provincias son:

### Navarra

Para la comparación se han modificado ligeramente las cantidades del IFN con el fin de homogeneizar los conceptos que han variado algo de un inventario a otro.

En el Avance de Resultados de la Comunidad Foral de Navarra del IFN3, el dato de Total Monte Arbolado, que en el IFN3 era 462.664 ha, toma el valor 458.807 ha.

Según el Criterio de Experto, se estima que el 15% del crecimiento en superficie es sólo teórico, mientras que el 85% sí es real (Punto 2 de las *Glosas del Criterio de Experto*). Teniendo esto en cuenta, el incremento de superficie pasa de 86.340 ha a ser 73.389 ha, y el valor estimado correspondiente al IFN2 aumentará de 372.467 ha a 385.418 ha.

## Madrid

En el Avance de Resultados en la Comunidad de Madrid del IFN3, se varían ligeramente los datos correspondientes al IFN3, siendo el valor estimado del Total Monte Arbolado, según el *Criterio de Experto*, de 270.448 ha, mientras que en el IFN3, se consideró una superficie de 270.086 ha.

## Cataluña

### - Barcelona

Se han modificado ligeramente las cantidades del IFN, para homogeneizar los conceptos que han variado de un inventario a otro, estimándose la superficie de Total monte arbolado del IFN3 en 470.666 ha en lugar de 469.812 ha, que es lo que venía reflejado en el inventario (*Glosas al Avance de Resultados* del IFN3 en Barcelona, según el Criterio de Experto).

Teniendo en cuenta que, según el Punto 3 de las *Glosas al avance de resultados* del IFN3 de Barcelona, bajo el Criterio de Experto, se considera que el 60% del incremento de superficie del *Arbutus unedo* no es real, sino que se debe a cambios en la cartografía empleada y de criterios entre ambos inventarios, se tiene que la expansión de esta especie, considerada en principio aproximadamente de 3.999 ha, se estima ahora en 1.599 ha. Introduciendo esta variación de superficie en el Total Monte Arbolado, se obtiene un valor correspondiente al IFN2 de 426586 ha, en lugar de 424.186 ha.

### - Tarragona

En el Punto 2 de las *Glosas a la Selección de Resultados (Avance de Resultados)* del IFN3 en la Provincia de Tarragona, según Criterio de Expertos, se indica que parte del incremento de la superficie forestal de monte arbolado (estimado en un 31% al comparar los inventarios), se debe a las mejoras producidas por la nueva cartografía forestal empleada (un 2%, aproximadamente) y a los cambios de criterio en la discriminación de los diferentes conceptos (un 3%, aproximadamente). Quedaría el aumento en un 25%, resultando la superficie de Total Monte Arbolado correspondiente al IFN2 de 202.069 ha.

- Lérida

Los *Quercus* (tipo roble) se han extendido espectacularmente entre los dos inventarios, pero hay que considerar que sólo una fracción de este aumento es real, mientras que parte se debe a cambios de criterio entre inventarios y a mejora en la cartografía forestal. Según el *Criterio de Experto*, es posible cuantificar con bastante precisión la parte del crecimiento teórico calculado que no se corresponde con la realidad:

Para el *Quercus ilex*, la cantidad de hectáreas que se puede considerar de crecimiento real es de 25.648, en lugar de 43.041 teóricas, es decir, un aumento del 51.09% sobre lo estimado en el IFN2. Realizando cálculos similares para el grupo de los robles, resulta un aumento real del 55.28% (Punto 3 de las *Glosas al Avance de Resultados* del IFN3 de Lérida). De esta manera, las superficies en el IFN2 de *Quercus ilex* y del grupo de *Quercus*, tipo roble, que teóricamente eran 50.198 ha y 44.767 ha, respectivamente, toman tras los cálculos basados en el Criterio de Experto, unos valores de 67591 ha y 54369 ha, respectivamente. Aplicando estas correcciones a la superficie arbolada total de la provincia, el valor varía de 450.294 ha a 477.289 ha.

## Canarias

- Santa Cruz de Tenerife

En el caso de Santa Cruz de Tenerife, se estima que un 20% del crecimiento de superficie entre los dos inventarios forestales es sólo teórico, mientras que es 80% restante sí es real. Esto se debe a que en el nuevo inventario se ha usado una cartografía más precisa en la detección de masa arboladas y, además, se han incluido aquellas que, constituidas por especies forestales arbóreas de poco porte, se clasificaron en su mayoría en el IFN2 como monte desarbolado (Punto 2 de las *Glosas al Avance de Resultados* en la provincia de Santa Cruz de Tenerife, del Criterio de Experto). Así, el incremento de superficie es 20.092 ha en lugar de lo calculado sin tener en cuenta el Criterio de Experto, que era 25.115 ha, y el valor de la superficie en IFN2, pasa de ser 87.336 ha a 92.259 ha.

- Las Palmas

Según el Punto 2 de las *Glosas al Avance de Resultados* del IFN3 en la provincia de Las Palmas, se estima de manera aproximada, que un 90% del aumento de superficie entre inventarios es real, mientras que el 10% se debe a los cambios en el método empleado (cartografía forestal mejorada, así como cambios en el criterio de clasificación). Por tanto, la superficie del total arbolado en el IFN2 pasa de ser 17.578 ha a 17975 ha.

## Castilla León

### - Zamora

En el Punto 2 de las *Glosas al Avance de Resultados* del IFN3 de Zamora, se indica que el 40% del aumento de la superficie forestal arbolada, es debido a la mejora de la cartografía empleada y a ciertos cambios en las normas de clasificación de un inventario a otro. Por tanto, aplicando este Criterio de Experto a los datos obtenidos de los inventarios, se obtiene un incremento en la superficie total arbolada de 40.924 ha en lugar de 68.207 ha, obtenido sin tener en cuenta esta corrección del Criterio de Experto. La superficie del IFN2 del total monte arbolado se calcula, por tanto, que pasa de tener el valor 177.296 ha, comparando directamente los datos de los inventarios, a 204.578 ha, aplicando la correcciones recomendadas en el Criterio de Experto.

### - Palencia

El Criterio de Experto estima que el 35% del incremento de superficie de total arbolado entre los dos inventarios no es real, sino que se ha debido a una mejor cartografía en el IFN3 y a ciertas modificaciones de los criterios de clasificación entre ambos inventarios (Punto 2 de las *Glosas al Avance de Resultados* del IFN3 de Palencia). Aplicando este porcentaje, se obtiene que el crecimiento pasa de tener un valor de 45.522 ha, a estimarse en 31.865 ha y que la superficie total arbolada en el IFN2, que se suponía un valor de 128.238 ha, se considera ahora de 141.894 ha.

### - León

En el Punto 3 de las *Glosas al Avance de Resultados* del IFN3 de León se presenta una relación de superficies que, tanto por modificaciones en la cartografía del IFN2 en relación al IFN3, como en criterios de clasificación, son consideradas arboladas en el IFN3, pero no en el IFN2.

La superficie total que se considera arbolada en el IFN3 pero no en el IFN2 es de 182.009 ha. Por tanto, al considerar este ajuste, la superficie de total arbolado en el IFN2 que anteriormente se estimó en 269.209 ha, ahora pasará a tener el valor de 451.219 ha. El crecimiento en superficie total arbolada adopta, tras aplicar el Criterio de Experto, el valor 75.351 ha, en lugar de 257.361 ha.

## Criterios de experto (dehesas)

Existe otro factor de corrección aplicado, aparte de la comparación de superficies. Es el denominado Criterios de Expertos (Dehesas), cuyo objetivo es proceder a una comparación ajustada entre inventarios de la superficie adehesada.

Dado que en el Segundo Inventario Nacional no se tuvieron en cuenta zonas de dehesa como forestales al no ser así denominadas por el Mapa de Cultivos y Aprovechamientos, y estar incorporadas como superficies forestales en el tercer Inventario, se han realizado una serie de cálculos que estiman la parte de dehesas no incluida en el segundo Inventario según la tabla siguiente:

Provincia	Superficie dehesas	Provincia	Superficie dehesas
Madrid	12.941,65	Segovia	9.073,53
Cáceres	141.947,69	Guadalajara	1.162,53
Badajoz	81.847,32	Albacete	782,32
Salamanca	160.284,90	Ciudad Real	106.705,42
Avila	17.825,37	Toledo	54.150,13
Valladolid	965,89		

Fuente: Área de Banco de Datos de la Biodiversidad (DGB).

A efectos de calculo, serán incorporadas estas superficies al segundo Inventario.

## CÁLCULO DE SUPERFICIES. SUPERFICIE TOTAL

Se procede a explicar el método utilizado mediante el ejemplo de Madrid:

Provincia	Total monte arbolado	Años Mapas (MFE/MCA/MCCAA)	Diferencia años entre Mapas	Criterio Experto	Total monte arbolado DEFINITIVO	Dif. Sup.	Incremento superficie anual
<b>Madrid</b>							
IFN3	270.086	2.000		270.448	<b>270.448</b>		
IFN2	195.465	1.989	11	208.407	<b>208.407</b>	62.041	5.640
A	B	C	D	E	F	G	H

Para obtener la superficie de cada provincia en cada año, una vez realizados los cambios debidos a los Criterios de Expertos, obtenemos un total de monte arbolado provincial del cual podemos calcular el incremento de superficie anual.

El proceso es el siguiente:

- En cada provincia tenemos dos inventarios (columna A).
- De cada inventario una superficie (columna B) que corresponde al año de elaboración del mapa (columna C).
- Se aplica a cada inventario las variaciones producidas por la aplicación de los Criterios de Expertos (columna E) en algunas provincias. Para aquellas provincias sin criterio de experto, esta columna permanece vacía.
- En la columna F se muestran las superficies del monte arbolado de las provincias que han tenido cambios así como de las que no, siendo esta cifra la definitiva para los cálculos posteriores.

- Para obtener el incremento anual (columna H), calculamos la diferencia entre superficies fijadas a los inventarios (columna G) y se divide por el número de años transcurridos entre la realización de los mapas de referencia (columna D).

Posteriormente, se calcularán las superficies anuales sumando el **Incremento de superficie anual** a la superficie del año anterior a partir del año siguiente al de la elaboración del mapa, cuya superficie será la indicada en el IFN2.

Madrid													
1.988	1.989	1.990	1.991	1.992	1.993	1.994	1.995	1.996	1.997	1.998	1.999	2.000	2.001
202.767	208.407	214.047	219.687	225.327	230.967	236.607	242.248	247.888	253.528	259.168	264.808	270.448	276.088

Para las provincias que todavía no tienen realizado el tercer Inventario se estimarán las superficies a partir de las restantes provincias, es decir, se suman todas las superficies existentes por años, obtenemos el coeficiente de incremento entre cada año, el cual aplicaremos a la superficie del segundo inventario desde el año en que se realizó el mapa correspondiente.

Como ejemplo se presenta el caso de Jaén:

1.976	1.977	1.978	1.979	1.980	1.981	1.982	1.983
Suma de las superficies en las provincias con IFN3							
11.304.293	11.436.528	11.574.091	11.711.654	11.849.217	11.986.780	12.124.342	12.261.905
Coeficientes de incremento anuales							
	1,0117	1,0120	1,0119	1,0117	1,0116	1,0115	1,0113
Jaén							
311.128	314.768	318.554	322.340	326.126	329.912	333.698	337.485

## CÁLCULO DE SUPERFICIES. CAMBIOS DE USO

### Bosque que sigue siendo bosque

La superficie que sigue siendo bosque se corresponde al total de la superficie de monte arbolado del año anterior.

### Cultivos a bosque

Se considera regeneración artificial la conversión a bosque de tierras previamente ocupadas por cultivos (**CROPLAND** en **GPG2003**) y en donde se ha efectuado una reforestación intensa mediante especies de **crecimiento rápido** (*Eucalyptus sp.* y *Pinus radiata*).

La fuente de los datos es el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación a través de su programa de Reforestación de Tierras Agrarias regulada por los Reglamentos (CEE) 2080/92 y (CE) 12570/99.

Conforme a estos datos tenemos que:

Reforestación de tierras agrarias (ha)						
	1.994	1.995	1.996	1.997	1.998	1.999
Superficie total	33.930	85.125	85.652	80.224	92.103	52.106
Especies de crecimiento rápido	4.862	12.197	12.273	11.495	13.197	7.466
Resto de especies	29.068	72.928	73.379	68.729	78.906	44.640

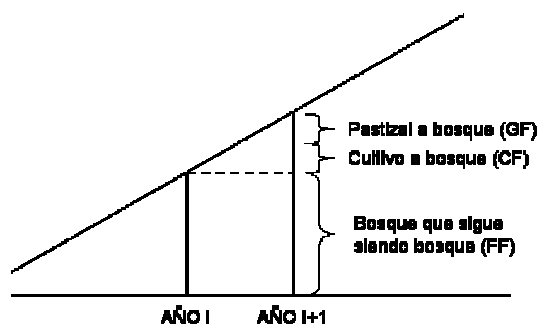
	2.000	2.001	2.002	2.003	2.004
Superficie total	50.767	32.321	22.480	22.105	0
Especies de crecimiento rápido	180	562	821	3.167	0
Resto de especies	50.587	31.759	21.659	18.938	0

Fuente: MAPA, 2003.

## Pastizal a bosque

Se considera regeneración natural la conversión a bosque de tierras que cumplen con la definición de **PASTIZAL (GRASSLAND en GPG2003)**, es decir, sobre todo vegetación dominada por pastos como uso principal y se distinguen del bosque por tener una fracción de cabida cubierta menor que el usado en la definición de bosque.

La superficie de pastizal que pasa a ser bosque se obtiene restando a la superficie forestal total, la superficie de cultivos que pasan a ser bosques y la superficie de bosque que sigue siendo bosque, como está representado en el esquema a continuación:



En el cuadro siguiente se expresan las superficies cada año:

## Cuadro de superficies

	1.990	1.991	1.992	1.993	1.994	1.995	1.996	1.997
<b>Superficie total</b> <sup>102</sup>	16.460.159	16.631.375	16.802.591	16.973.807	17.145.023	17.316.239	17.487.455	17.658.671
<b>Sup. Año<sub>i</sub> - Sup Año<sub>(i-1)</sub></b>	171.216	171.216	171.216	171.216	171.216	171.216	171.216	171.216
<b>cultivos a bosque</b>	0	0	0	0	33.930	85.125	85.652	80.224
<b>pastizal a bosque</b>	171.216	171.216	171.216	171.216	137.286	86.091	85.564	90.992
	<b>1.998</b>	<b>1.999</b>	<b>2.000</b>	<b>2.001</b>	<b>2.002</b>	<b>2.003</b>	<b>2.004</b>	
<b>Superficie total</b>	17.829.888	18.001.104	18.172.320	18.343.536	18.514.752	18.685.968	18.857.184	
<b>Sup. Año<sub>i</sub> - Sup Año<sub>(i-1)</sub></b>	171.216	171.216	171.216	171.216	171.216	171.216	171.216	
<b>cultivos a bosque</b>	92.103	52.106	50.767	32.321	22.480	22.105	0	
<b>pastizal a bosque</b>	79.113	119.110	120.449	138.895	148.736	149.111	171.216	

Las cifras correspondientes a la superficie total no se corresponden con las publicadas en los Inventarios Forestales Nacionales Segundo y Tercero, debido a las correcciones que se han establecido en los “**Criterios de Experto**”, que varían en gran medida la superficie estimada en cada año y la asignación de las fechas de los mapas correspondientes a los datos de superficies de los inventarios.

### A3.3.2 Carbono

#### CÁLCULO DEL INCREMENTO DE EXISTENCIAS DE CARBONO POR CRECIMIENTO DE BIOMASA

El cálculo del carbono existente debido a la biomasa viva en el bosque que se mantiene como bosque, se calcula utilizando un procedimiento basado en la GPG2003.

Como ejemplo explicativo se presenta el caso de **Madrid**. Este cálculo se ha realizado para todas las provincias.

De los dos Inventarios Forestales Nacionales utilizados se toman para cada provincia los datos de volumen industrial en m<sup>3</sup> por hectárea y por especie. El producto de estos volúmenes por los parámetros de expansión de biomasa BEFD, nos dará el **valor anual de biomasa aérea** (G'w) en toneladas de materia seca.

$$G'W = I_v \cdot BEFD$$

Aplicando el factor de expansión de raíces (R) a este valor anual, obtenemos el valor total anual de biomasa, tanto aérea como subterránea.

$$G'TOTAL = G'W \cdot (1 + R)$$

<sup>102</sup> Datos de IFN tras su corrección por Criterios de Expertos.



### Conversión del volumen con corteza medido en el IFN2 al valor anual de biomasa, tanto aérea como subterránea

VCC	Especie	Vcc (m3/ha)	BEFD (t/m3)	R	$G' = Vcc \cdot BEFD \cdot (1+R)$
IFN2	Cupressus	0,0365383	0,55	0,337	0,027
	Juniperus communis, J.oxycedrus	0,3659812	0,80	0,337	0,391
	Pinus halepensis	0,5916723	0,74	0,337	0,585
	Pinus nigra	0,6212050	0,64	0,337	0,532
	Pinus pinaster	5,6768778	0,55	0,337	4,174
	Pinus pinea	3,2296098	0,73	0,337	3,152
	Pinus sylvestris	15,6057050	0,62	0,337	12,936
	Pinus uncinata	0,0516865	0,80	0,337	0,055
	<b>CONIFERAS</b>				
	Árboles ripícolas	1,1965877	0,62	0,326	0,984
	Castanea sativa	0,1368613	0,75	0,326	0,136
	Fraxinus sp	1,2656449	0,83	0,326	1,393
	Otras frondosas	0,2356150	0,80	0,326	0,250
	Quercus faginea	0,1209293	1,11	0,326	0,178
	Quercus ilex	3,3036242	1,28	0,326	5,607
	Quercus pyrenaica, Q. Pubescens	2,3156311	1,11	0,326	3,408
	Quercus suber	0,0290874	1,28	0,326	0,049
	<b>FRONDOSAS</b>				
	<b>TOTALES</b>	<b>34,7832568</b>			<b>33,8589155</b>
Madrid					

A partir del resultado de  $G'_t$  total para cada inventario y por provincia, se puede calcular su valor en cada año. Para ello se realiza la diferencia entre inventarios y se divide entre el número de años transcurridos entre éstos, obteniéndose una constante (el Incremento de  $G'_t$  anual) que habrá que sumar en cada año para tener el valor de  $G'_t$  del año siguiente.

### Obtención de los valores de $G'_t$ cada año, a partir de los datos del Segundo y Tercer Inventario Forestal Nacional

Madrid	$G'_t = Vcc \cdot BEFD \cdot (1+R)$ (tn m.s. • ha <sup>-1</sup> • año <sup>-1</sup> )	Años inventarios	Dif. años entre inventarios	Dif. $G'_t$ entre inventarios	Incremento $G'_t$ anual = Dif. $G'_t$ /años
IFN3	40,90	2000			
IFN2	33,86	1990	10	7,50	0,70

	1.990	1.991	1.992	1.993	1.994	1.995	1.996	1.997	1.998	1.999	2.000
Madrid	33,86	34,56	35,27	35,97	36,68	37,38	38,09	38,79	39,50	40,20	40,91

En azul, datos correspondientes al años del Inventario Forestal Nacional

A partir de estos resultados se puede obtener el **valor anual de existencias de carbono en biomasa viva** en bosque que sigue siendo bosque aplicando la siguiente ecuación, basada en la **ECUACIÓN 3.2.4.**:

$$\Delta CFF_G = \sum_i (A_i \cdot G'_{TOTAL_i}) \cdot CF$$

### Cálculo del carbono aplicando la ecuación 3.2.4

1.990	1.991	1.992	1.993	1.994	1.995	1.996	1.997
3.528.216	3.699.150	3.874.060	4.052.947	4.235.809	4.422.648	4.613.463	4.808.254
1.998	1.999	2.000	2.001	2.002	2.003	2.004	
5.007.021	5.209.765	5.416.484	5.627.180	5.841.852	6.060.501	6.283.125	

Calculando la diferencia entre el valor en un año de las existencias de carbono en biomasa viva y el año anterior, se obtiene el **incremento anual de existencias de carbono en biomasa viva**.

### Incrementos de carbono

1.990	1.991	1.992	1.993	1.994	1.995	1.996	1.997
166.958	170.934	174.910	178.886	182.863	186.839	190.815	194.791
1.998	1.999	2.000	2.001	2.002	2.003	2.004	
198.767	202.743	206.720	210.696	214.672	218.648	222.624	

### A3.3.3 Emisiones

#### Estadísticas de cortas de madera y leña

##### MADERA: Resumen nacional de cortas por especies (m<sup>3</sup> con corteza)

ESPECIES	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Pino uncinata	30.425	17.874	25.515	15.631	21.967	18.636	14.941	13.425	17.836	17.744	62.171	32.479	33.569	14.028
Pino silvestre	790.908	766.784	675.986	534.965	519.920	708.121	711.054	780.196	781.426	815.025	757.241	686.805	769.069	762.775
Pino laricio	310.006	274.247	246.511	253.613	187.806	355.346	489.437	319.375	254.877	483.378	292.315	320.494	302.338	317.230
Pino pinaster	3.669.607	4.313.743	3.856.451	3.528.082	3.250.675	2.990.332	3.469.930	3.424.187	3.779.983	3.253.660	3.629.521	3.372.721	2.788.208	2.384.776
Pino pinea	177.492	126.040	140.572	101.649	144.481	134.574	159.968	110.885	120.369	203.968	139.998	113.002	107.081	101.690
Pino halepensis	339.455	285.455	251.032	265.617	215.679	230.549	381.567	285.366	279.816	233.192	268.754	268.102	239.879	250.033
Pino canario	775	103	383	137	205	349	96	233	3.038	4.331	8.860	13.213	8.870	7.826
Pino radiata	1.868.897	2.086.492	1.581.071	1.619.709	1.545.926	2.025.959	2.367.426	2.331.109	2.684.096	2.641.872	2.210.897	1.802.804	1.757.553	1.489.745
Abetos	20.860	10.817	11.474	20.020	8.854	17.635	23.560	14.601	13.138	3.190	9.876	9.828	8.479	11.433
Enebro	1.172	286	207	290	63	66	660	396	665	629	579	52	644	628
Sabinas	216	73	81	65	707	0	0	96	113	393	590	317	234	211
Otras coníferas	35.621	43.885	40.407	25.897	86.917	83.425	51.018	44.876	56.541	77.641	65.017	67.540	76.108	80.964
<b>TOTAL CONIFERAS</b>	<b>7.245.434</b>	<b>7.925.799</b>	<b>6.829.690</b>	<b>6.365.675</b>	<b>5.983.200</b>	<b>6.564.992</b>	<b>7.669.657</b>	<b>7.324.745</b>	<b>7.991.898</b>	<b>7.735.023</b>	<b>7.445.819</b>	<b>6.687.357</b>	<b>6.092.032</b>	<b>5.421.339</b>
Nogal	3.373	3.140	3.275	2.584	1.587	1.767	1.759	1.625	2.360	1.383	1.884	1.539	1.281	1.326
Chopos	520.759	439.435	567.284	413.961	458.383	588.090	661.285	547.323	670.262	716.976	666.644	757.262	774.413	652.280
Abedul	5.965	19.066	16.281	15.481	12.168	14.985	22.233	26.259	29.871	30.352	27.523	27.812	8.782	9.811
Aliso	23.185	20.574	18.000	20.609	18.881	18.696	23.942	21.868	24.828	25.520	20.646	22.463	14.539	18.934
Haya	112.438	85.993	95.897	102.469	103.515	81.596	96.622	76.444	106.278	66.711	84.101	64.471	66.463	51.037
Castaño	116.715	104.813	109.583	122.216	103.128	103.980	139.067	145.239	135.751	178.143	148.020	116.541	122.920	117.841
Quercus petraea	4.104	5.307	5.354	3.345	912	1.365	4.537	6.627	15.893	17.306	1.150	532	1.838	1.592
Quercus robur	69.674	77.355	102.686	89.933	91.851	48.397	94.770	93.306	81.597	82.450	129.560	94.322	39.186	86.049
Otros quercus	47.895	34.011	32.732	48.849	46.413	86.307	33.659	54.085	151.346	172.197	71.753	47.997	109.188	25.710
Olmo	8.246	7.247	11.469	8.842	3.374	3.272	4.359	6.248	4.288	62.076	2.658	402	1.900	250.408
Eucaliptos	2.746.360	3.225.903	3.061.620	3.108.252	3.102.131	3.440.527	3.914.112	3.569.557	3.836.931	4.294.660	4.204.319	3.858.105	4.159.551	4.010.322
Fresno	2.841	2.110	2.431	1.804	3.224	2.155	2.224	1.972	3.060	3.887	5.248	2.199	2.396	68.113
Otras frondosas	123.515	75.863	81.767	74.804	59.458	72.228	49.686	48.628	37.923	36.717	51.761	51.467	100.488	80.043
<b>TOTAL FRONDOSAS</b>	<b>3.785.070</b>	<b>4.100.817</b>	<b>4.108.379</b>	<b>4.013.149</b>	<b>4.005.025</b>	<b>4.463.365</b>	<b>5.048.255</b>	<b>4.599.181</b>	<b>5.100.388</b>	<b>5.688.378</b>	<b>5.415.267</b>	<b>5.045.112</b>	<b>5.402.945</b>	<b>5.373.466</b>
<b>TOTAL CON+FRON</b>	<b>11.030.504</b>	<b>12.026.616</b>	<b>10.938.069</b>	<b>10.378.824</b>	<b>9.988.225</b>	<b>11.028.357</b>	<b>12.717.912</b>	<b>11.923.926</b>	<b>13.092.286</b>	<b>13.423.401</b>	<b>12.861.086</b>	<b>11.732.469</b>	<b>11.494.977</b>	<b>10.794.805</b>
Madera delgada para trituración y otros usos industriales	775.666	718.763	562.755	474.624	581.321	1.121.994	232.310	244.829	183.654	267.766	401.962	164.183	60.008	112.645
Sin clasificar y fuera de bosque	3.947.129	2.713.524	3.347.149	3.220.633	3.027.202	3.243.667	2.623.077	2.570.548	2.377.890	2.183.415	2.098.708	2.193.358	2.546.114	3.805.879
<b>TOTAL MADERA</b>	<b>15.753.299</b>	<b>15.458.903</b>	<b>14.847.973</b>	<b>14.074.081</b>	<b>13.596.748</b>	<b>15.394.018</b>	<b>15.573.299</b>	<b>14.739.303</b>	<b>15.653.830</b>	<b>15.874.582</b>	<b>15.361.756</b>	<b>14.090.010</b>	<b>14.101.099</b>	<b>14.713.329</b>

### Estadísticas de cortas de madera y leña (continuación)

#### LEÑA: Resumen nacional de cortas por especies (estéreos)

ESPECIES	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Coníferas	1.327.653	911.525	874.674	811.979	669.365	1.569.649	1.314.251	952.877	691.790	729.260	668.807	637.687	485.381	513.271
Quercineas	2.173.897	2.174.225	2.387.860	2.604.568	2.466.785	1.621.155	2.147.394	1.409.898	976.881	1.161.722	1.295.475	1.535.601	928.104	1.303.631
Otras frondosas	484.573	667.860	976.011	893.043	856.484	1.039.457	1.550.739	2.832.196	1.590.357	1.232.025	1.203.847	1.105.331	590.380	366.898
Matorrales	454.397	427.635	378.904	390.524	304.489	335.655	78.351	135.528	146.515	121.801	190.854	78.007	96.124	111.515
<b>TOTAL ESPECIES</b>	<b>4.440.520</b>	<b>4.181.245</b>	<b>4.617.449</b>	<b>4.700.114</b>	<b>4.297.123</b>	<b>4.565.916</b>	<b>5.090.735</b>	<b>5.330.499</b>	<b>3.405.543</b>	<b>3.244.808</b>	<b>3.358.983</b>	<b>3.356.626</b>	<b>2.099.989</b>	<b>2.295.315</b>
Leña destinada a usos industriales (a deducir)	929.643	800.413	696.433	584.225	587.786	1.150.543	257.549	286.383	192.004	296.072	468.445	187.088	74.055	121.872
<b>TOTAL LEÑA PARA QUEMAR O CARBONEO</b>	<b>3.510.877</b>	<b>3.380.832</b>	<b>3.921.016</b>	<b>4.115.889</b>	<b>3.709.337</b>	<b>3.415.373</b>	<b>4.833.186</b>	<b>5.044.116</b>	<b>3.213.539</b>	<b>2.948.736</b>	<b>2.890.538</b>	<b>3.169.538</b>	<b>2.025.934</b>	<b>2.173.443</b>

Fuente: "Anuario de Estadística Agraria" del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA)

Estéreo de leña: un estéreo es la madera en rollo que admite un metro cúbico

### **PÉRDIDA ANUAL DE CARBONO DEBIDO A CORTA COMERCIAL**

$$P_{\text{cortas}} = H \cdot D \cdot \text{BEF2} \cdot (1 - f_{\text{BP}}) \cdot \text{FC}$$

Donde:

- BEF2 son los factores de expansión de biomasa Guía LULUCF 2003. TABLA 3A.1.10
- D es la densidad básica de la madera Guía LULUCF 2003. TABLA 3A.1.9 o 0,5 por defecto (IPCC 1996)
- BEFD
- H es el volumen extraído anualmente de madera comercial
- fBP es la fracción de biomasa que entra en descomposición
- FC es la fracción de Carbono en materia seca

La Tabla Cortas 1 contiene los valores de volumen extraído y el factor de expansión.

El cociente entre D y BEF2 se sustituye por nuestro BEFD, que son los factores de expansión de biomasa del CREAM, toneladas de materia seca por m<sup>3</sup>

La Tabla Cortas 2 muestra el cociente entre BEFD y H

La Tabla Cortas 3 muestra el cociente entre (1 - fBP) y FC, obteniéndose así las Toneladas de Carbono perdidas por corta comercial

**TABLA**  
**CORTAS 1** Cortas de madera por especies (m³), densidad básica de la madera y factores de expansión de biomasa

ESPECIES	A BEF <sub>2</sub>	B D	C DEFD	H														ESTIMACION(media 10 últimos años)	
				1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Pino uncinata			0,61	30.425	17.874	25.515	15.631	21.967	18.636	14.941	13.425	17.836	17.744	62.171	32.479	33.569	14.028	24.680	24.951
Pino silvestre		0,42	0,62	790.908	766.784	675.986	534.965	519.920	708.121	711.054	780.196	781.426	815.025	757.241	686.805	769.069	762.775	729.163	750.088
Pino laricio			0,64	310.006	274.247	246.511	253.613	187.806	355.346	489.437	319.375	254.877	483.378	292.315	320.494	302.338	317.230	332.260	346.705
Pino pinaster		0,44	0,55	3.669.607	4.313.743	3.856.451	3.528.082	3.250.675	2.990.332	3.469.930	3.424.187	3.779.983	3.253.660	3.629.521	3.372.721	2.788.208	2.384.776	3.234.399	3.232.772
Pino pinea			0,73	177.492	126.040	140.572	101.649	144.481	134.574	159.968	110.885	120.369	203.968	139.998	113.002	107.081	101.690	133.602	132.514
Pino halepensis			0,74	339.455	285.455	251.032	265.617	215.679	230.549	381.567	285.366	279.816	233.192	268.754	268.102	239.879	250.033	265.294	270.255
Pino canario			0,55	775	103	383	137	205	349	96	233	3.038	4.331	8.860	13.213	8.870	7.826	4.702	5.152
Pino radiata			0,44	1.868.897	2.086.492	1.581.071	1.619.709	1.545.926	2.025.959	2.367.426	2.331.109	2.684.096	2.641.872	2.210.897	1.802.804	1.757.553	1.489.745	2.085.739	2.139.720
Abetos		0,4	0,61	20.860	10.817	11.474	20.020	8.854	17.635	23.560	14.601	13.138	3.190	9.876	9.828	8.479	11.433	12.059	12.380
Enebro			0,8	1.172	286	207	290	63	66	660	396	665	629	579	52	644	628	438	476
Sabinas			0,8	216	73	81	65	707	0	0	96	113	393	590	317	234	211	266	222
Otras coníferas			0,64	35.621	43.885	40.407	25.897	86.917	83.425	51.018	44.876	56.541	77.641	65.017	67.540	76.108	80.964	69.005	67.213
<b>TOTAL CONÍFERAS</b>	<b>1,3</b>			<b>7.245.434</b>	<b>7.925.799</b>	<b>6.829.690</b>	<b>6.365.675</b>	<b>5.983.200</b>	<b>6.564.992</b>	<b>7.669.657</b>	<b>7.324.745</b>	<b>7.991.898</b>	<b>7.735.023</b>	<b>7.445.819</b>	<b>6.687.357</b>	<b>6.092.032</b>	<b>5.421.339</b>	<b>6.891.606</b>	<b>6.982.447</b>
Nogal		0,53	0,8	3.373	3.140	3.275	2.584	1.587	1.767	1.759	1.625	2.360	1.383	1.884	1.539	1.281	1.326	1.651	1.658
Chopos		0,35	0,62	520.759	439.435	567.284	413.961	458.383	588.090	661.285	547.323	670.262	716.976	666.644	757.262	774.413	652.280	649.292	668.383
Abedul		0,51	0,73	5.965	19.066	16.281	15.481	12.168	14.985	22.233	26.259	29.871	30.352	27.523	27.523	8.782	9.811	20.980	21.861
Aliso		0,45	0,62	23.185	20.574	18.000	20.609	18.881	18.696	23.942	21.868	24.828	25.520	20.646	22.463	14.539	18.934	21.032	21.247
Haya		0,58	0,81	112.438	85.993	95.897	102.469	103.515	81.596	96.622	76.444	106.278	66.711	84.101	64.471	66.463	51.037	79.724	77.345
Castaño		0,48	0,75	116.715	104.813	109.583	122.216	103.128	103.980	139.067	145.239	135.751	178.143	148.020	116.541	122.920	117.841	131.063	133.857
Quercus petraea		0,58	0,84	4.104	5.307	5.354	3.345	912	1.365	4.537	6.627	15.893	17.306	1.150	532	1.838	1.592	5.175	5.602
Quercus robur		0,58	0,84	69.674	77.355	102.686	89.933	91.851	48.397	94.770	93.306	81.597	82.450	129.560	94.322	39.186	86.049	84.149	83.379
Otros quercus		0,58	0,8	47.895	34.011	32.732	48.849	46.413	86.307	33.659	54.085	151.346	172.197	71.753	47.997	109.188	25.710	79.866	83.211
Olmo			0,9	8.246	7.247	11.469	8.842	3.374	3.272	4.359	6.248	4.288	62.076	2.658	402	1.900	250.408	33.899	36.951
Eucaliptos			0,81	2.746.360	3.225.903	3.061.620	3.108.252	3.102.131	3.440.527	3.914.112	3.569.557	3.836.931	4.294.660	4.204.319	3.858.105	4.159.551	4.010.322	3.839.022	3.912.711
Fresno		0,57	0,83	2.841	2.110	2.431	1.804	3.224	2.155	2.224	1.972	3.060	3.887	5.248	2.199	2.396	68.113	9.448	10.070
Otras frondosas			0,8	123.515	75.863	81.767	74.804	59.458	72.228	49.686	48.628	37.923	36.717	51.761	51.467	100.488	80.043	58.840	58.778
<b>TOTAL FRONDOSAS</b>	<b>1,4</b>			<b>3.785.070</b>	<b>4.100.817</b>	<b>4.108.379</b>	<b>4.013.149</b>	<b>4.005.025</b>	<b>4.463.365</b>	<b>5.048.255</b>	<b>4.599.181</b>	<b>5.100.388</b>	<b>5.688.378</b>	<b>5.415.267</b>	<b>5.045.112</b>	<b>5.402.945</b>	<b>5.373.466</b>	<b>5.014.138</b>	<b>5.115.050</b>
<b>TOTAL CON+FRON</b>				<b>11.030.504</b>	<b>12.026.616</b>	<b>10.938.069</b>	<b>10.378.824</b>	<b>9.988.225</b>	<b>11.028.357</b>	<b>12.717.912</b>	<b>11.923.926</b>	<b>13.092.286</b>	<b>13.423.401</b>	<b>12.861.086</b>	<b>11.732.469</b>	<b>11.494.977</b>	<b>10.794.805</b>	<b>11.905.744</b>	<b>12.097.496</b>
Madera delgada para trituración y madera y leña para otros usos industriales		0,5		1.705.309	1.519.176	1.259.188	1.058.849	1.169.107	2.272.537	489.859	531.212	375.658	563.838	870.407	351.271	134.063	234.517	699.247	652.261
Sin clasificar y fuera de bosque		0,5		3.947.129	2.713.524	3.347.149	3.220.633	3.027.202	3.243.667	2.623.077	2.570.548	2.377.890	2.183.415	2.098.708	2.193.358	2.546.114	3.805.879	2.666.986	2.630.964
Leña destinada a usos industriales		0,5		929.643	800.413	696.433	584.225	587.786	1.150.543	257.549	286.383	192.004	296.072	468.445	187.088	74.055	121.872	362.180	339.619
				<b>17.612.585</b>	<b>17.059.729</b>	<b>16.240.839</b>	<b>15.242.531</b>	<b>14.772.320</b>	<b>17.695.104</b>	<b>16.088.397</b>	<b>15.312.069</b>	<b>16.037.838</b>	<b>16.466.726</b>	<b>16.298.646</b>	<b>14.464.186</b>	<b>14.249.209</b>	<b>14.957.073</b>	<b>15.634.157</b>	<b>15.720.341</b>

A = Factores de expansión de biomasa Guía LULUCF 2003. TABLA 3A.1.10

B = Densidad básica de la madera Guía LULUCF 2003. TABLA 3A.1.9 o 0,5 por defecto (IPCC 1996)

C = Factores de expansión de biomasa del CREAM, toneladas de materia seca por m³

H = Volumen extraído anualmente de madera

TABLA  
CORTAS 2  
BEFD x H

Materia seca por especies (ton m.s.)

ESPECIES	f <sub>BP</sub>	FC	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Pino uncinata	0,15	0,50	18.559	10.903	15.564	9.535	13.400	11.368	9.114	8.189	10.880	10.824	37.924	19.812	20.477	8.557	15.055	15.220
Pino silvestre	0,15	0,50	490.363	475.406	419.111	331.678	322.350	439.035	440.853	483.722	484.484	505.316	469.489	425.819	476.823	472.921	452.081	465.054
Pino laricio	0,15	0,50	198.404	175.518	157.767	162.312	120.196	227.421	313.240	204.400	163.121	309.362	187.082	205.116	193.496	203.027	212.646	221.891
Pino pinaster	0,15	0,50	2.018.284	2.372.559	2.121.048	1.940.445	1.787.871	1.644.683	1.908.462	1.883.303	2.078.991	1.789.513	1.996.237	1.854.997	1.533.514	1.311.627	1.778.920	1.778.024
Pino pinea	0,15	0,50	129.569	92.009	102.618	74.204	105.471	98.239	116.777	80.946	87.869	148.897	102.199	82.491	78.169	74.234	97.529	96.735
Pino halepensis	0,15	0,50	251.197	211.237	185.764	196.557	159.602	170.606	282.360	211.171	207.064	172.562	198.878	198.395	177.510	185.024	196.317	199.989
Pino canario	0,15	0,50	426	57	211	75	113	192	53	128	1.671	2.382	4.873	7.267	4.879	4.304	2.586	2.833
Pino radiata	0,15	0,50	822.315	918.056	695.671	712.672	680.207	891.422	1.041.667	1.025.688	1.181.002	1.162.424	972.795	793.234	773.323	655.488	917.725	941.477
Abetos	0,15	0,50	12.725	6.598	6.999	12.212	5.401	10.757	14.372	8.907	8.014	1.946	6.024	5.995	5.172	6.974	7.356	7.552
Enebro	0,15	0,50	938	229	166	232	50	53	528	317	532	503	463	42	515	502	351	381
Sabinas	0,15	0,50	173	58	65	52	566	0	0	77	90	314	472	254	187	169	213	178
Otras coníferas	0,15	0,50	22.797	28.086	25.860	16.574	55.627	53.392	32.652	28.721	36.186	49.690	41.611	43.226	48.709	51.817	44.163	43.017
TOTAL CONÍFERAS	0,15	0,50	3.965.749	4.290.717	3.730.844	3.456.549	3.250.855	3.547.168	4.160.076	3.935.567	4.259.905	4.153.732	4.018.047	3.636.648	3.312.776	2.974.644	3.724.942	3.772.351
Nogal	0,15	0,50	2.698	2.512	2.620	2.067	1.270	1.414	1.407	1.300	1.888	1.106	1.507	1.231	1.025	1.061	1.321	1.326
Chopos	0,15	0,50	322.871	272.450	351.716	256.656	284.197	364.616	409.997	339.340	415.562	444.525	413.319	469.502	480.136	404.414	402.561	414.397
Abedul	0,15	0,50	4.354	13.918	11.885	11.301	8.883	10.939	16.230	19.169	21.806	22.157	20.092	20.303	6.411	7.162	15.315	15.958
Aliso	0,15	0,50	14.375	12.756	11.160	12.778	11.706	11.592	14.844	13.558	15.393	15.822	12.801	13.927	9.014	11.739	13.040	13.173
Haya	0,15	0,50	91.075	69.654	77.677	83.000	83.847	66.093	78.264	61.920	86.085	54.036	68.122	52.222	53.835	41.340	64.576	62.649
Castano	0,15	0,50	87.536	78.610	82.187	91.662	77.346	77.985	104.300	108.929	101.813	133.607	111.015	87.406	92.190	88.381	98.297	100.392
Quercus petraea	0,15	0,50	3.447	4.458	4.497	2.810	766	1.147	3.811	5.567	13.350	14.537	966	447	1.544	1.337	4.347	4.705
Quercus robur	0,15	0,50	58.526	64.978	86.256	75.544	77.155	40.653	79.607	78.377	68.541	69.258	108.830	79.230	32.916	72.281	70.685	70.038
Otros quercus	0,15	0,50	38.316	27.209	26.186	39.079	37.130	69.046	26.927	43.268	121.077	137.758	57.402	38.398	87.350	20.568	63.892	66.569
Olmo	0,15	0,50	7.421	6.522	10.322	7.958	3.037	2.945	3.923	5.623	3.859	55.868	2.392	362	1.710	225.367	30.509	33.256
Eucaliptos	0,15	0,50	2.224.552	2.612.981	2.479.912	2.517.684	2.512.726	2.786.827	3.170.431	2.891.341	3.107.914	3.478.675	3.405.498	3.125.065	3.369.236	3.248.361	3.109.607	3.169.296
Fresno	0,15	0,50	2.358	1.751	2.018	1.497	2.676	1.789	1.846	1.637	2.540	3.226	4.356	1.825	1.989	56.534	7.842	8.358
Otras frondosas	0,15	0,50	98.812	60.690	65.414	59.843	47.566	57.782	39.749	38.902	30.338	29.374	41.409	41.174	80.390	64.035	47.072	47.022
TOTAL FRONDOSAS	0,15	0,50	2.956.342	3.228.490	3.211.850	3.161.879	3.148.305	3.492.826	3.951.336	3.608.932	3.990.168	4.459.949	4.247.710	3.931.091	4.217.747	4.242.579	3.929.064	4.007.140
TOTAL CON+FRON	0,15	0,50	6.922.091	7.519.207	6.942.694	6.618.427	6.399.160	7.039.994	8.111.412	7.544.499	8.250.073	8.613.682	8.265.756	7.567.739	7.530.523	7.217.223	7.654.006	7.779.491
Madera delgada para trituración y madera y leña para otros usos industriales		0,50	852.655	759.588	629.594	529.425	584.554	1.136.269	244.930	265.606	187.829	281.919	435.204	175.636	67.032	117.259	349.623	326.130
Sin clasificar y fuera de bosque		0,50	1.973.565	1.356.762	1.673.575	1.610.317	1.513.601	1.621.834	1.311.539	1.285.274	1.188.945	1.091.708	1.049.354	1.096.679	1.273.057	1.902.940	1.333.493	1.315.482
			9.748.310	9.635.557	9.245.862	8.758.168	8.497.315	9.798.096	9.667.880	9.095.379	9.626.847	9.987.308	9.750.314	8.840.054	8.870.611	9.237.421	9.337.123	9.421.103

fBP = fracción de biomasa que entra en descomposición

FC = fracción de Carbono en materia seca

**TABLA  
CORTAS 3**  
P<sub>cortas</sub> por  
especie

Toneladas de Carbono

ESPECIES	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Pino uncinata	7.888	4.634	6.615	4.052	5.695	4.831	3.873	3.480	4.624	4.600	16.118	8.420	8.703	3.637	6.398	6.469
Pino silvestre	208.404	202.048	178.122	140.963	136.999	186.590	187.363	205.582	205.906	214.759	199.533	180.973	202.650	200.991	192.135	197.648
Pino laricio	84.322	74.595	67.051	68.983	51.083	96.654	133.127	86.870	69.327	131.479	79.510	87.174	82.236	86.287	90.375	94.304
Pino pinaster	857.771	1.008.337	901.445	824.689	759.845	698.990	811.096	800.404	883.571	760.543	848.401	788.374	651.744	557.441	756.041	755.660
Pino pinea	55.067	39.104	43.612	31.537	44.825	41.752	49.630	34.402	37.344	63.281	43.434	35.059	33.222	31.549	41.450	41.112
Pino halepensis	106.759	89.776	78.950	83.537	67.831	72.508	120.003	89.748	88.002	73.339	84.523	84.318	75.442	78.635	83.435	84.995
Pino canario	181	24	90	32	48	82	22	54	710	1.012	2.071	3.089	2.073	1.829	1.099	1.204
Pino radiata	349.484	390.174	295.660	302.886	289.088	378.854	442.709	435.917	501.926	494.030	413.438	337.124	328.662	278.582	390.033	400.128
Abetos	5.408	2.804	2.975	5.190	2.295	4.572	6.108	3.785	3.406	827	2.560	2.548	2.198	2.964	3.126	3.209
Enebro	398	97	70	99	21	22	224	135	226	214	197	18	219	214	149	162
Sabinas	73	25	28	22	240	0	0	33	38	134	201	108	80	72	90	75
Otras coníferas	9.689	11.937	10.991	7.044	23.641	22.692	13.877	12.206	15.379	21.118	17.685	18.371	20.701	22.022	18.769	18.282
<b>TOTAL CONÍFERAS</b>	<b>1.685.443</b>	<b>1.823.555</b>	<b>1.585.609</b>	<b>1.469.033</b>	<b>1.381.613</b>	<b>1.507.547</b>	<b>1.768.032</b>	<b>1.672.616</b>	<b>1.810.460</b>	<b>1.765.336</b>	<b>1.707.670</b>	<b>1.545.575</b>	<b>1.407.930</b>	<b>1.264.224</b>	<b>1.583.100</b>	<b>1.603.249</b>
Nogal	1.147	1.068	1.114	879	540	601	598	553	802	470	641	523	436	451	561	564
Chopos	137.220	115.791	149.479	109.079	120.784	154.962	174.249	144.220	176.614	188.923	175.661	199.539	204.058	171.876	171.088	176.119
Abedul	1.851	5.915	5.051	4.803	3.775	4.649	6.898	8.147	9.267	9.417	8.539	8.629	2.725	3.044	6.509	6.782
Aliso	6.109	5.421	4.743	5.430	4.975	4.926	6.309	5.762	6.542	6.725	5.440	5.919	3.831	4.989	5.542	5.599
Haya	38.707	29.603	33.013	35.275	35.635	28.089	33.262	26.316	36.586	22.965	28.952	22.194	22.880	17.569	27.445	26.626
Castaño	37.203	33.409	34.930	38.956	32.872	33.144	44.328	46.295	43.271	56.783	47.181	37.147	39.181	37.562	41.776	42.667
Quercus petraea	1.465	1.895	1.911	1.194	326	487	1.620	2.366	5.674	6.178	411	190	656	568	1.848	2.000
Quercus robur	24.874	27.616	36.659	32.106	32.791	17.278	33.833	33.310	29.130	29.435	46.253	33.673	13.989	30.719	30.041	29.766
Otros quercus	16.284	11.564	11.129	16.609	15.780	29.344	11.444	18.389	51.458	58.547	24.396	16.319	37.124	8.741	27.154	28.292
Olmo	3.154	2.772	4.387	3.382	1.291	1.252	1.667	2.390	1.640	23.744	1.017	154	727	95.781	12.966	14.134
Eucaliptos	945.434	1.110.517	1.053.963	1.070.016	1.067.909	1.184.401	1.347.433	1.228.820	1.320.863	1.478.437	1.447.337	1.328.153	1.431.925	1.380.553	1.321.583	1.346.951
Fresno	1.002	744	858	636	1.137	760	785	696	1.079	1.371	1.851	776	845	24.027	3.333	3.552
Otras frondosas	41.995	25.793	27.801	25.433	20.216	24.558	16.893	16.534	12.894	12.484	17.599	17.499	34.166	27.215	20.006	19.985
<b>TOTAL FRONDOSAS</b>	<b>1.256.445</b>	<b>1.372.108</b>	<b>1.365.036</b>	<b>1.343.798</b>	<b>1.338.030</b>	<b>1.484.451</b>	<b>1.679.318</b>	<b>1.533.796</b>	<b>1.695.821</b>	<b>1.895.479</b>	<b>1.805.277</b>	<b>1.670.714</b>	<b>1.792.542</b>	<b>1.803.096</b>	<b>1.669.852</b>	<b>1.703.035</b>
<b>TOTAL CON+FRON</b>	<b>2.941.889</b>	<b>3.195.663</b>	<b>2.950.645</b>	<b>2.812.832</b>	<b>2.719.643</b>	<b>2.991.998</b>	<b>3.447.350</b>	<b>3.206.412</b>	<b>3.506.281</b>	<b>3.660.815</b>	<b>3.512.946</b>	<b>3.216.289</b>	<b>3.200.472</b>	<b>3.067.320</b>	<b>3.252.953</b>	<b>3.306.284</b>
Madera delgada para trituración y madera y leña para otros usos industriales	426.327	379.794	314.797	264.712	292.277	568.134	122.465	132.803	93.915	140.960	217.602	87.818	33.516	58.629	174.812	163.065
Sin clasificar y fuera de bosque	986.782	678.381	836.787	805.158	756.801	810.917	655.769	642.637	594.473	545.854	524.677	548.340	636.529	951.470	666.746	657.741
<b>P<sub>cortas</sub> nacional</b>	<b>4.354.998</b>	<b>4.253.838</b>	<b>4.102.229</b>	<b>3.882.702</b>	<b>3.768.720</b>	<b>4.371.049</b>	<b>4.225.584</b>	<b>3.981.852</b>	<b>4.194.668</b>	<b>4.347.628</b>	<b>4.255.225</b>	<b>3.852.446</b>	<b>3.870.516</b>	<b>4.077.419</b>	<b>4.094.511</b>	<b>4.127.090</b>



## PÉRDIDA ANUAL DE CARBONO DEBIDO A SU USO COMO BIOCOMBUSTIBLES

$$P_{\text{biocombustible}} = B \cdot D \cdot BEF2 \cdot FC$$

Leñas en estéreos

	D	FC	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
<b>TOTAL LEÑA PARA QUEMAR O CARBONEO</b>	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>	3.510.877	3.380.832	3.921.016	4.115.889	3.709.337	3.415.373	4.833.186	5.044.116	3.213.539

	D	FC	1998	1999	2000	2001	2002	ESTIMACION (media 10 ultimos años)	
<b>TOTAL LEÑA PARA QUEMAR O CARBONEO</b>	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>	2.948.736	2.890.538	3.169.538	2.025.934	2.173.443	4.043.110	4.126.554

D = Densidad básica de la madera Guía LULUCF 2003. TABLA 3A.1.9 o 0,5 por defecto (IPCC 1996)

FC = Fracción de Carbono en materia seca

Toneladas de Carbono

			1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
<b>TOTAL LEÑA PARA QUEMAR O CARBONEO</b>			877.719	845.208	980.254	1.028.972	927.334	853.843	1.208.297	1.261.029	803.385

			1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
<b>TOTAL LEÑA PARA QUEMAR O CARBONEO</b>			737.184	722.635	792.385	506.484	543.361	1.010.778	1.031.638



## **ANEXO 4: ENFOQUE DE REFERENCIA Y SU COMPARACIÓN CON EL ENFOQUE SECTORIAL**

### **Enfoque de referencia:**

El enfoque de referencia proporciona una aproximación a las emisiones de CO<sub>2</sub> por combustión (categoría IPCC 1A), tratando exclusivamente con información agregada a nivel nacional de: a) producción interior de combustibles primarios; b) saldo neto de comercio exterior (importaciones menos exportaciones) de combustibles primarios y secundarios; c) variación de existencias (existencias inicial menos final) de combustibles primarios y secundarios; y d) uso no energético de combustibles primarios y secundarios .

Este procedimiento, que sigue un tratamiento arriba-abajo, sirve como método de contrastación de las estimaciones de emisiones de CO<sub>2</sub> en procesos combustivos realizadas con el enfoque sectorial, que sigue un tratamiento abajo-arriba, que es el efectivamente utilizado para la presentación de los resultados del inventario nacional español

### **Descripción del enfoque:**

El principio de este procedimiento es el cómputo del carbono total emitido procedente de los combustibles fósiles consumidos en el país, sin distinguir el proceso o actividad socioeconómica en la cual se empleó.

Los datos socioeconómicos relativos al comercio exterior, procedencia o destino de los combustibles, determinan la disponibilidad para consumo nacional (consumo aparente)<sup>103</sup>. En este procedimiento se asume que la partida así estimada de combustible se consume íntegramente, en actividades de combustión o con fines no energéticos.

El enfoque contempla que el carbono presente en el combustible puede emitirse directamente a la atmósfera o permanecer en el producto no combustible que lo utiliza como materia prima o materia intermedia<sup>104</sup>, o como residuo en las cenizas de la combustión. Atendiendo a este principio el carbono emitido se estima con el carbono total contenido en el combustible disponible, descontando la parte

---

<sup>103</sup> Disponibilidad total de combustibles primarios y cantidad neta (saldo neto del comercio exterior ajustado por la variación de existencias) para combustibles secundarios.

<sup>104</sup> Entre los productos no combustibles se pueden citar los insumos intermedios como los lubricantes o la nafta procesados en el refinado del crudo de petróleo.



### Variables socioeconómicas

Las variables que intervienen en esta estimación están asociadas con los combustibles fósiles y son:

- a) Flujos origen-destino: Comprende la exportación, importación, bunkers internacionales (marinos y aéreos) y variación nacional de existencias. En el caso de combustibles primarios se incluye junto a las variables ya mencionadas la producción.
- b) Usos no energéticos.

Todos los datos socioeconómicos proceden del balance de combustibles elaborado como parte del inventario de emisiones. Se enuncian a continuación las principales fuentes de referencia nacionales consultadas para su realización, por lo que respecta a las variables:

- a) Cuestionarios internacionales sobre carbones, productos petrolíferos y gas natural que son remitidos desde el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio (MITYC) a la Agencia Internacional de la Energía (AIE) y EUROSTAT para la captura de la información de base relativa a los flujos origen-destino, bunkers internacionales (marinos y aéreos) e insumos no energéticos.
- b) Estadísticas elaboradas por MITYC con datos de flujos entrada-salida en fábricas de pasta coquizable y coquerías, "Estadística de Fabricación de Pasta Coquizable, de Coquería y de Gas de Horno Alto", para la recopilación de información acerca del uso no energético de "Aceites de carbón y alquitranes", no disponible en la fuente anterior.

Cabe reseñar el carácter provisional del balance del inventario nacional para el último año del periodo inventariado (año 2004). El cuadro de los balances anuales es resultado del compendio y contrastación de toda la información disponible en la fase de elaboración del inventario actual. El balance correspondiente al año 2004 es estimado parcialmente<sup>106</sup> por no estar disponibles las estadísticas nacionales definitivas, o resultar incompletas, ni los balances energéticos de AIE y EUROSTAT.

---

<sup>106</sup>

Se emplean los datos absolutos y/o las tasas de variación interanuales recogidas en estadísticas provisionales e informes sectoriales tales como el Boletín Estadístico de Hidrocarburos de CORES (Corporación de Reservas Estratégicas de Productos Petrolíferos) o el Avance Estadístico anual de SEDIGAS.

### Algoritmo de estimación de emisiones

En el algoritmo de estimación (véase diagrama explicativo en la figura A4.1 para mayor detalle) intervienen determinadas características de los combustibles fósiles y de sus formas de utilización: a) poderes caloríficos inferiores (PCI); b) contenidos de carbono; c) fracción de carbono almacenada en los productos que utilizan combustibles como materias primas o intermedias y d) fracción de carbono no oxidada.

Las características expresadas en el CRF Reporter son datos anuales del combustible tipo consumido; así, no deben interpretarse los valores representativos para cada partida que compone el consumo aparente, es decir, producción, importación, exportación, variación de existencias o bunkers internacionales. Esta recomendación tiene especial trascendencia en el caso de los carbones, hulla y antracita, cuya capacidad energética muestra variaciones significativas en función de su origen, nacional o internacional.

En la determinación de los valores medios anuales de PCI y contenidos de carbono se han tenido en cuenta las características implícitas, empleadas en el enfoque sectorial, para la estimación del CO<sub>2</sub> emitido en la categoría IPCC 1A. El inventario nacional dispone de información específica, a nivel de sector o de planta, de combustibles consumidos en sectores socioeconómicos de relevancia tales como refinerías, centrales térmicas, siderurgia integral o transporte y distribución de gas natural; a los combustibles de las restantes actividades combustivas se les ha asignado en el enfoque sectorial unas características estándares.

La fracción de carbono oxidada y, en los productos para cuya elaboración emplean combustibles como materia prima o intermedia, la fracción de carbono almacenada son características de las cuales actualmente no se dispone de información nacional exhaustiva, aplicando en su defecto las cantidades sugeridas en el Manual de Referencia 1996 de IPCC.

#### **A continuación se realiza una descripción más pormenorizada de los valores y procedimientos de estimación de los distintos parámetros:**

##### **a) Poderes caloríficos inferiores (PCI):**

Los movimientos origen-destino de los combustibles fósiles sólidos y líquidos en el enfoque de referencia vienen expresados en términos de masa, reproduciendo las cifras originales del balance de combustibles del inventario. El consumo aparente de estos combustibles es posteriormente convertido a unidades energéticas (TJ de poder calorífico inferior) aplicando un PCI representativo nacional.

En el caso de combustibles fósiles contemplados a nivel sectorial, se seleccionó en el enfoque de referencia el factor anual promedio obtenido

ponderando el PCI aplicado en cada actividad A,  $PCI_A$ , por el correspondiente consumo de combustible en términos de masa,  $M_A$ :

$$PCI_{E.R,t} = \frac{\sum_A PCI_{A,t} M_{A,t}}{\sum_A M_{A,t}} \quad t = t_0, \dots, t_n$$

Cuando el consumo nacional del combustible se realiza exclusivamente con fines no energéticos y, por tanto, no ha sido recogido en ninguna actividad de combustión se ha adoptado directamente el PCI por defecto propuesto en el Manual de Referencia 1996 de IPCC.

Los datos originales de los combustibles gaseosos (gas natural) vienen expresados en términos de energía de poder calorífico superior (TJ de PCS). Para la conversión a unidades energéticas de poder calorífico inferior se ha aplicado el factor deducido con la información proporcionada por la principal compañía transportadora nacional de gas natural.

b) Contenido de carbono (C):

El criterio observado en la elección del contenido de carbono ha sido favorecer la contrastación con el Enfoque Sectorial<sup>107</sup>. Así, en el Enfoque de Referencia se asignaron a los combustibles los contenidos de carbono anuales implícitos en el Enfoque Sectorial,  $C_{ES}$ , a partir de la emisión de carbono asociada y el consumo imputado del combustible:

$$C_{E.R,t} = C_{E.S,t} = \frac{Emisión C_{E.S,t}}{Energía Consumida_{E.S,t}} = \frac{\left(\frac{12}{44}\right) \left(\frac{1}{CO_{Oxidado}}\right) Emisión CO_{2,E.S,t}}{Energía Consumida_{E.S,t}} \quad t = t_0, \dots, t_n$$

Desarrollando la fórmula anterior con las emisiones de  $CO_2$  y consumos por actividad emisora, A, podría expresarse la ecuación como sigue:

$$C_{E.R,t} = \left(\frac{12}{44}\right) \left(\frac{1}{CO_{Oxidado}}\right) \frac{\sum_A Emisión CO_{2,A,t}}{PCI_{E.R,t} \sum_A M_{A,t}} \quad t = t_0, \dots, t_n$$

Igual que sucedía con los poderes caloríficos inferiores este algoritmo no es aplicable cuando los consumos anuales de un combustible tienen fines exclusivamente no energéticos, seleccionando en tal caso los valores por defecto de IPCC.

<sup>107</sup>

Contrastación orientada a la detección de coberturas parciales tanto en imputaciones de combustible como en identificación de actividades fuente combustivas en el inventario.

c) Fracción de carbono almacenada en los productos para cuya elaboración se emplean combustibles como materia prima o intermedia:

Según ya se ha indicado en la introducción del subapartado *Algoritmo de estimación de emisiones*, la fuente de referencia principal fue el Manual Referencia 1996 IPCC. Los valores por defecto sugeridos en dicha guía se han respetado, a excepción del propuesto para los aceites de carbón y alquitranes (provenientes del carbón coquizable), modificado según juicio de experto<sup>108</sup>. Al resto de productos, no contemplados por IPCC (coque de petróleo y otros productos petrolíferos), se les asignaron estimaciones de este factor (véase tabla A4.1).

**Tabla A4.1.- Fracción de carbono almacenada en los productos elaborados a partir de combustibles**

Producto/Combustible	Fracción C almacenado
Nafta	0,8
Lubricantes	0,5
Bitumen	1
Aceites de carbones y alquitranes	0,9
Gas natural	0,33
Coque de petróleo	0,8
Otros productos petrolíferos	0,8

### Comparación del enfoque de referencia con el enfoque sectorial:

En el inventario nacional, las discrepancias observadas entre ambos métodos son relativamente bajas, no superando en ningún año del periodo 1990-2004 el 2% en términos de CO<sub>2</sub> emitido (umbral a partir del cual IPCC solicita sea justificada la discrepancia). En la tabla A4.2 se muestran las diferencias porcentuales tanto en términos de energía como de CO<sub>2</sub> emitido<sup>109</sup>.

**Tabla A4.2.- Diferencia enfoque de referencia vs. enfoque sectorial**

	Tasa de variación Enfoque Referencia/ Enfoque Sectorial (%)															
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	
Energía <sup>(1)</sup>	4,61	5,56	4,62	4,48	5,08	3,83	3,55	4,27	4,48	3,21	2,54	1,76	1,50	1,17	1,86	
Emisiones CO <sub>2</sub> <sup>(2)</sup>	1,16	1,35	0,87	1,21	1,28	0,90	1,73	1,25	1,01	-0,28	-0,52	-1,29	-1,57	-1,29	-1,00	

(1) Enfoque de referencia: consumo aparente energético tras descontar la parte empleada con fines no energéticos.

(2) Enfoque de referencia: emisiones asociadas al carbono total emitido efectivo (descuento del carbono almacenado en producto no energético)

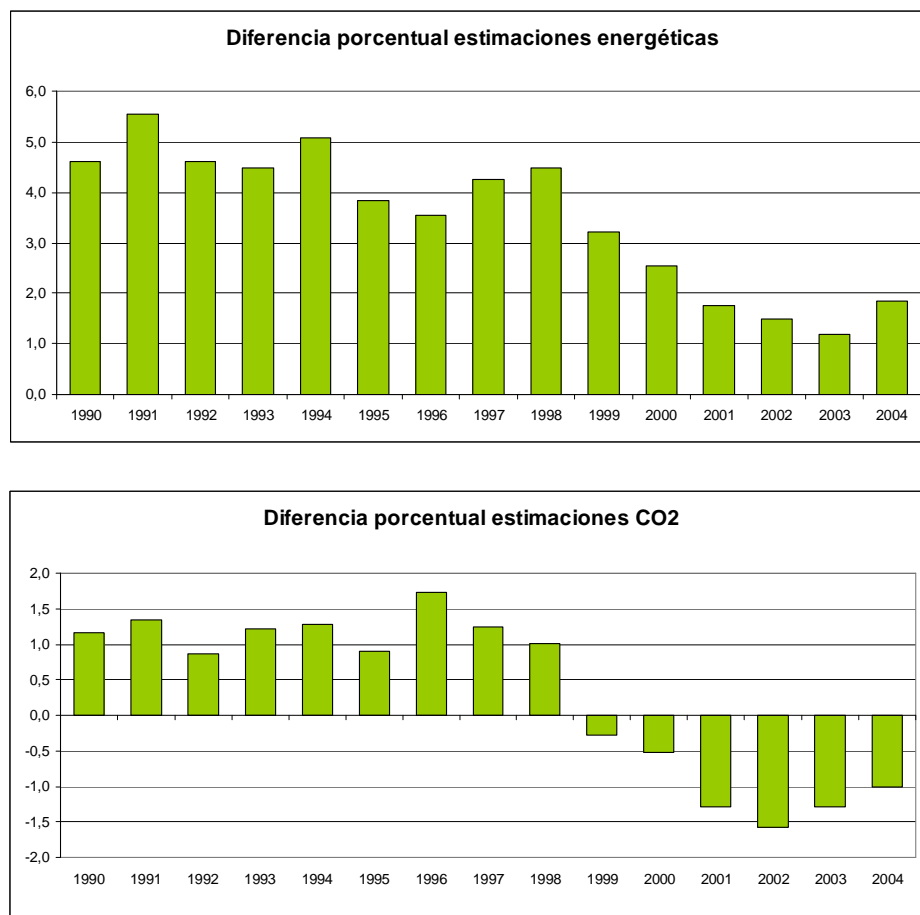
<sup>108</sup> La partida principal corresponde al alquitrán bruto, producto al cual se asume una fracción superior a la propuesta por IPCC.

<sup>109</sup> Energía: cantidad de energía, expresada en términos de poder calorífico inferior (PCI), contenida en el combustible, que constituye la cantidad máxima liberada en un proceso de combustión completo; Emisiones de CO<sub>2</sub>: emisiones derivadas del contenido de carbono contenido en el combustible, considerando una oxidación parcial del carbono en la combustión.



En la figura A4.2 se representan las tasas de variación anuales de las estimaciones, energía y emisiones de CO<sub>2</sub>, obtenidas con los dos enfoques (referencia vs sectorial). Para el enfoque de referencia se han tomado los datos de consumo energético aparente excluyendo el uso no energético y las emisiones de CO<sub>2</sub> derivadas del carbono efectivo emitido<sup>110</sup>.

**Figura A4.2.- Tasa de variación de la estimación**



Según se refleja en el panel superior de la figura A4.2, los consumos energéticos totales estimados con ambos enfoques, aunque superiores en el de referencia (rango comprendido entre 1,2% y 5,6%), experimentan una reducción en la serie de sus diferencias. Este comportamiento se reproduce de forma general por tipo de combustible, destacando el caso de los combustibles gaseosos donde la serie de diferencias muestra una tendencia decreciente más acentuada, invirtiéndose el sentido (estimación superior en el enfoque sectorial) a partir de 1996.

<sup>110</sup> Carbono potencial efectivo exceptuando la parte almacenada en productos de uso no energético.

Por lo que respecta a las emisiones de dióxido de carbono, el panel inferior muestra dos periodos bien diferenciados: hasta 1998 el enfoque de referencia proporciona una estimación aproximadamente estable entorno al 1,2% superior al sectorial, pasando a partir de tal fecha a estimaciones inferiores hasta en 1,5% (año 2002). Este cambio de sentido se observa tanto en los combustibles líquidos como, de forma más marcada, en los combustibles gaseosos.

Cabe advertir que se realiza un tratamiento diferenciado, siguiendo los criterios expuestos en el CRF Reporter, para la energía y las emisiones de CO<sub>2</sub>. Mientras en el primer caso se descuenta del consumo energético aparente íntegramente la energía consumida con fines no energéticos, en las emisiones, al eliminar del cómputo únicamente la parte de carbono almacenado, permanecen incluidas en el CRF las emisiones resultantes de procesos no combustivos por consumo de combustibles fósiles para uso no energético o materia prima e intermedias.

Las variaciones observadas en las estimaciones por ambos métodos se hayan justificadas por dos aspectos fundamentales: a) diferencias estructurales de los propios enfoques y b) consideraciones relativas a las variables y parámetros.

#### Diferencias estructurales entre los enfoques:

En este grupo estarían, entre otros, englobados los puntos expuestos a continuación:

- a) Relación de combustibles: En el enfoque de referencia se contempla únicamente los combustibles fósiles (gaseosos, líquidos y sólidos) disponibles en el año, relación que es extendida en el enfoque sectorial al incorporar, en algunos casos, en la categoría de 'Otros combustibles', residuos de productos no combustibles computados en otros años pero que con retardo en el tiempo aparecen como combustibles en forma de residuos industriales y/o domésticos (aceites usados o neumáticos utilizados como combustible y envases plásticos incinerados).

Atendiendo a los consumos interiores que figuran en el enfoque sectorial<sup>111</sup>, este aspecto se juzga de relevancia menor en el inventario nacional.

- b) Relación de actividades fuentes: En el proceso de comparación, el enfoque sectorial cubre las actividades de combustión encuadradas en la categoría IPCC 1A.

Por su parte, el enfoque de referencia, al asumir que el consumo disponible o aparente coincide con el consumo interior, las posibles pérdidas que pudieran ocurrir en la fase de distribución de ciertos combustibles (gas natural) se

---

<sup>111</sup> Vía cuestionarios el inventario nacional ha recopilado información de los consumos (principalmente neumáticos y aceites usados) en cementeras.

computan como consumo energético. Así, el enfoque de referencia incluye, parcialmente, las emisiones generadas por la categoría 1B (por ejemplo, por pérdidas en el transporte y distribución del gas natural, o en la apertura y extinción de hornos de coque).

Si bien el CRF Reporter facilita la opción de descontar tales emisiones mediante la inclusión de estas fuentes (en particular, de las fugas en distribución del gas natural) en el apartado *Materias primas e intermedias y uso no energético de combustibles*, se ha descartado esta alternativa al no estar comprendidas, por definición, dentro de esta categoría. Observando el balance del inventario nacional y las estimaciones efectuadas con el enfoque sectorial, esta cuestión se asume de poca relevancia en el total de emisiones y de consumo energético aparente nacional.

Como ya se mencionó en este apartado, en las emisiones de CO<sub>2</sub> estimadas con el enfoque de referencia se incluyen, asimismo, las emisiones inmediatas derivadas del consumo no energético de combustibles que aparecen englobadas en el sector de Procesos Industriales, tal es el caso del uso de gas natural en la producción de ácido nítrico.

- c) Metodología de estimación de CO<sub>2</sub> emitido: En el enfoque de referencia se aplica un balance, con factores medios, de masa de carbono. Por su parte, no existe tal uniformidad en la técnica aplicada en el enfoque sectorial (balance de carbono, factores promedios basados en energía, emisiones medidas,..).

La elección de los poderes caloríficos y del contenido de carbono ponderados minimiza los efectos de este punto.

#### Algunas consideraciones asociadas a las variables y parámetros:

1. Existencia de diferencias estadísticas en el balance de combustibles del inventario.

Diferencias negativas (consumo superior a las cantidades teóricamente disponibles de combustibles) podrían significar dobles contabilizaciones, motivando, caso de consumirse como materia prima o intermedia, o con uso no energético, una infravaloración de las estimaciones del enfoque de referencia al estar descontando los contenidos de carbono almacenados en los mismos. De la misma forma, si el consumo se efectuase con fines energéticos las emisiones del enfoque sectorial se sobrevalorarían al incrementar las emisiones asociadas a dicho combustible. Se asume de cierta trascendencia este factor para determinados combustibles, caso del gas natural.

2. Falta de información relativa al uso de productos no energéticos, incluyendo datos de combustibles que, en el proceso de manufactura de los productos no energéticos, además de actuar como componentes de los mismos poseen, parcialmente, fines energéticos (combustión).



## **ANEXO 5: EVALUACIÓN DE EXHAUSTIVIDAD**

En este Anexo se muestran en forma de cuadros sintéticos las principales categorías de actividad en las que aparecen actividades que no han podido ser estimadas y que como tales fueron reseñadas en el epígrafe 1.8 del informe del inventario por constituir excepciones a la exhaustividad de la cobertura del inventario.

Se trata en concreto de los siguientes conjuntos o categorías de actividades:

- Actividades relacionadas con el Uso de la Tierra, Cambios de Uso de la Tierra y Silvicultura.
- Emisiones potenciales de gases fluorados.
- Emisiones por el uso de combustibles en actividades militares.

A continuación se detallan cada uno de estos conjuntos de actividades.

### **A) ACTIVIDADES RELACIONADAS CON EL USO DE LA TIERRA, CAMBIOS DE USO DE LA TIERRA Y SILVICULTURA.**

En la siguiente tabla A5.1 aparecen los diferentes usos del suelo y cambio de usos de la tierra y si han sido contemplados (SÍ) o no (NO) en la estimación de las emisiones.

**Tabla A5.1.- Cobertura de la estimación de los usos de la tierra**

	Bosques	Cultivos	Pastizales	Humedales	Asentamientos	Otras tierras
<b>Bosques</b>	SÍ	NO	NO	NO	NO	NO
<b>Cultivos</b>	SÍ	NO	NO	NO	NO	NO
<b>Pastizales</b>	SÍ	NO	NO	NO	NO	NO
<b>Humedales</b>	NO	NO	NO	NO	NO	NO
<b>Asentamientos</b>	NO	NO	NO	NO	NO	NO
<b>Otras tierras</b>	NO	NO	NO	NO	NO	NO

Dentro de los usos y cambios de uso de la tierra se establece una serie de categorías de contribución a las estimaciones del inventario dependiendo de su función como fuente o sumidero de gases de efecto invernadero. Esta información se presenta en la tabla A5.2 siguiente.

Tabla A5.2.- Categorías de contribución a las estimaciones del inventario

	Bosques	Cultivos	Pastizales	Humedales	Asentamientos	Otras tierras
Biomasa viva	SÍ	NO	NO		NO	NO
Materia orgánica muerta	NO					
Suelos	NO	NO	NO		NO	NO
Otros GEI no-CO <sub>2</sub>	NO	NO	NO			
Tierras inundadas				NO		
Turberas				NO		

## b) Emisiones potenciales de gases fluorados.

La estimación de las emisiones potenciales de los gases fluorados (HFC, PFC y SF<sub>6</sub>) no ha podido llevarse a cabo debido a las carencias existentes de información específica referente a los flujos de comercio exterior (importaciones y exportaciones) por tipo de gas, así como a las cantidades destruidas. En cuanto a los datos de producción, si bien se dispone de las cantidades producidas de HFC-32, HFC-143a y HFC-227ea, no se ha incluido la correspondiente información en el CRF Reporter por motivos de confidencialidad al haber sólo dos empresas fabricantes de estos gases. En la tabla A5.3 se presentan el detalle de la información correspondiente al año 2004, y con referencia a los gases fluorados para los cuales se han estimado emisiones utilizando el denominado *enfoque real (actual approach)* de la metodología IPCC.

Tabla A5.3.- Emisiones potenciales de gases fluorados

	HFC-23	HFC-32	HFC-125	HFC-134a	HFC-143a	HFC-227ea	HFC-236fa	CF <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> F <sub>6</sub>	C <sub>3</sub> F <sub>8</sub>	C <sub>4</sub> F <sub>10</sub>	SF <sub>6</sub>
<b>Emisiones potenciales de halocarburos (por tipo) y SF<sub>6</sub></b>	NE	C,NE	NE	NE	C,NE	C,NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Producción	NE	C	NE	NE	C	C	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Importación:	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
A granel	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
En productos	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Exportación:	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
A granel	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
En productos	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Cantidad destruida	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE

C: Confidencial  
NE: No estimado

### c) Emisiones por el uso de combustibles en actividades militares.

Con respecto al uso de combustibles en las actividades militares, tanto en fuentes estacionarias como móviles, no ha podido establecerse el encuadre de dichos consumos dentro del balance de combustibles del inventario nacional. De acuerdo con la metodología IPCC, esta fuente de emisiones se incluye en la categoría 1A5. En la tabla A5.4 se presenta la información correspondiente a esta categoría tal y como figura en el CRF Reporter.

**Tabla A5.4.- Otras fuentes de combustión**

	Consumo (TJ)	Emisiones		
		CO <sub>2</sub> (Gg)	CH <sub>4</sub> (Gg)	N <sub>2</sub> O (Gg)
<b>1.A.5 Otros</b>	NO	NA	NA	NA
<b>a. Estacionaria</b>	NO	NA	NA	NA
Líquidos	NO	NA	NA	NA
Sólidos	NO	NA	NA	NA
Gaseosos	NO	NA	NA	NA
Biomasa	NO	NA	NA	NA
Otros	NO	NA	NA	NA
<b>b. Móvil</b>	NO	NA	NA	NA
Líquidos	NO	NA	NA	NA
Sólidos	NO	NA	NA	NA
Gaseosos	NO	NA	NA	NA
Biomasa	NO	NA	NA	NA
Otros	NO	NA	NA	NA

NO: No ocurre

NA: No se aplica





## **ANEXO 6: INFORMACIÓN ADICIONAL CONSIDERADA COMO PARTE DEL INFORME SOBRE EL INVENTARIO**

Se incluyen en este anexo las tablas que muestran la tendencia de las emisiones para el total del agregado del inventario y para los gases con efecto tanto directo como indirecto sobre el calentamiento general de la atmósfera. Estas tablas vienen a complementar la información presentada en los epígrafes RE.2, RE.3 y RE.4 del capítulo “Resumen ejecutivo”, y en los epígrafes 2.1, 2.2, 2.3 y 2.4 del capítulo 2 “Tendencias de las emisiones de gases de efecto invernadero”.

Las tablas que aquí se presentan muestran para cada sustancia las emisiones del inventario con desglose por categoría fuente (según las tablas sumario del CRF Reporter). Las referencias y contenidos de las tablas son las siguientes:

- La tabla A6.1 muestra las emisiones totales del inventario de CO<sub>2</sub> equivalente, correspondientes a la agregación de las emisiones de los gases con efecto directo sobre el calentamiento atmosférico.
- Las tablas A6.2 a A6.7, muestran en términos de CO<sub>2</sub> equivalente las emisiones respectivamente de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, HFC, PFC y SF<sub>6</sub>. Conviene observar que para los HFC y los PFC la tabla agrega ponderadamente las emisiones de las sustancias individuales contenidas en cada uno de estos dos grupos. También se observa que las emisiones de los gases fluorados quedan encuadradas en un número reducido de categorías de actividad, a saber, industria metalúrgica y producción y consumo de halocarburos y SF<sub>6</sub>.
- Por último, en las tablas A6.8, A6.9 y A6.10 se presentan las emisiones de los gases con efecto indirecto sobre el calentamiento atmosférico (NO<sub>x</sub>, CO y COVNM), y en la tabla A6.11 las emisiones de SO<sub>2</sub>.

**Tabla A6.1.- Emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente**  
(cifras en Gg de CO<sub>2</sub> equivalente)

	Año base	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
<b>Total (Emisión Bruta)</b>	<b>289.385,64</b>	<b>287.152,37</b>	<b>317.941,24</b>	<b>384.245,69</b>	<b>384.552,09</b>	<b>402.059,54</b>	<b>408.168,83</b>	<b>427.904,58</b>
<b>1. Procesado de la energía</b>	<b>212.570,26</b>	<b>212.570,26</b>	<b>241.053,02</b>	<b>289.399,68</b>	<b>293.046,23</b>	<b>311.416,14</b>	<b>314.239,71</b>	<b>334.662,99</b>
A. Actividades de combustión	208.358,38	208.358,38	236.848,36	285.156,02	289.001,14	307.246,21	310.520,02	330.572,54
1. Industrias del sector energético	77.694,28	77.694,28	86.811,20	105.710,46	99.972,29	113.611,54	106.495,86	115.917,72
2. Industrias manufactureras y de la construcción	46.729,24	46.729,24	53.628,70	58.420,45	62.747,96	64.191,19	67.907,21	73.289,27
3. Transporte	57.536,17	57.536,17	67.028,47	87.002,65	91.277,73	93.462,64	98.045,20	102.011,37
4. Otros sectores	26.398,69	26.398,69	29.379,99	34.022,45	35.003,15	35.980,84	38.071,75	39.354,19
5. Otros								
B. Emisiones fugitivas de los combustibles	4.211,88	4.211,88	4.204,66	4.243,66	4.045,09	4.169,93	3.719,69	4.090,45
1. Combustibles sólidos	1.837,14	1.837,14	1.483,70	1.262,88	1.113,25	1.077,56	1.115,18	1.081,76
2. Petróleo y gas natural	2.374,74	2.374,74	2.720,96	2.980,78	2.931,83	3.092,37	2.604,51	3.008,69
<b>2. Procesos Industriales</b>	<b>27.879,06</b>	<b>25.645,79</b>	<b>27.441,51</b>	<b>34.509,98</b>	<b>31.540,04</b>	<b>30.924,33</b>	<b>32.514,66</b>	<b>32.706,94</b>
A. Productos minerales	15.668,85	15.668,85	16.249,71	19.405,00	19.804,84	20.539,49	21.136,26	21.624,01
B. Industria química	3.757,14	3.757,14	3.228,29	3.122,39	2.888,13	2.724,26	2.767,81	2.518,45
C. Producción metalúrgica	3.698,95	3.749,71	3.209,40	3.566,55	3.326,79	3.495,82	3.329,94	3.607,69
D. Otras industrias								
E. Producción de halocarburos y SF <sub>6</sub>	4.637,88	2.403,18	4.637,88	6.394,51	2.992,80	1.170,65	1.749,17	786,53
F. Consumo de halocarburos y SF <sub>6</sub>	116,24	66,92	116,24	2.021,53	2.527,49	2.994,11	3.531,49	4.170,26
G. Otros								
<b>3. Uso de disolventes y de otros productos</b>	<b>1.391,42</b>	<b>1.391,42</b>	<b>1.346,57</b>	<b>1.678,56</b>	<b>1.595,92</b>	<b>1.653,46</b>	<b>1.595,94</b>	<b>1.516,81</b>
<b>4. Agricultura</b>	<b>39.996,03</b>	<b>39.996,03</b>	<b>39.495,66</b>	<b>47.761,09</b>	<b>46.955,96</b>	<b>46.212,69</b>	<b>47.876,81</b>	<b>46.918,39</b>
A. Fermentación entérica	11.779,63	11.779,63	12.043,91	13.362,29	13.710,22	13.797,02	13.993,06	13.705,92
B. Gestión del estiércol	8.695,38	8.695,38	9.781,38	11.210,73	11.448,32	11.467,85	11.317,96	11.858,77
C. Cultivo de arroz	227,45	227,45	137,22	294,90	291,30	285,94	297,89	297,89
D. Suelos agrícolas	19.064,04	19.064,04	17.373,77	22.790,69	21.494,66	20.647,45	22.254,25	21.042,16
E. Quemas planificadas de sabanas								
F. Quema en campo de residuos agrícolas	229,53	229,53	159,38	102,48	11,45	14,43	13,65	13,65
G. Otros								
<b>5. Cambios de uso del suelo y silvicultura</b>								
<b>6. Tratamiento y eliminación de residuos</b>	<b>7.548,87</b>	<b>7.548,87</b>	<b>8.604,49</b>	<b>10.896,37</b>	<b>11.413,94</b>	<b>11.852,93</b>	<b>11.941,71</b>	<b>12.099,46</b>
A. Depósito en vertederos	4.065,57	4.065,57	5.421,09	7.137,15	7.452,95	7.712,71	7.820,07	7.972,40
B. Tratamiento de aguas residuales	2.312,54	2.312,54	2.491,99	2.903,34	2.985,30	3.105,69	3.168,78	3.268,64
C. Incineración de residuos	916,87	916,87	286,33	336,12	432,32	433,31	336,45	233,64
D. Otros	253,88	253,88	405,08	519,77	543,37	601,22	616,40	624,78
<b>7. Otros</b>								

**Tabla A6.2.- Emisiones de CO<sub>2</sub> por sector**  
(Cifras en Gg de CO<sub>2</sub> equivalente)

	Año base	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
<b>Total (Emisión Bruta)</b>	<b>228.561,93</b>	<b>228.561,93</b>	<b>255.724,17</b>	<b>307.673,09</b>	<b>311.552,31</b>	<b>330.550,90</b>	<b>333.836,55</b>	<b>354.562,35</b>
<b>1. Procesado de la energía</b>	<b>207.176,12</b>	<b>207.176,12</b>	<b>235.157,13</b>	<b>282.895,96</b>	<b>286.367,14</b>	<b>304.490,76</b>	<b>307.387,40</b>	<b>327.484,31</b>
A. Actividades de combustión	205.414,80	205.414,80	233.240,47	280.683,65	284.285,98	302.327,46	305.400,25	325.234,51
1. Industrias del sector energético	77.356,89	77.356,89	86.202,26	105.023,97	99.253,03	112.846,00	105.754,15	115.155,13
2. Industrias manufactureras y de la construcción	46.265,82	46.265,82	53.092,77	57.788,40	62.071,78	63.490,79	67.159,99	72.498,35
3. Transporte	56.512,24	56.512,24	65.596,94	84.806,95	88.913,92	90.978,05	95.401,39	99.222,55
4. Otros sectores	25.279,84	25.279,84	28.348,51	33.064,33	34.047,25	35.012,63	37.084,72	38.358,48
5. Otros								
B. Emisiones fugitivas de los combustibles	1.761,32	1.761,32	1.916,66	2.212,31	2.081,17	2.163,30	1.987,15	2.249,80
1. Combustibles sólidos	17,63	17,63	13,38	15,27	14,54	14,42	72,03	72,80
2. Petróleo y gas natural	1.743,69	1.743,69	1.903,27	2.197,04	2.066,63	2.148,88	1.915,11	2.177,00
<b>2. Procesos Industriales</b>	<b>19.346,62</b>	<b>19.346,62</b>	<b>19.405,54</b>	<b>23.322,85</b>	<b>23.676,36</b>	<b>24.556,18</b>	<b>25.012,47</b>	<b>25.739,59</b>
A. Productos minerales	15.668,85	15.668,85	16.249,71	19.405,00	19.804,84	20.539,49	21.136,26	21.624,01
B. Industria química	832,10	832,10	794,32	737,71	747,53	735,32	750,89	706,21
C. Producción metalúrgica	2.845,67	2.845,67	2.361,51	3.180,13	3.123,99	3.281,37	3.125,33	3.409,37
D. Otras industrias	0,00							
E. Producción de halocarburos y SF <sub>6</sub>								
F. Consumo de halocarburos y SF <sub>6</sub>								
G. Otros								
<b>3. Uso de disolventes y de otros productos</b>	<b>1.025,62</b>	<b>1.025,62</b>	<b>918,77</b>	<b>1.238,36</b>	<b>1.195,40</b>	<b>1.212,64</b>	<b>1.239,75</b>	<b>1.246,80</b>
<b>4. Agricultura</b>								
A. Fermentación entérica								
B. Gestión del estiércol								
C. Cultivo de arroz								
D. Suelos agrícolas								
E. Quemas planificadas de sabanas								
F. Quema en campo de residuos agrícolas								
G. Otros								
<b>5. Cambios de uso del suelo y silvicultura</b>								
<b>6. Tratamiento y eliminación de residuos</b>	<b>1.013,58</b>	<b>1.013,58</b>	<b>242,73</b>	<b>215,92</b>	<b>313,41</b>	<b>291,32</b>	<b>196,93</b>	<b>91,65</b>
A. Depósito en vertederos	263,22	263,22	120,35	31,99	31,92	16,43	19,14	16,12
B. Tratamiento de aguas residuales								
C. Incineración de residuos	750,36	750,36	122,38	183,93	281,49	274,89	177,79	75,52
D. Otros								
<b>7. Otros</b>								

**Tabla A6.3.- Emisiones de CH<sub>4</sub> por sector**  
(Cifras en Gg de CO<sub>2</sub> equivalente)

	Año base	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
<b>Total (Emisión Bruta)</b>	<b>27.466,62</b>	<b>27.466,62</b>	<b>30.122,62</b>	<b>34.758,54</b>	<b>35.516,06</b>	<b>36.069,42</b>	<b>36.111,75</b>	<b>36.632,76</b>
<b>1. Procesado de la energía</b>	<b>3.628,11</b>	<b>3.628,11</b>	<b>3.385,92</b>	<b>3.057,85</b>	<b>2.997,38</b>	<b>3.043,16</b>	<b>2.808,78</b>	<b>2.922,05</b>
A. Actividades de combustión	1.177,58	1.177,58	1.097,94	1.026,51	1.033,48	1.036,62	1.076,30	1.081,42
1. Industrias del sector energético	54,79	54,79	51,11	56,54	53,15	57,05	63,85	74,08
2. Industrias manufactureras y de la construcción	62,84	62,84	76,53	112,28	123,76	130,54	154,45	158,04
3. Transporte	240,77	240,77	238,75	217,98	219,63	205,64	203,46	193,38
4. Otros sectores	819,19	819,19	731,55	639,71	636,94	643,38	654,55	655,93
5. Otros								
B. Emisiones fugitivas de los combustibles	2.450,53	2.450,53	2.287,98	2.031,34	1.963,89	2.006,54	1.732,48	1.840,63
1. Combustibles sólidos	1.819,51	1.819,51	1.470,31	1.247,61	1.098,72	1.063,13	1.043,15	1.008,96
2. Petróleo y gas natural	631,02	631,02	817,67	783,73	865,18	943,40	689,33	831,67
<b>2. Procesos Industriales</b>	<b>61,99</b>	<b>61,99</b>	<b>65,87</b>	<b>69,83</b>	<b>71,82</b>	<b>67,34</b>	<b>65,99</b>	<b>40,09</b>
A. Productos minerales								
B. Industria química	40,87	40,87	50,15	53,70	55,48	51,67	51,48	24,61
C. Producción metalúrgica	21,12	21,12	15,72	16,13	16,34	15,67	14,50	15,48
D. Otras industrias								
E. Producción de halocarburos y SF <sub>6</sub>								
F. Consumo de halocarburos y SF <sub>6</sub>								
G. Otros								
<b>3. Uso de disolventes y de otros productos</b>								
<b>4. Agricultura</b>	<b>18.387,79</b>	<b>18.387,79</b>	<b>19.382,31</b>	<b>22.107,51</b>	<b>22.523,94</b>	<b>22.616,08</b>	<b>22.700,67</b>	<b>22.911,21</b>
A. Fermentación entérica	11.779,63	11.779,63	12.043,91	13.362,29	13.710,22	13.797,02	13.993,06	13.705,92
B. Gestión del estiércol	6.230,60	6.230,60	7.100,44	8.383,60	8.513,32	8.521,52	8.398,79	8.896,47
C. Cultivo de arroz	227,45	227,45	137,22	294,90	291,30	285,94	297,89	297,89
D. Suelos agrícolas								
E. Quemadas planificadas de sabanas								
F. Quema en campo de residuos agrícolas	150,11	150,11	100,74	66,72	9,10	11,60	10,93	10,93
G. Otros								
<b>5. Cambios de uso del suelo y silvicultura</b>								
<b>6. Tratamiento y eliminación de residuos</b>	<b>5.388,72</b>	<b>5.388,72</b>	<b>7.288,52</b>	<b>9.523,35</b>	<b>9.922,92</b>	<b>10.342,84</b>	<b>10.536,30</b>	<b>10.759,41</b>
A. Depósito en vertederos	3.783,37	3.783,37	5.291,59	7.101,71	7.417,51	7.693,87	7.798,10	7.953,40
B. Tratamiento de aguas residuales	1.240,30	1.240,30	1.479,68	1.800,09	1.860,29	1.941,51	2.015,51	2.074,93
C. Incineración de residuos	111,16	111,16	112,17	101,78	101,75	106,24	106,29	106,30
D. Otros	253,88	253,88	405,08	519,77	543,37	601,22	616,40	624,78
<b>7. Otros</b>								

**Tabla A6.4.- Emisiones de N<sub>2</sub>O por sector**  
(Cifras en Gg de CO<sub>2</sub> equivalente)

	Año base	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
<b>Total (Emisión Bruta)</b>	<b>27.770,80</b>	<b>27.770,80</b>	<b>26.508,17</b>	<b>33.027,73</b>	<b>31.776,97</b>	<b>31.075,68</b>	<b>32.749,76</b>	<b>31.569,84</b>
<b>1. Procesado de la energía</b>	<b>1.766,03</b>	<b>1.766,03</b>	<b>2.509,97</b>	<b>3.445,87</b>	<b>3.681,70</b>	<b>3.882,22</b>	<b>4.043,52</b>	<b>4.256,63</b>
A. Actividades de combustión	1.766,00	1.766,00	2.509,95	3.445,86	3.681,68	3.882,14	4.043,46	4.256,60
1. Industrias del sector energético	282,60	282,60	557,84	629,94	666,11	708,49	677,86	688,52
2. Industrias manufactureras y de la construcción	400,58	400,58	459,40	519,77	552,42	569,86	592,78	632,87
3. Transporte	783,16	783,16	1.192,78	1.977,73	2.144,18	2.278,95	2.440,35	2.595,44
4. Otros sectores	299,66	299,66	299,93	318,41	318,96	324,83	332,48	339,78
5. Otros								
B. Emisiones fugitivas de los combustibles	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,09	0,06	0,02
1. Combustibles sólidos								
2. Petróleo y gas natural	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,09	0,06	0,02
<b>2. Procesos Industriales</b>	<b>2.884,16</b>	<b>2.884,16</b>	<b>2.383,82</b>	<b>2.330,97</b>	<b>2.085,12</b>	<b>1.937,27</b>	<b>1.965,43</b>	<b>1.787,63</b>
A. Productos minerales								
B. Industria química	2.884,16	2.884,16	2.383,82	2.330,97	2.085,12	1.937,27	1.965,43	1.787,63
C. Producción metalúrgica								
D. Otras industrias								
E. Producción de halocarburos y SF <sub>6</sub>								
F. Consumo de halocarburos y SF <sub>6</sub>								
G. Otros								
<b>3. Uso de disolventes y de otros productos</b>	<b>365,80</b>	<b>365,80</b>	<b>427,80</b>	<b>440,20</b>	<b>400,52</b>	<b>440,82</b>	<b>356,19</b>	<b>270,01</b>
<b>4. Agricultura</b>	<b>21.608,24</b>	<b>21.608,24</b>	<b>20.113,35</b>	<b>25.653,58</b>	<b>24.432,01</b>	<b>23.596,60</b>	<b>25.176,14</b>	<b>24.007,18</b>
A. Fermentación entérica								
B. Gestión del estiércol	2.464,77	2.464,77	2.680,93	2.827,13	2.935,00	2.946,32	2.919,17	2.962,31
C. Cultivo de arroz								
D. Suelos agrícolas	19.064,04	19.064,04	17.373,77	22.790,69	21.494,66	20.647,45	22.254,25	21.042,16
E. Quemadas planificadas de sabanas								
F. Quema en campo de residuos agrícolas	79,43	79,43	58,65	35,76	2,35	2,83	2,71	2,71
G. Otros								
<b>5. Cambios de uso del suelo y silvicultura</b>								
<b>6. Tratamiento y eliminación de residuos</b>	<b>1.146,56</b>	<b>1.146,56</b>	<b>1.073,24</b>	<b>1.157,10</b>	<b>1.177,61</b>	<b>1.218,76</b>	<b>1.208,47</b>	<b>1.248,40</b>
A. Depósito en vertederos	18,98	18,98	9,15	3,44	3,53	2,41	2,84	2,88
B. Tratamiento de aguas residuales	1.072,24	1.072,24	1.012,31	1.103,25	1.125,01	1.164,18	1.153,27	1.193,71
C. Incineración de residuos	55,35	55,35	51,78	50,41	49,08	52,18	52,37	51,81
D. Otros								
<b>7. Otros</b>								

**Tabla A6.5.- Emisiones de HFC por sector**  
(Cifras en Gg de CO<sub>2</sub> equivalente)

	Año base	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
<b>Total (Emisión Bruta)</b>	<b>4.645,44</b>	<b>2.403,18</b>	<b>4.645,44</b>	<b>8.170,02</b>	<b>5.284,18</b>	<b>3.892,39</b>	<b>4.995,80</b>	<b>4.612,49</b>
<b>1. Procesado de la energía</b>								
A. Actividades de combustión								
1. Industrias del sector energético								
2. Industrias manufactureras y de la construcción								
3. Transporte								
4. Otros sectores								
5. Otros								
B. Emisiones fugitivas de los combustibles								
1. Combustibles sólidos								
2. Petróleo y gas natural								
<b>2. Procesos Industriales</b>	<b>4.645,44</b>	<b>2.403,18</b>	<b>4.645,44</b>	<b>8.170,02</b>	<b>5.284,18</b>	<b>3.892,39</b>	<b>4.995,80</b>	<b>4.612,49</b>
A. Productos minerales								
B. Industria química								
C. Producción metalúrgica								
D. Otras industrias								
E. Producción de halocarburos y SF <sub>6</sub>	4.637,88	2.403,18	4.637,88	6.394,51	2.992,80	1.170,65	1.749,17	786,53
F. Consumo de halocarburos y SF <sub>6</sub>	7,56		7,56	1.775,51	2.291,39	2.721,75	3.246,63	3.825,96
G. Otros								
<b>3. Uso de disolventes y de otros productos</b>								
<b>4. Agricultura</b>								
A. Fermentación entérica								
B. Gestión del estiércol								
C. Cultivo de arroz								
D. Suelos agrícolas								
E. Quemadas planificadas de sabanas								
F. Quema en campo de residuos agrícolas								
G. Otros								
<b>5. Cambios de uso del suelo y silvicultura</b>								
<b>6. Tratamiento y eliminación de residuos</b>								
A. Depósito en vertederos								
B. Tratamiento de aguas residuales								
C. Incineración de residuos								
D. Otros								
<b>7. Otros</b>								

**Tabla A6.6.- Emisiones de PFC por sector**  
(Cifras en Gg de CO<sub>2</sub> equivalente)

	Año base	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
<b>Total (Emisión Bruta)</b>	<b>832,51</b>	<b>882,92</b>	<b>832,51</b>	<b>411,71</b>	<b>239,77</b>	<b>264,02</b>	<b>267,31</b>	<b>272,04</b>
<b>1. Procesado de la energía</b>								
A. Actividades de combustión								
1. Industrias del sector energético								
2. Industrias manufactureras y de la construcción								
3. Transporte								
4. Otros sectores								
5. Otros								
B. Emisiones fugitivas de los combustibles								
1. Combustibles sólidos								
2. Petróleo y gas natural								
<b>2. Procesos Industriales</b>	<b>832,51</b>	<b>882,92</b>	<b>832,51</b>	<b>411,71</b>	<b>239,77</b>	<b>264,02</b>	<b>267,31</b>	<b>272,04</b>
A. Productos minerales								
B. Industria química								
C. Producción metalúrgica	832,16	882,92	832,16	370,28	186,46	198,78	190,11	182,84
D. Otras industrias								
E. Producción de halocarburos y SF <sub>6</sub>								
F. Consumo de halocarburos y SF <sub>6</sub>	0,35		0,35	41,43	53,31	65,24	77,20	89,20
G. Otros								
<b>3. Uso de disolventes y de otros productos</b>								
<b>4. Agricultura</b>								
A. Fermentación entérica								
B. Gestión del estiércol								
C. Cultivo de arroz								
D. Suelos agrícolas								
E. Quemaz planificadas de sabanas								
F. Quema en campo de residuos agrícolas								
G. Otros								
<b>5. Cambios de uso del suelo y silvicultura</b>								
<b>6. Tratamiento y eliminación de residuos</b>								
A. Depósito en vertederos								
B. Tratamiento de aguas residuales								
C. Incineración de residuos								
D. Otros								
<b>7. Otros</b>								

**Tabla A6.7.- Emisiones de SF<sub>6</sub> por sector**  
(Cifras en Gg de CO<sub>2</sub> equivalente)

	Año base	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
<b>Total (Emisión Bruta)</b>	<b>108,34</b>	<b>66,92</b>	<b>108,34</b>	<b>204,60</b>	<b>182,79</b>	<b>207,13</b>	<b>207,66</b>	<b>255,11</b>
<b>1. Procesado de la energía</b>								
A. Actividades de combustión								
1. Industrias del sector energético								
2. Industrias manufactureras y de la construcción								
3. Transporte								
4. Otros sectores								
5. Otros								
B. Emisiones fugitivas de los combustibles								
1. Combustibles sólidos								
2. Petróleo y gas natural								
<b>2. Procesos Industriales</b>	<b>108,34</b>	<b>66,92</b>	<b>108,34</b>	<b>204,60</b>	<b>182,79</b>	<b>207,13</b>	<b>207,66</b>	<b>255,11</b>
A. Productos minerales								
B. Industria química								
C. Producción metalúrgica								
D. Otras industrias								
E. Producción de halocarburos y SF <sub>6</sub>								
F. Consumo de halocarburos y SF <sub>6</sub>	108,34	66,92	108,34	204,60	182,79	207,13	207,66	255,11
G. Otros								
<b>3. Uso de disolventes y de otros productos</b>								
<b>4. Agricultura</b>								
A. Fermentación entérica								
B. Gestión del estiércol								
C. Cultivo de arroz								
D. Suelos agrícolas								
E. Quemaz planificadas de sabanas								
F. Quema en campo de residuos agrícolas								
G. Otros								
<b>5. Cambios de uso del suelo y silvicultura</b>								
<b>6. Tratamiento y eliminación de residuos</b>								
A. Depósito en vertederos								
B. Tratamiento de aguas residuales								
C. Incineración de residuos								
D. Otros								
<b>7. Otros</b>								



**Tabla A6.8.- Emisiones de NO<sub>x</sub> por sector**  
(Cifras en Gg)

	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
<b>Total (Emisión Bruta)</b>	<b>1.216,60</b>	<b>1.325,84</b>	<b>1.453,40</b>	<b>1.439,77</b>	<b>1.495,68</b>	<b>1.493,24</b>	<b>1.534,61</b>
<b>1. Procesado de la energía</b>	<b>1.174,55</b>	<b>1.290,97</b>	<b>1.416,64</b>	<b>1.408,83</b>	<b>1.465,37</b>	<b>1.461,20</b>	<b>1.504,54</b>
A. Actividades de combustión	1.167,83	1.285,82	1.411,71	1.403,56	1.459,89	1.455,99	1.498,95
1. Industrias del sector energético	257,48	303,33	342,62	312,20	355,58	331,45	353,76
2. Industrias manufactureras y de la construcción	188,60	202,53	262,81	284,28	298,89	320,83	346,29
3. Transporte	566,48	618,29	634,59	632,79	627,74	624,40	616,23
4. Otros sectores	155,26	161,67	171,70	174,29	177,67	179,31	182,67
5. Otros							
B. Emisiones fugitivas de los combustibles	6,72	5,15	4,92	5,26	5,48	5,20	5,59
1. Combustibles sólidos	0,08	0,06	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
2. Petróleo y gas natural	6,64	5,09	4,85	5,20	5,41	5,13	5,52
<b>2. Procesos Industriales</b>	<b>13,19</b>	<b>10,81</b>	<b>11,37</b>	<b>10,81</b>	<b>10,92</b>	<b>11,15</b>	<b>10,31</b>
A. Productos minerales							
B. Industria química	8,49	6,09	5,75	5,06	5,13	5,15	4,01
C. Producción metalúrgica	2,87	2,97	3,61	3,77	3,76	3,82	4,09
D. Otras industrias	1,83	1,74	2,00	1,98	2,02	2,17	2,21
E. Producción de halocarburos y SF <sub>6</sub>							
F. Consumo de halocarburos y SF <sub>6</sub>							
G. Otros							
<b>3. Uso de disolventes y de otros productos</b>							
<b>4. Agricultura</b>	<b>24,29</b>	<b>20,45</b>	<b>22,38</b>	<b>17,11</b>	<b>16,32</b>	<b>17,84</b>	<b>16,75</b>
A. Fermentación entérica							
B. Gestión del estiércol							
C. Cultivo de arroz							
D. Suelos agrícolas	15,03	13,61	18,21	16,84	15,99	17,52	16,43
E. Quemas planificadas de sabanas							
F. Quema en campo de residuos agrícolas	9,26	6,84	4,17	0,27	0,33	0,32	0,32
G. Otros							
<b>5. Cambios de uso del suelo y silvicultura</b>							
<b>6. Tratamiento y eliminación de residuos</b>	<b>4,56</b>	<b>3,61</b>	<b>3,01</b>	<b>3,01</b>	<b>3,08</b>	<b>3,06</b>	<b>3,02</b>
A. Depósito en vertederos	1,08	0,49	0,13	0,13	0,07	0,08	0,07
B. Tratamiento de aguas residuales							
C. Incineración de residuos	3,49	3,12	2,88	2,88	3,01	2,98	2,95
D. Otros							
<b>7. Otros</b>							

**Tabla A6.9.- Emisiones de CO por sector**  
(Cifras en Gg)

	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
<b>Total (Emisión Bruta)</b>	<b>3.658,58</b>	<b>3.218,85</b>	<b>2.692,08</b>	<b>2.601,32</b>	<b>2.477,94</b>	<b>2.405,87</b>	<b>2.384,10</b>
<b>1. Procesado de la energía</b>	<b>3.108,74</b>	<b>2.733,65</b>	<b>2.186,39</b>	<b>2.142,80</b>	<b>2.010,05</b>	<b>1.936,14</b>	<b>1.886,68</b>
A. Actividades de combustión	3.105,20	2.730,82	2.183,26	2.139,80	2.007,05	1.933,06	1.883,38
1. Industrias del sector energético	18,04	25,54	21,27	20,44	23,12	25,88	25,27
2. Industrias manufactureras y de la construcción	170,15	150,71	161,41	168,33	173,00	172,50	191,84
3. Transporte	2.349,52	2.016,16	1.475,98	1.426,06	1.283,70	1.204,99	1.135,13
4. Otros sectores	567,50	538,40	524,60	524,97	527,25	529,69	531,14
5. Otros							
B. Emisiones fugitivas de los combustibles	3,54	2,83	3,14	3,00	3,00	3,08	3,29
1. Combustibles sólidos	2,55	1,94	2,21	2,10	2,09	2,15	2,25
2. Petróleo y gas natural	0,99	0,89	0,93	0,90	0,91	0,93	1,04
<b>2. Procesos Industriales</b>	<b>298,09</b>	<b>292,92</b>	<b>361,44</b>	<b>372,03</b>	<b>376,70</b>	<b>378,90</b>	<b>406,84</b>
A. Productos minerales	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B. Industria química	8,46	8,64	7,59	8,19	7,90	7,54	7,90
C. Producción metalúrgica	289,63	284,28	353,84	363,83	368,80	371,36	398,93
D. Otras industrias		0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
E. Producción de halocarburos y SF <sub>6</sub>							
F. Consumo de halocarburos y SF <sub>6</sub>							
G. Otros							
<b>3. Uso de disolventes y de otros productos</b>							
<b>4. Agricultura</b>	<b>150,11</b>	<b>100,74</b>	<b>66,72</b>	<b>9,10</b>	<b>11,60</b>	<b>10,93</b>	<b>10,93</b>
A. Fermentación entérica							
B. Gestión del estiércol							
C. Cultivo de arroz							
D. Suelos agrícolas							
E. Quemas planificadas de sabanas							
F. Quema en campo de residuos agrícolas	150,11	100,74	66,72	9,10	11,60	10,93	10,93
G. Otros							
<b>5. Cambios de uso del suelo y silvicultura</b>							
<b>6. Tratamiento y eliminación de residuos</b>	<b>101,65</b>	<b>91,55</b>	<b>77,53</b>	<b>77,38</b>	<b>79,59</b>	<b>79,89</b>	<b>79,65</b>
A. Depósito en vertederos	20,10	9,19	2,45	2,44	1,26	1,47	1,24
B. Tratamiento de aguas residuales							
C. Incineración de residuos	81,54	82,36	75,08	74,94	78,34	78,43	78,41
D. Otros							
<b>7. Otros</b>							

**Tabla A6.10.- Emisiones de COVNM por sector**  
(Cifras en Gg)

	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
<b>Total (Emisión Bruta)</b>	<b>1.170,03</b>	<b>1.107,26</b>	<b>1.165,41</b>	<b>1.139,14</b>	<b>1.122,33</b>	<b>1.123,82</b>	<b>1.118,71</b>
<b>1. Procesado de la energía</b>	<b>567,99</b>	<b>545,14</b>	<b>461,23</b>	<b>445,11</b>	<b>410,81</b>	<b>400,05</b>	<b>380,34</b>
A. Actividades de combustión	505,23	474,19	390,96	374,01	341,11	333,07	312,99
1. Industrias del sector energético	8,96	8,04	8,91	8,89	9,59	9,22	9,63
2. Industrias manufactureras y de la construcción	15,93	15,96	23,48	25,78	27,34	30,59	32,26
3. Transporte	422,39	393,05	300,74	281,29	245,56	234,56	211,94
4. Otros sectores	57,95	57,13	57,83	58,05	58,62	58,70	59,17
5. Otros							
B. Emisiones fugitivas de los combustibles	62,76	70,95	70,27	71,10	69,69	66,98	67,35
1. Combustibles sólidos	0,50	0,38	0,43	0,41	0,41	0,42	0,44
2. Petróleo y gas natural	62,26	70,57	69,84	70,69	69,29	66,56	66,91
<b>2. Procesos Industriales</b>	<b>161,87</b>	<b>158,85</b>	<b>179,81</b>	<b>191,05</b>	<b>201,24</b>	<b>202,64</b>	<b>206,21</b>
A. Productos minerales	116,63	112,16	118,44	127,34	135,72	143,15	139,66
B. Industria química	11,36	13,98	15,92	15,81	15,56	15,58	15,58
C. Producción metalúrgica	1,58	1,68	2,12	2,17	2,18	2,19	2,39
D. Otras industrias	32,30	31,03	43,33	45,72	47,78	41,72	48,58
E. Producción de halocarburos y SF <sub>6</sub>							
F. Consumo de halocarburos y SF <sub>6</sub>							
G. Otros							
<b>3. Uso de disolventes y de otros productos</b>	<b>396,78</b>	<b>365,32</b>	<b>490,34</b>	<b>476,26</b>	<b>481,39</b>	<b>491,76</b>	<b>502,58</b>
<b>4. Agricultura</b>	<b>21,05</b>	<b>14,13</b>	<b>9,36</b>	<b>1,28</b>	<b>1,63</b>	<b>1,53</b>	<b>1,53</b>
A. Fermentación entérica							
B. Gestión del estiércol							
C. Cultivo de arroz							
D. Suelos agrícolas							
E. Quemadas planificadas de sabanas							
F. Quema en campo de residuos agrícolas	21,05	14,13	9,36	1,28	1,63	1,53	1,53
G. Otros							
<b>5. Cambios de uso del suelo y silvicultura</b>							
<b>6. Tratamiento y eliminación de residuos</b>	<b>22,33</b>	<b>23,83</b>	<b>24,68</b>	<b>25,45</b>	<b>27,27</b>	<b>27,84</b>	<b>28,04</b>
A. Depósito en vertederos	6,46	2,95	0,79	0,78	0,40	0,47	0,40
B. Tratamiento de aguas residuales							
C. Incineración de residuos	7,53	7,57	6,83	6,82	7,12	7,13	7,13
D. Otros	8,34	13,30	17,07	17,84	19,74	20,24	20,52
<b>7. Otros</b>							

**Tabla A6.11.- Emisiones de SO<sub>2</sub> por sector**  
(Cifras en Gg)

	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004
<b>Total (Emisión Bruta)</b>	<b>2.180,13</b>	<b>1.809,14</b>	<b>1.479,23</b>	<b>1.456,88</b>	<b>1.562,30</b>	<b>1.287,24</b>	<b>1.359,58</b>
<b>1. Procesado de la energía</b>	<b>2.162,19</b>	<b>1.793,30</b>	<b>1.464,85</b>	<b>1.442,85</b>	<b>1.548,85</b>	<b>1.273,61</b>	<b>1.345,04</b>
A. Actividades de combustión	2.097,72	1.718,15	1.409,48	1.396,84	1.505,57	1.231,92	1.303,25
1. Industrias del sector energético	1.604,01	1.199,86	1.090,80	1.051,64	1.175,39	986,41	1.025,12
2. Industrias manufactureras y de la construcción	349,44	373,09	226,73	250,43	233,62	159,66	190,32
3. Transporte	84,90	80,90	45,82	49,01	50,25	52,50	54,08
4. Otros sectores	59,37	64,30	46,12	45,75	46,30	33,35	33,74
5. Otros							
B. Emisiones fugitivas de los combustibles	64,47	75,16	55,38	46,01	43,28	41,69	41,79
1. Combustibles sólidos	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04
2. Petróleo y gas natural	64,43	75,13	55,34	45,98	43,25	41,65	41,75
<b>2. Procesos Industriales</b>	<b>14,25</b>	<b>13,53</b>	<b>12,76</b>	<b>13,06</b>	<b>12,47</b>	<b>12,67</b>	<b>13,57</b>
A. Productos minerales							
B. Industria química	9,76	8,88	6,37	6,74	6,53	6,76	7,27
C. Producción metalúrgica	4,12	4,23	5,92	5,89	5,51	5,44	5,81
D. Otras industrias	0,37	0,43	0,47	0,43	0,42	0,47	0,49
E. Producción de halocarburos y SF <sub>6</sub>							
F. Consumo de halocarburos y SF <sub>6</sub>							
G. Otros							
<b>3. Uso de disolventes y de otros productos</b>							
<b>4. Agricultura</b>	<b>1,60</b>	<b>1,08</b>	<b>0,71</b>	<b>0,10</b>	<b>0,12</b>	<b>0,12</b>	<b>0,12</b>
A. Fermentación entérica							
B. Gestión del estiércol							
C. Cultivo de arroz							
D. Suelos agrícolas							
E. Quemas planificadas de sabanas							
F. Quema en campo de residuos agrícolas	1,60	1,08	0,71	0,10	0,12	0,12	0,12
G. Otros							
<b>5. Cambios de uso del suelo y silvicultura</b>							
<b>6. Tratamiento y eliminación de residuos</b>	<b>2,09</b>	<b>1,22</b>	<b>0,90</b>	<b>0,88</b>	<b>0,86</b>	<b>0,85</b>	<b>0,85</b>
A. Depósito en vertederos	0,96	0,44	0,12	0,12	0,06	0,07	0,06
B. Tratamiento de aguas residuales							
C. Incineración de residuos	1,14	0,79	0,79	0,76	0,80	0,78	0,79
D. Otros							
<b>7. Otros</b>							

## **ANEXO 7: EVALUACIÓN DE INCERTIDUMBRE**

Los resultados presentados en el capítulo de Resumen Ejecutivo, en el capítulo 2 de Tendencias de las Emisiones y en los capítulos sectoriales 3 a 8 se refieren a las estimaciones de los valores centrales de las emisiones por cruce de actividades y contaminantes. La agregación de las emisiones, ponderadas según los potenciales de calentamiento de cada gas considerado, se refleja en la estimación del valor central de la emisión conjunta del inventario. El valor central, constituye, sin embargo, sólo un indicador del nivel de la variable aleatoria que es la emisión estimada de cada fuente contaminante y gas. Para caracterizar la precisión de la estimación interesa establecer métodos de determinación de la incertidumbre de dicha estimación. La Guía de Buenas Prácticas (GBP) de IPCC ofrece dos enfoques para la cuantificación de la incertidumbre de cada actividad y gas, así como para la determinación de la incertidumbre de la emisión ponderada del inventario. El enfoque de nivel 1, que es el que se ha adoptado para la estimación de la incertidumbre en esta edición del inventario, aborda la determinación de la incertidumbre utilizando las ecuaciones de propagación del error en dos etapas.

En la primera etapa se estima, de forma aproximada, la incertidumbre de la emisión de una categoría fuente y gas teniendo en cuenta que tal emisión se puede representar como producto de una variable de actividad por un factor de emisión, y teniendo en cuenta la combinación de las incertidumbres de esos dos factores componentes según se expresa en la ecuación siguiente:

$$U_E = \sqrt{U_A^2 + U_F^2} \quad [A7.1]$$

donde:

$U_E$  representa la incertidumbre asociada a la emisión

$U_A$  representa la incertidumbre asociada a la variable de actividad

$U_F$  representa la incertidumbre asociada al factor de emisión

y donde  $U_E$ ,  $U_A$  y  $U_F$  expresan, en forma de porcentaje, los ratios (coeficientes de incertidumbre) cuyo numerador es la mitad del intervalo de confianza del 95% de la variable considerada y el denominador el valor esperado de la variable.

En la segunda etapa se estima, de forma aproximada, la incertidumbre de un agregado a partir de las incertidumbres de los componentes, fuentes de actividad por contaminante, que integran el inventario. Esta estimación de la incertidumbre se efectúa en términos del nivel y en términos de la tendencia, diferencia entre

emisiones del año de referencia y el año base, según se expresa en la ecuación [A7.2].

$$U_{E_{total}} = \frac{\sqrt{(U_{E_1} E_1)^2 + (U_{E_2} E_2)^2 + \dots + (U_{E_n} E_n)^2}}{E_1 + E_2 + \dots + E_n} \quad [A7.2]$$

donde:

$U_{E_{total}}$  representa la incertidumbre asociada al agregado de emisiones

$U_{E_i}$  representa la incertidumbre asociada a cada emisión componente

$E_i$  representa el valor esperado de cada emisión componente

y donde  $U_{E_{total}}$  y  $U_{E_i}$  expresan, en forma de porcentaje, los ratios (coeficientes de incertidumbre) cuyo numerador es la mitad del intervalo de confianza del 95% de la variable considerada y el denominador el valor esperado de la variable.

Para la estimación de la incertidumbre de la tendencia, diferencia entre el año de referencia y el año base, se han definido dos tipos de sensibilidad para valorar tales diferencias:

- Sensibilidad tipo A.

Representa el cambio en la diferencia en las emisiones del inventario entre el año base y el año de referencia, expresado como porcentaje, resultante de un aumento del 1% en las emisiones de una fuente y gas dados tanto en el año base como en el año de referencia.

- Sensibilidad tipo B.

Representa el cambio en la diferencia en las emisiones del inventario entre el año base y el año de referencia, expresado como porcentaje, resultante de un aumento del 1% en las emisiones de una fuente y gas dados sólo en el año de referencia.

Conceptualmente, la sensibilidad de tipo A surge de incertidumbres que afectan por igual al año base y al año de referencia, mientras que la sensibilidad de tipo B surge de incertidumbres que afectan sólo al año de referencia. Las incertidumbres que están correlacionadas a lo largo de los años se asocian normalmente con la sensibilidad de tipo A, mientras las incertidumbres que no están correlacionadas a lo largo de los años se asocian a la sensibilidad tipo B. Estos dos tipos de sensibilidades introducen simplificaciones en el análisis de la correlación. Para hacer operativo el algoritmo se asume, por defecto, que las incertidumbres de los factores de emisión corresponden a la sensibilidad tipo A, están normalmente correlacionados a lo largo de los años; mientras las variables de actividad

corresponden a la sensibilidad tipo B, no están correlacionadas a lo largo de los años, salvo mención en contrario como se verá más adelante en la aplicación del algoritmo al caso del presente inventario. Una vez que han sido calculadas las incertidumbres de las emisiones según cada uno de los dos tipos de sensibilidad indicados, pueden ser agregadas usando la ecuación de propagación del error para obtener la incertidumbre conjunta en la tendencia.

El procedimiento de cálculo se desarrolla mediante hoja de cálculo que reproduce los conceptos y fórmulas de las columnas A a M de la Tabla 6.1, Sección 6.3.2, de la referida GBP de IPCC.

Para hacer operativo el procedimiento de estimación se deben de introducir como información primaria en la hoja de cálculo los datos correspondientes a las siguientes columnas:

- A-B Que relacionan, respectivamente, las categorías fuente consideradas en el análisis (A) y el gas emitido (B). Estas categorías fuente y gas están ordenadas según su importancia en el inventario del año de referencia de la tabla. Como años de referencia para este análisis, y con relación al año base, se han tomado el 2002 y 2003, como más recientes entre los últimos disponibles, excepción hecha del año 2004 para el que una parte muy importante de la información de base como es el balance nacional de combustibles es, a la fecha de elaboración del inventario, todavía provisional.
- C Emisiones por categoría fuente y gas, en términos de CO<sub>2</sub>-equivalente, en el año base. Los datos introducidos son los valores centrales de las emisiones estimadas en el inventario para el año base, que es el año 1990 para los gases CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O, y el año 1995 para los gases fluorados.
- D Emisiones por categoría fuente y gas, en términos de CO<sub>2</sub>-equivalente, en los años respectivos 2002 y 2003. Los datos introducidos son los valores centrales de las emisiones estimadas en el inventario para los años 2002 y 2003. La información se presenta en sendas tablas del citado anexo para cada año de referencia, una para el año 2002 y otra para el año 2003.
- E Incertidumbre asociada a la variable de actividad, expresada en porcentaje a partir del ratio, coeficiente de incertidumbre, cuyo numerador es la mitad del intervalo de confianza del 95% de la variable considerada y el denominador el valor esperado de la variable.
- F Incertidumbre asociada al factor de emisión, expresadas en porcentaje a partir del ratio, coeficiente de incertidumbre, cuyo numerador es la mitad del intervalo de confianza del 95% del factor de emisión considerado y el denominador el valor esperado del factor de emisión.

S/N En esta columna se señalan, con S, aquellas categorías fuente en que se considera que la variable de actividad está correlacionada a lo largo de los años, y con N cuando no hay correlación de la variable de actividad a lo largo de los años. Así pues, las categorías fuente marcadas con S son la excepción a la sensibilidad tipo B en las variables de actividad.

Con la información anterior, el resto de las columnas de la tabla se calculan, de acuerdo con las fórmulas especificadas para la misma en la citada Sección 6.3.2 de la Tabla 6.1 de la GBP de IPCC.

Con relación a la información introducida en las columnas E y F, se comenta de forma sintetizada y con carácter general las principales fuentes seleccionadas (véanse, para mayor detalle, los capítulos sectoriales de este documento: capítulo 3 “Energía”; capítulo 4 “Procesos Industriales”; capítulo 5 “Uso de disolventes y otros productos”; capítulo 6 “Agricultura”; capítulo 8 “Residuos”):

- Como referencias principales se han considerado las Guías de IPCC revisadas de 1996 y la GBP de 2000.
- Las estimaciones consideradas más verosímiles por el equipo de trabajo del inventario que integran información de otra serie de fuentes son las siguientes:
  - Para lo referente a las variables de actividad de los combustibles, del análisis de la variabilidad de los balances de combustibles (oferta vs. demanda y errores estadísticos) y de la proveniente de los cuestionarios individualizados a plantas.
  - Para los factores de emisión de CO<sub>2</sub> en la combustión, del análisis de la variabilidad de los poderes caloríficos y contenidos de carbono de los combustibles por unidad energética o por unidad de masa o volumen. Así mismo se han introducido criterios sobre la incertidumbre presumible en los coeficientes de oxidación, parámetros sobre los que se ha podido disponer de alguna información de expertos del sector energético. Para los factores de CH<sub>4</sub> y de N<sub>2</sub>O en la combustión se han tomado bandas amplias que cubran la variabilidad observada en las referencias de IPCC y de EMEP/CORINAIR tanto para la combustión estacionaria como para la móvil.
  - Para las emisiones fugitivas de la energía se ha tenido también en cuenta además de la variabilidad reseñada en las referencias de IPCC la de EMEP/CORINAIR.
  - Para las emisiones generadas en los procesos industriales, se ha complementado la información de las Guías IPCC con información recibida por el equipo de trabajo del inventario de expertos sectoriales y, en su caso, de cuestionarios individualizados a plantas.



- Para la determinación de la incertidumbre de las variables de actividad y factores de emisión de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O provenientes de la agricultura, se ha complementado la información disponible en las Guías IPCC y documentos elaborados por el MAPA con supuestos asumidos por el equipo de trabajo del inventario sobre incertidumbre en la asignación de los sistemas de gestión ganadera y prácticas agrícolas.
- Para la determinación de la incertidumbre de las variables de actividad y factores de emisión de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O provenientes del tratamiento de residuos, se ha complementado la información disponible en las Guías IPCC con supuestos asumidos por el equipo de trabajo del inventario sobre la incertidumbre de los sistemas de gestión de residuos y parámetros relevantes en los procesos de tratamiento.
- Para las variables de actividad y factores de emisión en la producción de hidrocarburos fluorados (emisiones de HFC-23 subproducto de la fabricación de HCFC-22), se han considerado cotas superiores para la precisión presumible en los procedimientos de estimación empleados por las plantas fabricantes. Tanto para las variables de actividad como para los factores de emisión de HFC y PFC en el consumo de HFCs y SF<sub>6</sub>, se han asumido factores conjuntos de 2 dada la falta de precisión y cobertura de algunas de las fuentes de información utilizadas.
- Para un conjunto amplio de actividades y gases se ha contrastado con la información declarada en los inventarios de otros países de la Unión Europea.

En este anexo se presentan las tablas A7.1 y A7.2 con la estimación de la incertidumbre global del inventario para los años 2002 y 2003 siguiendo el enfoque de nivel 1 propuesto en la GBP de IPCC. Las tablas dispuestas a continuación reproducen la estructura y fórmulas de la tabla 6.1 de la GBP.

Cabe mencionar que la incertidumbre global resultante está referida a las emisiones totales nacionales de gases de efecto invernadero, sin descontar la cantidad de CO<sub>2</sub>-eq captado por los sumideros. En el cálculo se han analizado individualmente las categorías identificadas como fuentes claves por su nivel y/o tendencia para cada año correspondiente, tratando de forma agregada el resto de fuentes emisoras dentro de una categoría adicional.

Tabla A7.1.- Cálculo de incertidumbre para las emisiones GEI con el método IPCC de nivel 1 - Año 2002

A		B	C	D			E	F	G
Fuentes claves (Año 2002)		Gas	Emisiones Año base (Gg CO <sub>2</sub> -e)	Emisiones Año 2002 (Gg CO <sub>2</sub> -e)	Contribución Nivel 2002 (%)	Acumulado Nivel 2002 (%)	Incertidumbre VA (%)	Incertidumbre FE (%)	Incertidumbre propagada (%)
Código IPCC	Descripción categoría								
1A1a	Producción de Electricidad y Calor en CCTT de Servicio Público- Sólido	CO <sub>2</sub>	57.787	77.715	19,3	19	2	4	4,5
1A3b	Transporte por Carretera -Gasóleo	CO <sub>2</sub>	24.436	56.674	14,1	33	5	2,2	5,5
1A2+1A4	Combustión Estacionaria - Otras fuentes - Líquido	CO <sub>2</sub>	46.199	53.117	13,2	47	10	3,5	10,6
1A2+1A4	Combustión Estacionaria - Otras fuentes - Gaseoso	CO <sub>2</sub>	9.757	38.292	9,5	56	5	1,5	5,2
1A3b	Transporte por Carretera- Gasolina	CO <sub>2</sub>	25.928	26.123	6,5	63	3	2,1	3,7
2A1	Producción de Cemento	CO <sub>2</sub>	12.534	15.853	3,9	67	1,5	8,3	8,4
1A1a	Producción de Electricidad y Calor en CCTT de Servicio Público- Líquido	CO <sub>2</sub>	6.007	14.095	3,5	70	1,5	2	2,5
4A	Fermentación Entérica en Ganado Doméstico	CH <sub>4</sub>	11.780	13.797	3,4	74	3	6,5	7,2
1A1b	Refino de petróleo- Líquido	CO <sub>2</sub>	10.861	11.956	3,0	77	3,5	2,7	4,4
4D1	Suelos Agrícolas - Emisiones Directas	N <sub>2</sub> O	10.080	10.240	2,5	79	7	25	26,0
4B	Gestión de Estiércol	CH <sub>4</sub>	6.231	8.522	2,1	81	3	18	18,2
4D3	Suelos Agrícolas - Emisiones Indirectas	N <sub>2</sub> O	7.515	8.219	2,0	83	175	50	182,0
6A	Depósito en Vertederos	CH <sub>4</sub>	3.783	7.694	1,9	85	30	70,4	76,5
1A2+1A4	Combustión Estacionaria - Otras fuentes - Sólido	CO <sub>2</sub>	15.589	6.976	1,7	87	12	15	19,2
1A1a	Producción de Electricidad y Calor en CCTT de Servicio Público- Gaseoso	CO <sub>2</sub>	427	5.896	1,5	88	1,75	1,5	2,3
1A3a	Aviación Civil	CO <sub>2</sub>	4.135	5.091	1,3	90	35	5	35,4
2-2A1-2A2-2C1	Otros Procesos Industriales	CO <sub>2</sub>	2.644	3.325	0,8	90	50	20	53,9
4B	Gestión de Estiércol	N <sub>2</sub> O	2.465	2.946	0,7	91	16	100	101,3
2F	Consumo de Halocarburos y SF6	HFC + PFC	8	2.787	0,7	92	100	100	141,4
1A3d	Tráfico Marítimo Nacional	CO <sub>2</sub>	1.500	2.287	0,6	92	50	3,2	50,1
1A3b	Transporte por Carretera	N <sub>2</sub> O	679	2.170	0,5	93	10	50	51,0
1B2	Emisiones Fugitivas Petróleo y Gas Natural	CO <sub>2</sub>	1.744	2.149	0,5	93	10	25	26,9
2A3	Uso de piedra caliza y dolomita	CO <sub>2</sub>	1.220	2.012	0,5	94	10	2	10,2
6B	Tratamiento de Aguas Residuales	CH <sub>4</sub>	1.240	1.942	0,5	94	200	100	223,6
2B2	Producción de Acido Nítrico	N <sub>2</sub> O	2.884	1.937	0,5	95	2	10	10,2
2C1	Producción de Hierro y Acero	CO <sub>2</sub>	1.825	1.853	0,5	95	3	5	5,8
1B1	Emisiones Fugitivas Combustibles Sólidos	CH <sub>4</sub>	1.820	1.063	0,3	96	5	40	40,3
1A1c	Transformación de combustibles sólidos - Sólido	CO <sub>2</sub>	1.847	1.040	0,3	96	5	5	7,1
2E1	Fabricación de HCFC-22 (Emisión de HFC-23) (*)	HFC	4.638	1.029	0,3	96	15	20	25,0
1A1b	Refino de petróleo- Gaseoso	CO <sub>2</sub>	45	829	0,2	97	3,5	3	4,6
6C	Incineración de Residuos	CO <sub>2</sub>	750	275	0,1	97	10	20	22,4
2C3	Producción de Aluminio	PFC	832	199	0,0	97	1	20	20,0
***	Otras fuentes de emisión	***	10.193	13.958	3,5	100	100	100	141,4
Emisiones totales brutas			289.386	402.060					

(\*) En la categoría 2E1 por HFC, las incertidumbres cifradas para la variable de actividad y el factor de emisión son porcentajes derivados de la incertidumbre asignada a las emisiones de HFC-23, información de base en dicha categoría.

Tabla A7.1.- Cálculo de incertidumbre para las emisiones GEI con el método IPCC de nivel 1 - Año 2002 (Continuación)

A		B	H	SN	I	J	K	L	M
Fuentes claves (Año 2002)		Gas	Incertidumbre combinada (% Emisiones totales 2002)	Correlación VA en el tiempo (S/N)	Sensibilidad Tipo A	Sensibilidad Tipo B	Incertidumbre evoluc F.E. (%)	Incertidumbre evoluc VA (%)	Incertidumbre evoluc Emisiones (%)
Código IPCC	Descripción categoría								
1A1a	Producción de Electricidad y Calor en CCTT de Servicio Público- Sólido	CO <sub>2</sub>	0,9	N	-0,009	0,269	-0,04	0,76	0,76
1A3b	Transporte por Carretera -Gasóleo	CO <sub>2</sub>	0,8	N	0,078	0,196	0,17	1,38	1,40
1A2+1A4	Combustión Estacionaria - Otras fuentes - Líquido	CO <sub>2</sub>	1,4	N	-0,038	0,184	-0,13	2,60	2,60
1A2+1A4	Combustión Estacionaria - Otras fuentes - Gaseoso	CO <sub>2</sub>	0,5	N	0,085	0,132	0,13	0,94	0,94
1A3b	Transporte por Carretera- Gasolina	CO <sub>2</sub>	0,2	N	-0,034	0,090	-0,07	0,38	0,39
2A1	Producción de Cemento	CO <sub>2</sub>	0,3	N	-0,005	0,055	-0,04	0,12	0,12
1A1a	Producción de Electricidad y Calor en CCTT de Servicio Público- Líquido	CO <sub>2</sub>	0,1	N	0,020	0,049	0,04	0,10	0,11
4A	Fermentación Entérica en Ganado Doméstico	CH <sub>4</sub>	0,2	N	-0,009	0,048	-0,06	0,20	0,21
1A1b	Refino de petróleo- Líquido	CO <sub>2</sub>	0,1	N	-0,011	0,041	-0,03	0,20	0,21
4D1	Suelos Agrícolas - Emisiones Directas	N <sub>2</sub> O	0,7	N	-0,013	0,035	-0,33	0,35	0,48
4B	Gestión de Estiércol	CH <sub>4</sub>	0,4	S	0,000	0,029	-0,01	0,00	0,01
4D3	Suelos Agrícolas - Emisiones Indirectas	N <sub>2</sub> O	3,7	S	-0,008	0,028	-0,38	-1,34	1,40
6A	Depósito en Vertederos	CH <sub>4</sub>	1,5	S	0,008	0,027	0,59	0,25	0,64
1A2+1A4	Combustión Estacionaria - Otras fuentes - Sólido	CO <sub>2</sub>	0,3	N	-0,051	0,024	-0,76	0,41	0,86
1A1a	Producción de Electricidad y Calor en CCTT de Servicio Público- Gaseoso	CO <sub>2</sub>	0,0	N	0,018	0,020	0,03	0,05	0,06
1A3a	Aviación Civil	CO <sub>2</sub>	0,4	N	-0,002	0,018	-0,01	0,87	0,87
2-2A1-2A2-2C1	Otros Procesos Industriales	CO <sub>2</sub>	0,4	N	-0,001	0,011	-0,02	0,81	0,81
4B	Gestión de Estiércol	N <sub>2</sub> O	0,7	S	-0,002	0,010	-0,17	-0,03	0,17
2F	Consumo de Halocarburos y SF6	HFC + PFC	1,0	S	0,010	0,010	0,96	0,96	1,36
1A3d	Tráfico Marítimo Nacional	CO <sub>2</sub>	0,3	N	0,001	0,008	0,00	0,56	0,56
1A3b	Transporte por Carretera	N <sub>2</sub> O	0,3	N	0,004	0,007	0,21	0,11	0,24
1B2	Emisiones Fugitivas Petróleo y Gas Natural	CO <sub>2</sub>	0,1	N	-0,001	0,007	-0,02	0,11	0,11
2A3	Uso de piedra caliza y dolomita	CO <sub>2</sub>	0,1	N	0,001	0,007	0,00	0,10	0,10
6B	Tratamiento de Aguas Residuales	CH <sub>4</sub>	1,1	N	0,001	0,007	0,08	1,90	1,90
2B2	Producción de Acido Nítrico	N <sub>2</sub> O	0,0	N	-0,007	0,007	-0,07	0,02	0,07
2C1	Producción de Hierro y Acero	CO <sub>2</sub>	0,0	N	-0,002	0,006	-0,01	0,03	0,03
1B1	Emisiones Fugitivas Combustibles Sólidos	CH <sub>4</sub>	0,1	N	-0,005	0,004	-0,20	0,03	0,20
1A1c	Transformación de combustibles sólidos - Sólido	CO <sub>2</sub>	0,0	N	-0,005	0,004	-0,03	0,03	0,04
2E1	Fabricación de HCFC-22 (Emisión de HFC-23)	HFC	0,1	N	-0,019	0,004	-0,37	0,08	0,38
1A1b	Refino de petróleo- Gaseoso	CO <sub>2</sub>	0,0	N	0,003	0,003	0,01	0,01	0,02
6C	Incineración de Residuos	CO <sub>2</sub>	0,0	N	-0,003	0,001	-0,05	0,01	0,05
2C3	Producción de Aluminio	PFC	0,0	N	-0,003	0,001	-0,07	0,00	0,07
***	Otras fuentes de emisión	***	4,9	N	-0,001	0,048	-0,07	6,82	6,82
Incertidumbre en las emisiones brutas			6,9	Incertidumbre en la evolución (diferencia entre años):					8,2
			Incertidubumbre en la evolución (% respecto a las emisiones medias del año base):					3,2	

Tabla A7.2.- Cálculo de incertidumbre para las emisiones GEI con el método IPCC de nivel 1 - Año 2003

A		B	C	D			E	F	G
Fuentes claves (Año 2003)		Gas	Emisiones Año base (Gg CO <sub>2</sub> -e)	Emisiones Año 2003 (Gg CO <sub>2</sub> -e)	Contribución Nivel 2003 (%)	Acumulado Nivel 2003 (%)	Incertidumbre VA (%)	Incertidumbre FE (%)	Incertidumbre propagada (%)
Código IPCC	Descripción categoría								
1A1a	Producción de Electricidad y Calor en CCTT de Servicio Público- Sólido	CO <sub>2</sub>	57.787	71.666	17,6	18	2	4	4,5
1A3b	Transporte por Carretera -Gasóleo	CO <sub>2</sub>	24.436	61.287	15,0	33	5	2,2	5,5
1A2+1A4	Combustión Estacionaria - Otras fuentes - Líquido	CO <sub>2</sub>	46.199	54.910	13,5	46	10	3,5	10,6
1A2+1A4	Combustión Estacionaria - Otras fuentes - Gaseoso	CO <sub>2</sub>	9.757	42.708	10,5	56	5	1,5	5,2
1A3b	Transporte por Carretera- Gasolina	CO <sub>2</sub>	25.928	25.594	6,3	63	3	2,1	3,7
4D1	Suelos Agrícolas - Emisiones Directas	N <sub>2</sub> O	12.534	16.371	4,0	67	7	25	26,0
4A	Fermentación Entérica en Ganado Doméstico	CH <sub>4</sub>	11.780	13.993	3,4	70	3	6,5	7,2
1A1b	Refino de petróleo- Líquido	CO <sub>2</sub>	10.861	11.655	2,9	73	3,5	2,7	4,4
2A1	Producción de Cemento	CO <sub>2</sub>	10.080	11.222	2,7	76	1,5	8,3	8,4
1A1a	Producción de Electricidad y Calor en CCTT de Servicio Público- Líquido	CO <sub>2</sub>	6.007	10.995	2,7	78	1,5	2	2,5
4B	Gestión de Estiércol	CH <sub>4</sub>	7.515	8.876	2,2	81	3	18	18,2
1A1a	Producción de Electricidad y Calor en CCTT de Servicio Público- Gaseoso	CO <sub>2</sub>	6.231	8.399	2,1	83	1,75	1,5	2,3
6A	Depósito en Vertederos	CH <sub>4</sub>	427	7.860	1,9	85	30	70,4	76,5
4D3	Suelos Agrícolas - Emisiones Indirectas	N <sub>2</sub> O	3.783	7.798	1,9	87	175	50	182,0
1A2+1A4	Combustión Estacionaria - Otras fuentes - Sólido	CO <sub>2</sub>	15.589	6.365	1,6	88	12	15	19,2
1A3a	Aviación Civil	CO <sub>2</sub>	4.135	5.340	1,3	89	35	5	35,4
2-2A1-2A2-2C1	Otros Procesos Industriales	CO <sub>2</sub>	2.644	3.332	0,8	90	50	20	53,9
2F	Consumo de Halocarburos y SF6	HFC + PFC	8	3.324	0,8	91	100	100	141,4
4B	Gestión de Estiércol	N <sub>2</sub> O	2.465	2.919	0,7	92	16	100	101,3
1A3d	Tráfico Marítimo Nacional	CO <sub>2</sub>	1.500	2.374	0,6	92	50	3,2	50,1
1A3b	Transporte por Carretera	N <sub>2</sub> O	679	2.328	0,6	93	10	50	51,0
2A3	Uso de piedra caliza y dolomita	CO <sub>2</sub>	1.220	2.083	0,5	93	10	2	10,2
6B	Tratamiento de Aguas Residuales	CH <sub>4</sub>	1.240	2.016	0,5	94	200	100	223,6
2B2	Producción de Acido Nítrico	N <sub>2</sub> O	2.884	1.965	0,5	94	2	10	10,2
1B2	Emisiones Fugitivas Petróleo y Gas Natural	CO <sub>2</sub>	1.744	1.915	0,5	95	10	25	26,9
4D2	Suelos Agrícolas - Producción Animal	N <sub>2</sub> O	1.366	1.676	0,4	95	20	100	102,0
2C1	Producción de Hierro y Acero	CO <sub>2</sub>	1.825	1.655	0,4	97	3	5	5,8
2E1	Fabricación de HCFC-22 (Emisión de HFC-23)	HFC	4.638	1.572	0,4	96	15	20	25,0
1A1c	Transformación de combustibles sólidos - Sólido	CO <sub>2</sub>	1.847	1.079	0,3	96	5	5	7,1
1A1b	Refino de petróleo- Gaseoso	CO <sub>2</sub>	45	1.053	0,3	97	3,5	3	4,6
1B1	Emisiones Fugitivas Combustibles Sólidos	CH <sub>4</sub>	1.820	1.043	0,3	97	5	40	40,3
2C3	Producción de Aluminio	PFC	832	190	0,0	97	1	20	20,0
6C	Incineración de Residuos	CO <sub>2</sub>	750	178	0,0	97	10	20	22,4
***	Otras fuentes de emisión	***	8.827	12.426	3,0	100	100	100	141,4
Emisiones totales brutas			289.386	408.169					

(\*) En la categoría 2E1 por HFC, las incertidumbres cifradas para la variable de actividad y el factor de emisión son porcentajes derivados de la incertidumbre asignada a las emisiones de HFC-23, información de base en dicha categoría.

Tabla A7.2.- Cálculo de incertidumbre para las emisiones GEI con el método IPCC de nivel 1 - Año 2003 (Continuación)

A		B	H	SN	I	J	K	L	M
Fuentes claves (Año 2003)		Gas	Incertidumbre combinada (% Emisiones totales 2003)	Correlación VA en el tiempo (S/N)	Sensibilidad Tipo A	Sensibilidad Tipo B	Incertidumbre evoluc F.E. (%)	Incertidumbre evoluc VA (%)	Incertidumbre evoluc Emisiones (%)
Código IPCC	Descripción categoría								
1A1a	Producción de Electricidad y Calor en CCTT de Servicio Público- Sólido	CO <sub>2</sub>	0,8	N	-0,034	0,248	-0,14	0,70	0,71
1A3b	Transporte por Carretera -Gasóleo	CO <sub>2</sub>	0,8	N	0,093	0,212	0,20	1,50	1,51
1A2+1A4	Combustión Estacionaria - Otras fuentes - Líquido	CO <sub>2</sub>	1,4	N	-0,035	0,190	-0,12	2,68	2,69
1A2+1A4	Combustión Estacionaria - Otras fuentes - Gaseoso	CO <sub>2</sub>	0,5	N	0,100	0,148	0,15	1,04	1,05
1A3b	Transporte por Carretera- Gasolina	CO <sub>2</sub>	0,2	N	-0,038	0,088	-0,08	0,38	0,38
4D1	Suelos Agrícolas - Emisiones Directas	N <sub>2</sub> O	1,0	N	-0,005	0,057	-0,11	0,56	0,57
4A	Fermentación Entérica en Ganado Doméstico	CH <sub>4</sub>	0,2	N	-0,009	0,048	-0,06	0,21	0,21
1A1b	Refino de petróleo- Líquido	CO <sub>2</sub>	0,1	N	-0,013	0,040	-0,03	0,20	0,20
2A1	Producción de Cemento	CO <sub>2</sub>	0,2	N	-0,010	0,039	-0,09	0,08	0,12
1A1a	Producción de Electricidad y Calor en CCTT de Servicio Público- Líquido	CO <sub>2</sub>	0,1	N	0,009	0,038	0,02	0,08	0,08
4B	Gestión de Estiércol	CH <sub>4</sub>	0,4	S	-0,006	0,031	-0,11	-0,02	0,11
1A1a	Producción de Electricidad y Calor en CCTT de Servicio Público- Gaseoso	CO <sub>2</sub>	0,0	N	-0,001	0,029	0,00	0,07	0,07
6A	Depósito en Vertederos	CH <sub>4</sub>	1,5	S	0,025	0,027	1,77	0,75	1,92
4D3	Suelos Agrícolas - Emisiones Indirectas	N <sub>2</sub> O	3,5	S	0,009	0,027	0,43	1,49	1,55
1A2+1A4	Combustión Estacionaria - Otras fuentes - Sólido	CO <sub>2</sub>	0,3	N	-0,054	0,022	-0,81	0,37	0,89
1A3a	Aviación Civil	CO <sub>2</sub>	0,5	N	-0,002	0,018	-0,01	0,91	0,91
2-2A1-2A2-2C1	Otros Procesos Industriales	CO <sub>2</sub>	0,4	N	-0,001	0,012	-0,03	0,81	0,81
2F	Consumo de Halocarburos y SF6	HFC + PFC	1,2	S	0,011	0,011	1,14	1,14	1,62
4B	Gestión de Estiércol	N <sub>2</sub> O	0,7	S	-0,002	0,010	-0,19	-0,03	0,20
1A3d	Tráfico Marítimo Nacional	CO <sub>2</sub>	0,3	N	0,001	0,008	0,00	0,58	0,58
1A3b	Transporte por Carretera	N <sub>2</sub> O	0,3	N	0,005	0,008	0,24	0,11	0,26
2A3	Uso de piedra caliza y dolomita	CO <sub>2</sub>	0,1	N	0,001	0,007	0,00	0,10	0,10
6B	Tratamiento de Aguas Residuales	CH <sub>4</sub>	1,1	N	0,001	0,007	0,09	1,97	1,97
2B2	Producción de Ácido Nítrico	N <sub>2</sub> O	0,0	N	-0,007	0,007	-0,07	0,02	0,08
1B2	Emisiones Fugitivas Petróleo y Gas Natural	CO <sub>2</sub>	0,1	N	-0,002	0,007	-0,05	0,09	0,10
4D2	Suelos Agrícolas - Producción Animal	N <sub>2</sub> O	0,4	N	-0,001	0,006	-0,09	0,16	0,19
2C1	Producción de Hierro y Acero	CO <sub>2</sub>	0,0	N	-0,003	0,006	-0,02	0,02	0,03
2E1	Fabricación de HCFC-22 (Emisión de HFC-23)	HFC	0,1	N	-0,017	0,005	-0,34	0,12	0,36
1A1c	Transformación de combustibles sólidos - Sólido	CO <sub>2</sub>	0,0	N	-0,005	0,004	-0,03	0,03	0,04
1A1b	Refino de petróleo- Gaseoso	CO <sub>2</sub>	0,0	N	0,003	0,004	0,01	0,02	0,02
1B1	Emisiones Fugitivas Combustibles Sólidos	CH <sub>4</sub>	0,1	N	-0,005	0,004	-0,21	0,03	0,21
2C3	Producción de Aluminio	PFC	0,0	N	-0,003	0,001	-0,07	0,00	0,07
6C	Incineración de Residuos	CO <sub>2</sub>	0,0	N	-0,003	0,001	-0,06	0,01	0,06
***	Otras fuentes de emisión	***	4,3	N	0,000	0,043	-0,01	6,07	6,07
Incertidumbre en las emisiones brutas			6,5	Incertidumbre en la evolución (diferencia entre años):					8,0
				Incertidumbre en la evolución (% respecto a las emisiones medias del año base):					3,3



## **ANEXO 8:** **REFERENCIA DEL INVENTARIO PARA LA APLICACIÓN DE** **LA DIRECTIVA DE COMERCIO DE EMISIONES**

En este anexo se presenta la documentación que sobre factores de emisión de CO<sub>2</sub> y poderes caloríficos inferiores (PCI) de los combustibles, se han considerado en la edición 1990-2004 del inventario nacional cuando no se disponía de información específica más precisa.

**Tabla A8.1.- Factores de emisión de CO<sub>2</sub> y poderes caloríficos por defecto para el inventario 2004**

Combustible	Factor de emisión de CO <sub>2</sub> (tCO <sub>2</sub> /TJ) incluye factor de oxidación	Factor de oxidación implícito (1)	Poder Calorífico Inferior (PCI)	
			GJ <sub>PCI</sub> /Unidad	Unidad
Gas natural (2) (3)	56	0,995	38,97	miles m <sup>3</sup> N
Fuelóleo (4)	76	0,99	40,18	toneladas
Gasóleo	73	0,99	42,4	toneladas
GLP genérico	65	0,99	45,5	toneladas
Propano	63,6	0,99	46,2	toneladas
Butano	66,2	0,99	44,78	toneladas

(1) Factor de oxidación implícito: valor ya incorporado en el factor de emisión

(2) El PCI también se puede expresa en relación a la masa, siendo su valor de 48,27 GJ / tonelada

(3) Para el paso de PCS a PCI en el gas natural se utiliza el factor de conversión de 0,902

(4) La limitación del porcentaje de azufre según el R.D. 287/2001, motiva que ya no se distinga entre los fuelóleos BIA, N° 1 y N° 2

**Tabla A8.2.- Decisión de la Comisión 2004/156/CE.  
Directrices de seguimiento y notificación**

Combustible	Factor de emisión de CO <sub>2</sub> (tCO <sub>2</sub> /TJ) Nivel 1	Fuente del factor de emisión	Factor de oxidación Decisión 2004/156/CE Nivel 1	Factor de emisión de CO <sub>2</sub> (tCO <sub>2</sub> /TJ) con factor de oxidación
<b>A) Combustibles fósiles líquidos</b>				
<i>Combustibles primarios</i>				
Petróleo bruto	73,3	IPCC 1996 (1)	0,995	72,9
Orimulsión	80,7	IPCC 1996	0,995	80,3
Líquidos de gas natural	63,1	IPCC 1996	0,995	62,8
<i>Combustibles/productos secundarios</i>				
Gasolina	69,3	PCC 1996	0,995	69,0
Queroseno (2)	71,9	IPCC 1996	0,995	71,5
Aceite de esquisto bituminoso	77,4	Comunicación de Estonia, 2002	0,995	77,0
Gasoil	74,1	IPCC 1996	0,995	73,7
Fueloil residual	77,4	IPCC 1996	0,995	77,0
Gas licuado de petróleo	63,1	IPCC 1996	0,995	62,8
Etano	61,6	IPCC 1996	0,995	61,3
Nafta	73,3	IPCC 1996	0,995	72,9
Alquitrán	80,7	IPCC 1996	0,995	80,3
Lubricantes	73,3	IPCC 1996	0,995	72,9
Coque de petróleo	100,8	IPCC 1996	0,995	100,3
Materias primas de refinería	73,3	IPCC 1996	0,995	72,9
Otros aceites	73,3	IPCC 1996	0,995	72,9
<b>B) Combustibles fósiles sólidos</b>				
<i>Combustibles primarios</i>				
Antracita	98,3	IPCC 1996	0,99	97,3
Carbón para coque	94,6	IPCC 1996	0,99	93,7
Otros carbones bituminosos	94,6	IPCC 1996	0,99	93,7
Carbón subbituminoso	96,1	IPCC 1996	0,99	95,1
Lignito	101,2	IPCC 1996	0,99	100,2
Esquisto bituminoso	106,7	IPCC 1996	0,99	105,6
Turba	106	IPCC 1996	0,99	104,9
<i>Combustibles secundarios</i>				
Briquetas de lignito y aglomerados	94,6	IPCC 1996	0,99	93,7
Coque de gas/Hornos de coque	108,2	IPCC 1996	0,99	107,1
<b>C) Fósil gaseosos</b>				
Monóxido de carbono	155,2	Basado en un PCI de 10,12 TJ/t (3)	0,995	154,4
Gas natural (seco)	56,1	IPCC 1996	0,995	55,8
Metano	54,9	Basado en un PCI de 50,01 TJ/t (3)	0,995	54,6
Hidrógeno	0	Sustancia sin carbono	0,995	0,0

(1) Directrices del IPCC revisadas de 1996 para Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero: Manual de referencia, 1.13.

(2) Queroseno, excluyendo el queroseno para aviones reactores.

(3) J. Falbe y M.Regitz, Römpf CEIME Lexikon, Stuttgart, 1995.



Tabla A8.3.- Sector: Siderurgia

Combustible	Factor de emisión (kg CO <sub>2</sub> /GJ <sub>PCI</sub> )	Factor de oxidación implícito (1)	PCI (GJ/t)
Antracita (2)	96,3	0,98	30,26
Carbón coquizable (2)	91,8	0,98	28,4
Coque (3)	105	0,98	30,3
Coque de petróleo	98,3	0,99	32,5
Fuelóleo (4)	76	0,99	40,18
Gasóleo	73	0,99	42,4
Gas natural (5) (6)	56	0,995	48,41
GLP genérico	65	0,99	45,5
Propano	63,6	0,99	46,2
Butano	66,2	0,99	44,78
Gas de coquería (7)	-	0,995	-
Gas de horno alto (7)	-	0,995	-
Gas de acería (LD) (7)	-	0,995	-
Gas de refinería (8)	54,1	0,995	48,3

(1) Factor de oxidación implícito: valor ya incorporado en el factor de emisión

(2) Valores variables dependiendo de las características. Se ha mantenido el valor utilizado en 2002

(3) Valores medios obtenidos del análisis de GFPs del Inventario del año 2003 (siderurgia integral)

(4) La limitación del porcentaje de azufre según el R.D. 287/2001, motiva que ya no se distinga entre los fuelóleos BIA, Nº 1 y Nº 2

(5) El PCI también se puede expresar en relación al volumen, siendo su valor de 38,97 GJ / miles m<sup>3</sup>N

(6) Para el paso de PCS a PCI en el gas natural se utiliza el factor de conversión de 0,902

(7) Valores específicos de planta y año

(8) Valor calculado en base a información disponible de refinerías suministradoras.

Tabla A8.4.- Sector: Cemento

Combustible	Factor de emisión (kg CO <sub>2</sub> /GJ <sub>PCI</sub> )	Factor de oxidación implícito (1)	PCI (GJ/t)
Carbón nacional (2)	112	0,98	20,51
Carbón de importación (2)	99	0,98	25,53
Coque de petróleo	98,3	0,99	32,5
Fuelóleo (3)	76	0,99	40,18
Gasóleo	73	0,99	42,4
Gas natural (4) (5)	56	0,995	48,41
GLP genérico	65	0,99	45,5
Propano	63,6	0,99	46,2
Butano	66,2	0,99	44,78
Neumáticos	82	0,98	31,39
Aceites usados	73	0,99	40,19
Disolventes	83	0,99	33,27

(1) Factor de oxidación implícito: valor ya incorporado en el factor de emisión

(2) Estos datos se han tomado de valores medios obtenidos del análisis de GFPs del Inventario (centrales térmicas), ante la carencia de información sobre las características específicas de los carbones nacionales consumidos en el sector.

(3) La limitación del porcentaje de azufre según el R.D. 287/2001, motiva que ya no se distinga entre los fuelóleos BIA, Nº 1 y Nº 2

(4) El PCI también se puede expresar en relación al volumen, siendo su valor de 38,97 GJ / miles m<sup>3</sup>N

(5) Para el paso de PCS a PCI en el gas natural se utiliza el factor de conversión de 0,902

Tabla A8.5.- Sector: Cal

Combustible	Factor de emisión (kg CO <sub>2</sub> /GJ <sub>PCI</sub> )	Factor de oxidación implícito (1)	PCI (GJ/t)
Antracita	98,3	0,98	28,646
Coque siderúrgico	108,09	0,98	36,819
Coque de petróleo	100,76	0,99	35,564
Fuelóleo (2)	76	0,99	40,18
Gasóleo	73	0,99	42,4
Gas natural (3) (4)	56	0,995	48,41

Los valores indicados en la tabla anterior son valores por defecto cuando no se disponga de información específica del combustible referente a poder calorífico inferior (PCI) o contenido de carbono del combustible.

(1) Factor de oxidación implícito: valor ya incorporado en el factor de emisión

(2) La limitación del porcentaje de azufre según el R.D. 287/2001, motiva que ya no se distinga entre los fuelóleos BIA, N° 1 y N° 2

(3) El PCI también se puede expresar en relación al volumen, siendo su valor de 38,97 GJ / miles m<sup>3</sup>N

(4) Para el paso de PCS a PCI en el gas natural se utiliza el factor de conversión de 0,902

Tabla A8.6.- Sector: Vidrio

Combustible	Factor de emisión (kg CO <sub>2</sub> /GJ <sub>PCI</sub> )	Factor de oxidación implícito (1)	PCI (GJ/t)
Coque metalúrgico (2)	105	0,98	30,3
Fuelóleo (3)	76	0,99	40,18
Gasóleo	73	0,99	42,4
Gas natural (4) (5)	56	0,995	48,41
GLP genérico	65	0,99	45,5
Propano	63,6	0,99	46,2
Butano	66,2	0,99	44,78

(1) Factor de oxidación implícito: valor ya incorporado en el factor de emisión

(2) Estos datos se han tomado de valores medios obtenidos del análisis de GFPs del Inventario (siderurgia integral), ante la carencia de información sobre las características específicas del coque consumido en el sector. No obstante, este supuesto deberá ser revisado a la luz de información específica de las plantas del sector.

(3) La limitación del porcentaje de azufre según el R.D. 287/2001, motiva que ya no se distinga entre los fuelóleos BIA, N° 1 y N° 2

(4) El PCI también se puede expresar en relación al volumen, siendo su valor de 38,97 GJ / miles m<sup>3</sup>N

(5) Para el paso de PCS a PCI en el gas natural se utiliza el factor de conversión de 0,902

Tabla A8.7.- Sector: Fritas de vidrio

Combustible	Factor de emisión (kg CO <sub>2</sub> /GJ <sub>PCI</sub> )	Factor de oxidación implícito (1)	PCI (GJ/t)
Fuelóleo (2)	76	0,99	40,18
Gasóleo	73	0,99	42,4
Gas natural (3) (4)	56	0,995	48,41
GLP genérico	65	0,99	45,5
Propano	63,6	0,99	46,2
Butano	66,2	0,99	44,78

(1) Factor de oxidación implícito: valor ya incorporado en el factor de emisión

(2) La limitación del porcentaje de azufre según el R.D. 287/2001, motiva que ya no se distinga entre los fuelóleos BIA, N° 1 y N° 2

(3) El PCI también se puede expresar en relación al volumen, siendo su valor de 38,97 GJ / miles m<sup>3</sup>N

(4) Para el paso de PCS a PCI en el gas natural se utiliza el factor de conversión de 0,902

**Tabla A8.8.- Sector: Ladrillos y tejas**

Combustible	Factor de emisión (kg CO <sub>2</sub> /GJ <sub>PCI</sub> )	Factor de oxidación implícito (1)	PCI (GJ/t)
Coque de petróleo (2)	98,3	0,99	32,5
Fuelóleo (3)	76	0,99	40,18
Gas natural (4) (5)	56	0,995	48,41

(1) Factor de oxidación implícito: valor ya incorporado en el factor de emisión

(2) Estos datos se han tomado de valores medios obtenidos a partir de información facilitada por OFICEMEN, principal sector consumidor de este combustible

(3) La limitación del porcentaje de azufre según el R.D. 287/2001, motiva que ya no se distinga entre los fuelóleos BIA, Nº 1 y Nº 2

(4) El PCI también se puede expresar en relación al volumen, siendo su valor de 38,97 GJ / miles m<sup>3</sup>N

(5) Para el paso de PCS a PCI en el gas natural se utiliza el factor de conversión de 0,902

**Tabla A8.9.- Sector: Azulejos y baldosas**

Combustible	Factor de emisión (kg CO <sub>2</sub> /GJ <sub>PCI</sub> )	Factor de oxidación implícito (1)	PCI (GJ/t)
Fuelóleo (2)	76	0,99	40,18
Gas natural (3) (4)	56	0,995	48,41
GLP genérico	65	0,99	45,5
Propano	63,6	0,99	46,2
Butano	66,2	0,99	44,78

(1) Factor de oxidación implícito: valor ya incorporado en el factor de emisión

(2) La limitación del porcentaje de azufre según el R.D. 287/2001, motiva que ya no se distinga entre los fuelóleos BIA, Nº 1 y Nº 2

(3) El PCI también se puede expresar en relación al volumen, siendo su valor de 38,97 GJ / miles m<sup>3</sup>N

(4) Para el paso de PCS a PCI en el gas natural se utiliza el factor de conversión de 0,902

**Tabla A8.10.- Sector: Pasta de papel, papel y cartoncillo**

Combustible	Factor de emisión (kg CO <sub>2</sub> /GJ <sub>PCI</sub> )	Factor de oxidación implícito (1)	PCI (GJ/t)
Hulla y antracita (2)	-	-	-
Lignito negro (2)	-	-	-
Coque de petróleo (2)	-	-	-
Fuelóleo (3)	76	0,99	40,18
Gasóleo	73	0,99	42,4
Gas natural (4) (5)	56	0,995	48,41
GLP genérico	65	0,99	45,5
Propano	63,6	0,99	46,2
Butano	66,2	0,99	44,78

(1) Factor de oxidación implícito: valor ya incorporado en el factor de emisión

(2) Valores específicos correspondientes a los centros de fabricación que utilizan estos combustibles

(3) La limitación del porcentaje de azufre según el R.D. 287/2001, motiva que ya no se distinga entre los fuelóleos BIA, Nº 1 y Nº 2

(4) El PCI también se puede expresar en relación al volumen, siendo su valor de 38,97 GJ / miles m<sup>3</sup>N

(5) Para el paso de PCS a PCI en el gas natural se utiliza el factor de conversión de 0,902

