
**INVENTARIO DE EMISIONES
DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DE ESPAÑA
AÑOS 1990-2007**

**COMUNICACIÓN A LA SECRETARÍA DEL CONVENIO
MARCO SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO**

**Ministerio de Medio Ambiente,
y Medio Rural y Marino**

Secretaría de Estado de Cambio Climático

Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental

**Subdirección General de Calidad del Aire
y Medio Ambiente Industrial**

Marzo de 2009

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.2
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.8
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	1.3
1.3 Proceso de elaboración del Inventario	1.8
1.4 Descripción general de las metodologías y las fuentes de datos utilizadas	1.18
1.5 Breve descripción de las fuentes clave	1.24
1.6 Información sobre el plan de control y garantía de calidad	1.31
1.7 Evaluación general de la incertidumbre	1.43
1.8 Evaluación general de la exhaustividad	1.46
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	2.7
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	2.17

3 ENERGÍA	3.1
3.1 Panorámica del sector	3.1
3.2 Producción de servicio público de electricidad y calor (1A1a)	3.11
3.3 Refinerías de petróleo (1A1b)	3.21
3.4 Transformación de combustibles sólidos y otras industrias energéticas (1A1c) ..	3.27
3.5 Combustión en la industria (1A4)	3.35
3.6 Tráfico aéreo nacional (1A3a)	3.45
3.7 Transporte por carretera (1A3b)	3.49
3.8 Tráfico marítimo nacional (1A3d)	3.66
3.9 Combustión en otros sectores (1A4)	3.70
3.10 Emisiones fugitivas – combustibles sólidos (1B1)	3.82
3.11 Emisiones fugitivas – petróleo y gas natural (1B2)	3.89
3.12 Industrias de la producción y transformación de energía (1A1)	3.105
3.13 Otras fuentes	3.108
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)	4.10
4.4 Producción de hierro y acero (2C1)	4.13
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)	4.34
4.9 Consumo de halocarburos y SF ₆ (2F)	4.36
4.10 SF ₆ en equipos eléctricos (2F8)	4.40
4.11 Otras fuentes	4.44
5 USO DE DISOLVENTES Y USO DE OTROS PRODUCTOS	5.1
5.1 Panorámica del sector	5.1
5.2 Uso de disolventes y otros productos (3)	5.3

6 AGRICULTURA.....	6.1
6.1 Panorámica del sector	6.1
6.2 Fermentación entérica en ganado doméstico- CH ₄ (4A)	6.7
6.3 Gestión de Estiércoles - CH ₄ (4B).....	6.15
6.4 Suelos Agrícolas - N ₂ O (4D)	6.21
6.5 Gestión de Estiércoles - N ₂ O (4B).....	6.31
6.6 Fuentes no clave.....	6.36
7 USO DE LA TIERRA, CAMBIOS DE USO DE LA TIERRA Y SILVICULTURA.....	7.1
7.1 Panorámica del sector	7.1
7.2 Sistemas forestales. Bosques (5A)	7.7
7.3 Cultivos agrícolas (5B).....	7.27
7.4 Pastizales (5C).....	7.30
7.5 Humedales (5D)	7.41
7.6 Asentamientos (5E)	7.42
7.7 Otras tierras (5F).....	7.44
7.8 Otros	7.45
7.9 Emisiones directas de N ₂ O por fertilizaciones de N en bosques y otros	7.45
7.10 Emisiones de gases distintos del CO ₂ por drenaje de suelos forestales y humedales	7.45
7.11 Emisiones de N ₂ O por alteraciones asociadas con conversión de otros usos de tierra a tierras agrícolas.....	7.45
7.12 Emisiones de CO ₂ por aplicación de enmiendas calizas en agricultura	7.45
7.13 Quema de biomasa.....	7.46
8 RESIDUOS.....	8.1
8.1 Panorámica del sector	8.1
8.2 Depósito en vertederos – CH ₄ (6A).....	8.5
8.3 Tratamiento de las aguas residuales de origen industrial y residencial-comercial – CH ₄ (6B)	8.18
8.4 Otras fuentes no clave	8.26

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.....	10.16
10.4 Realización de nuevos cálculos y mejoras previstas en el inventario.....	10.24
Anexo 1 Categorías clave	A1.1
Anexo 2 Metodología CO ₂ 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 Factores de emisión de CO ₂ y PCI de los combustibles.....	A8.1

UNIDADES Y CONVERSIONES

Sistema internacional de unidades

Potenciales de calentamiento atmosférico

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

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 2009 del Informe del Inventario Nacional (IIN) 1990-2007 de Gases de Efecto Invernadero (GEI) que España presenta a la Secretaría del Convenio Marco sobre Cambio Climático (SCMCC), en cumplimiento de lo establecido en la Decisión 14/CP.11 adoptada en la undécima Conferencia de las Partes (COP11) y que se refiere a las directrices para informes que quedaron plasmadas en el documento FCCC/SBSTA/2006/9. 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).

La información de 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 (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), hidrofluorocarburos (HFC); perfluorocarburos (PFC), y, hexafluoruro de azufre (SF_6). Adicionalmente, se presentan las emisiones estimadas de los tres gases siguientes con efecto indirecto sobre el calentamiento atmosférico: óxidos de nitrógeno (NO_x), monóxido de carbono (CO), compuestos orgánicos volátiles no metánicos (COVNM), así como de los óxidos de azufre (SO_x), en términos de masa de cada gas. Las absorciones por sumideros han sido estimadas con referencia al CO_2 fijado como carbono en los sistemas forestales y en los pastizales, incluyéndose asimismo las emisiones provenientes de los incendios forestales.

La edición actual del inventario actualiza, revisando en su caso, las estimaciones dadas para los años del periodo 1990-2006 en la edición anterior del inventario, al tiempo que extiende al año 2007 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: la propia revisión de las estadísticas y datos de base, 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 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 10¹ 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

¹ El informe no incluye un capítulo 9 "Otros", al no contar con un contenido específico para el mismo.

panorama general de la evolución de las emisiones a lo largo del período inventariado 1990-2007. 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 CO₂ 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 CO₂ de los combustibles, 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 incluidas 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 CO₂ 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 Derechos de Emisión.

En los subepígrafos RE.2, RE.3 y RE.4 siguientes 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.- Tendencias agregadas de emisiones y absorciones

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 CO₂-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)². El intervalo de años inventariado en esta edición se extiende desde 1990 a 2007. Como cifra de referencia (cifra de año base) para examinar la evolución temporal de las emisiones agregadas (sin contabilizar las emisiones/absorciones correspondientes a “Uso de la Tierra, Cambios del Uso de la Tierra y Silvicultura”) se toma la cifra oficialmente aprobada que sirve como base para el cálculo de la Cantidad Asignada a España para la valoración cumplimiento del compromiso del Protocolo de Kioto³. La cifra del año base fue fijada tras la verificación en el año 2007 de la edición de 2006 (serie 1990-2004) del inventario español por el equipo comisionado al efecto por la SCMCC⁴.

En la tabla RE.2.1 se muestran, tanto en términos absolutos (gigagramos de CO₂-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, Cambios del Uso de la Tierra y Silvicultura” que se computan separadamente). La representación gráfica del índice temporal se ofrece en las figuras RE.2.1 y RE.2.2, donde se muestran respectivamente el índice de evolución temporal y los porcentajes de variación interanual de las emisiones del agregado del Inventario. Se puede observar que las emisiones totales se sitúan en 2007 en un 52,6% por encima del año base, valor que se reduce a un 48,6% cuando se compara la media del último quinquenio, 2003-2007 con el mismo año base⁵. En conjunto, la evolución del índice ha venido marcada por un crecimiento sostenido en el periodo inventariado, excepción hecha de los años 1993, 1996 y 2006 en que se registran descensos respecto al año anterior.

² IPCC ha publicado en 2001 y 2007, respectivamente su Tercer y Cuarto Informe de Evaluación sobre Cambio Climático, en los que actualiza la estimación de los potenciales de calentamiento de los gases, pero estas actualizaciones no han tenido hasta ahora implicación para la evaluación de los compromisos ya adquiridos de reducción de emisiones por los países que han ratificado el Protocolo de Kioto.

³ La cifra exacta del año base tomada para el cálculo de la cantidad asignada (Año base PK) fue de 289.773.205,032 toneladas de CO₂-eq; y la cantidad asignada para el compromiso del cumplimiento del Protocolo de Kioto en el periodo 2008-2012 es de 1.666.195.929 toneladas de CO₂-eq

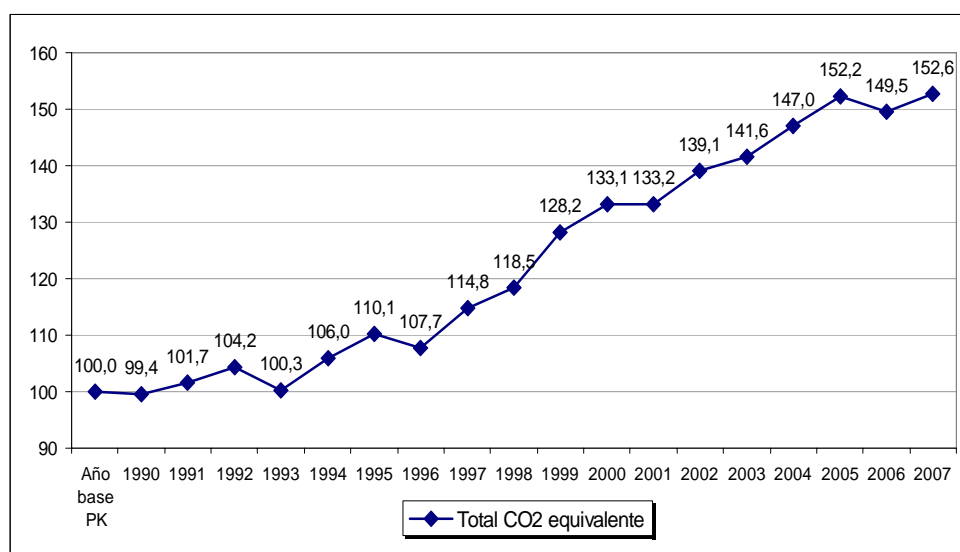
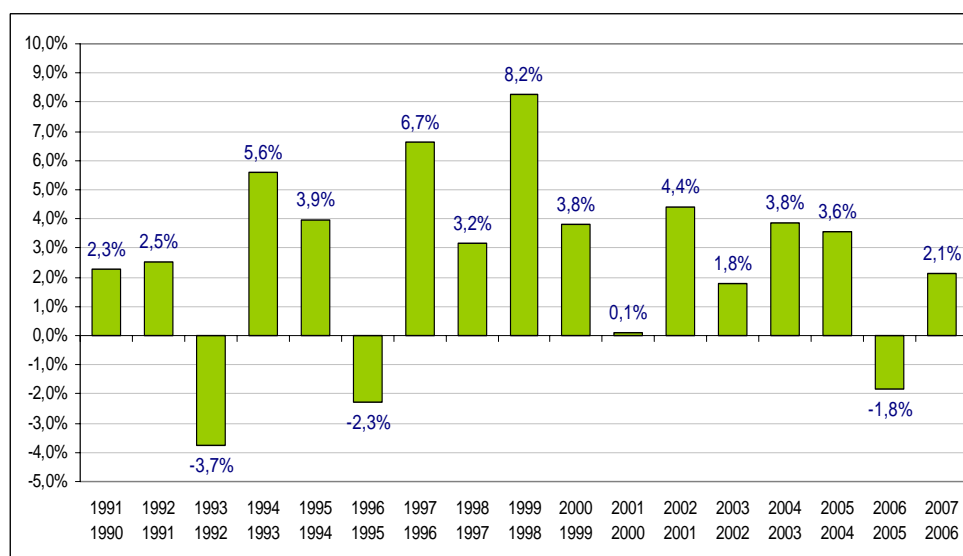
⁴ Para la estimación de la cifra del año base se tomó como referencia el año 1990 para el CO₂, CH₄ y N₂O y el año 1995 para los gases fluorados HFC, PFC y SF₆, por lo que el año base es en sí un híbrido de los dos anteriores y no corresponde a un año natural concreto.

⁵ La comparación de la media quinquenal 2003-2007 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.

Tabla RE.2.1.- Evolución del agregado de emisiones

Valores absolutos (Gg CO ₂ -eq)							
Año base PK	1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
289.773,21	288.134,66	319.165,94	410.257,65	426.018,47	441.150,50	433.069,76	442.321,56

Índice de evolución anual (año base = 100)								
Año base PK	1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007	Quinquenio 2003-2007
100	99.4	110.1	141.6	147.0	152.2	149.5	152.6	148.6

Figura RE.2.1.- Índice de evolución del agregado de emisiones**Figura RE.2.2.- Variación interanual (porcentaje)**

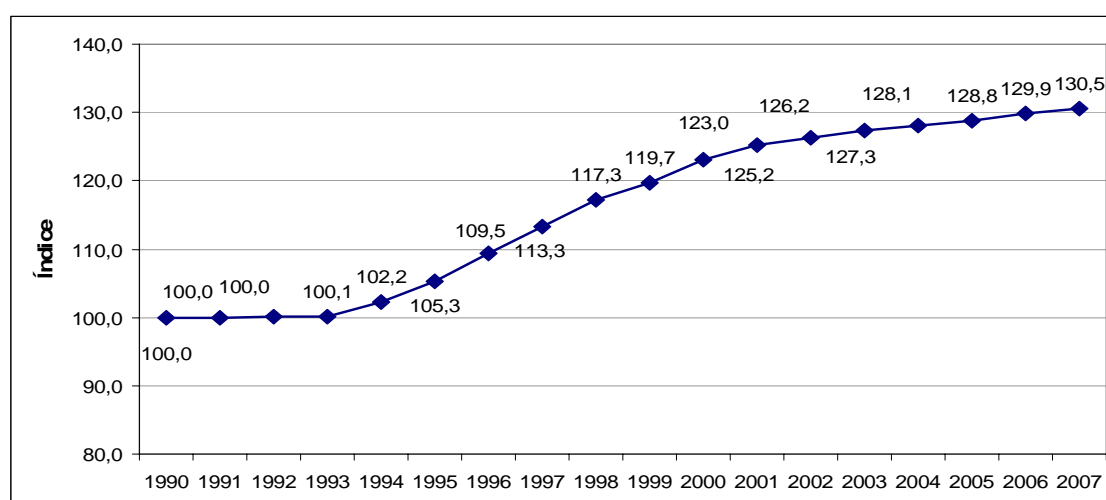
En la tabla RE.2.2 se muestran, en el bloque superior, los valores correspondientes a las absorciones netas de carbono, expresadas en Gg de CO₂ (mostradas con signo negativo) provenientes de las actividades de “Uso de la Tierra, Cambios del Uso de la Tierra y Silvicultura”; y en el bloque inferior, el índice de evolución temporal de estas absorciones tomando como base 100 el año 1990. La figura RE.2.3 muestra el gráfico de este último índice a lo largo de todos los años del periodo inventariado. De la observación de los datos anteriores se desprende que las absorciones netas de CO₂ se sitúan en 2007 en un 30,5% por encima del año 1990, frente al 28,9% de la media del último quinquenio, 2003-2007. En conjunto, la evolución del índice presenta tres periodos diferenciados: el correspondiente a los años 1990-1993 con una absorción constante anual determinada esencialmente por la parte de bosque que históricamente venía siendo bosque; el correspondiente a los años 1994-2001, en que al componente anterior se añade una significativa aportación de las tierras de cultivo que han sido reforestadas y una aportación menor, aunque aritméticamente creciente, de las tierras de cultivo convertidas a pastizal; En conjunto, la evolución del índice presenta tres periodos diferenciados: i) el correspondiente a los años 1990-1993 con una absorción constante anual determinada por la parte de bosque que históricamente venía siendo bosque; ii) el correspondiente a los años 1994-2001, en que al componente anterior se añade una significativa aportación de las tierras de cultivo que han sido reforestadas, y una aportación mucho menor, pero creciente aritméticamente, de las tierras de cultivo que pasan a ser pastizal; y iii) el periodo 2002-2007, en que se mantiene el ritmo de crecimiento de absorción de las tierras de cultivo que pasan a ser pastizal mientras se atempera la contribución más importante de las tierras de cultivo que pasan a ser bosque.

Tabla RE.2.2.- Evolución de las absorciones netas

Valores absolutos (Gg CO ₂ -eq)						
1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
21.479	22.615	27.346	27.518	27.675	27.908	28.035

Índice de evolución anual (año base = 100)							
1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007	Quinquenio 2003-2007
100,0	105,3	127,3	128,1	128,8	129,9	130,5	128,9

Figura RE.2.3.- Índice de evolución de las absorciones netas



RE.3.- 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 emisiones/absorciones que correspondan al sector "Uso de la Tierra y Cambios del Uso de la Tierra y Silvicultura" que se computan separadamente), para los seis grupos o especies ya indicados con efecto directo sobre el calentamiento: CO₂, CH₄, N₂O, HFC, PFC, y SF₆. En la parte superior de la tabla se muestran las emisiones en términos absolutos (Gg CO₂-eq); en la parte central las contribuciones porcentuales a las emisiones brutas totales de CO₂-eq del total del inventario; y en la parte inferior la evolución en términos del índice temporal (100 en el año 1990 para CO₂, CH₄ y N₂O; 1995 = 100 para los gases fluorados).

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

Cifras en Gg CO ₂ -eq							
GAS	1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
CO ₂	228.446,83	255.255,70	334.020,63	351.384,17	367.996,87	358.418,06	366.366,37
CH ₄	28.587,41	31.819,76	38.336,36	38.071,42	37.944,16	38.510,51	39.058,70
N ₂ O	27.747,40	26.504,20	32.392,92	31.356,97	29.687,34	30.020,30	30.470,38
HFC	2.403,18	4.645,44	5.032,78	4.679,87	5.006,09	5.549,63	5.837,02
PFC	882,92	832,51	267,31	272,04	244,41	247,63	249,12
SF ₆	66,92	108,34	207,66	254,00	271,63	323,62	339,97
TOTAL GASES	288.134,66	319.165,94	410.257,65	426.018,47	441.150,50	433.069,76	442.321,56

Porcentaje sobre el total de CO ₂ -eq del inventario							
GAS	1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
CO ₂	79,28	79,98	81,42	82,48	83,42	82,76	82,83
CH ₄	9,92	9,97	9,34	8,94	8,60	8,89	8,83
N ₂ O	9,63	8,30	7,90	7,36	6,73	6,93	6,89
HFC	0,83	1,46	1,23	1,10	1,13	1,28	1,32
PFC	0,31	0,26	0,07	0,06	0,06	0,06	0,06
SF ₆	0,02	0,03	0,05	0,06	0,06	0,07	0,08
TOTAL GASES	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Índice de evolución anual (año 1990 = 100; 1995 = 100 para los gases fluorados)							
GAS	1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
CO ₂	100,0	111,7	146,2	153,8	161,1	156,9	160,4
CH ₄	100,0	111,3	134,1	133,2	132,7	134,7	136,6
N ₂ O	100,0	95,5	116,7	113,0	107,0	108,2	109,8
HFC	51,7	100,0	108,3	100,7	107,8	119,5	125,7
PFC	106,1	100,0	32,1	32,7	29,4	29,7	29,9
SF ₆	61,8	100,0	191,7	234,4	250,7	298,7	313,8

Al efectuar el examen por tipo de gas, tabla RE.3.1, es de destacar el dióxido de carbono como componente dominante, con una ponderación en torno al 80% (rango entre 79,3 y 82,8). 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 9,9% al 8,8% y el óxido nitroso del 9,6% al 6,9% entre el año 1990 y el 2007. El conjunto de los gases fluorados se muestra con un rango de participación comprendida entre 1,0% (año 1991) y 2,3% (año 2000) a lo largo del periodo inventariado.

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 el cómputo de las emisiones/absorciones⁶ 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 CO₂-eq), en la parte central las contribuciones porcentuales a las emisiones brutas totales de CO₂-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 ₂ equivalente)							
SECTOR	1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
1. Procesado de la energía	212.465,02	240.705,53	314.441,60	331.500,24	347.308,80	337.170,02	345.391,32
2. Procesos industriales	26.314,29	27.411,17	32.722,32	32.860,15	34.321,67	35.007,86	34.852,48
3. Uso de disolventes y otros productos	1.387,85	1.343,58	1.596,23	1.517,91	1.481,74	1.517,27	1.674,20
4. Agricultura	40.330,18	39.877,02	48.323,12	47.191,80	44.878,13	45.817,68	46.425,65
6. Tratamientos y eliminación residuos	7.637,31	9.828,64	13.174,38	12.948,35	13.160,16	13.556,93	13.977,90
TOTAL SECTORES	288.134,66	319.165,94	410.257,65	426.018,47	441.150,50	433.069,76	442.321,56
5. Cambio uso suelo y silvicultura	-21.290,92	-22.456,81	-27.190,82	-27.392,72	-27.415,09	-27.344,98	-27.996,96
Contribución al total de CO ₂ -eq del inventario							
SECTOR	1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
1. Procesado de la energía	73,7	75,4	76,6	77,8	78,7	77,9	78,1
2. Procesos industriales	9,1	8,6	8,0	7,7	7,8	8,1	7,9
3. Uso de disolventes y otros productos	0,5	0,4	0,4	0,4	0,3	0,4	0,4
4. Agricultura	14,0	12,5	11,8	11,1	10,2	10,6	10,5
6. Tratamientos y eliminación residuos	2,7	3,1	3,2	3,0	3,0	3,1	3,2
TOTAL SECTORES	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Índice de evolución anual (año 1990 = 100)							
SECTOR	1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
1. Procesado de la energía	100,0	113,3	148,0	156,0	163,5	158,7	162,6
2. Procesos industriales	100,0	104,2	124,4	124,9	130,4	133,0	132,4
3. Uso de disolventes y otros productos	100,0	96,8	115,0	109,4	106,8	109,3	120,6
4. Agricultura	100,0	98,9	119,8	117,0	111,3	113,6	115,1
6. Tratamientos y eliminación residuos	100,0	128,7	172,5	169,5	172,3	177,5	183,0

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 73,7% del año 1990 al 78,1% en el año 2007. 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 distintos del CO₂, como es el caso del CH₄. En segundo lugar y a gran distancia de la Energía se sitúa el grupo Agricultura, con cuotas que

⁶ Los valores negativos reseñados pro-memoria del grupo Uso de la Tierra y Cambios del Uso de la Tierra y Silvicultura corresponden a absorciones netas de CO₂-eq (absorciones de CO₂ por fijación de carbono menos emisiones de CH₄ y N₂O en incendios forestales) de este grupo.

se sitúan en el 14,0% para el año 1990 y descienden al 10,5% en el año 2007. 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 9,1% en el año 1990 al 7,9% en el año 2007. El grupo Residuos muestra en conjunto una pauta creciente, aunque con oscilaciones, variando su contribución entre el 2,7% en el año 1990 y 3,2% en 2007, alcanzando cotas ligeramente mayores en años intermedios. Finalmente, el grupo Uso de Disolventes y Otros Productos presenta una contribución ya marginal que se sitúa entre el 0,3% y el 0,5% del total.

RE.4.- Tendencias de otros gases de efecto invernadero indirecto

En la tabla RE.4.1 se muestra la evolución de las emisiones estimadas de los gases de efecto invernadero indirecto (NO_x , CO, COVNM y 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 (año 1990 = 100).

Tabla RE.4.1.- Evolución de las emisiones de NO_x , CO, COVNM y SO_2

Valores absolutos (Gg)							
GAS	1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
NO_x	1.246,38	1.347,15	1.501,35	1.531,65	1.530,25	1.481,35	1.498,46
CO	3.884,78	3.477,20	2.831,58	2.693,71	2.556,76	2.538,32	2.555,24
COVNM	1.095,24	1.031,11	1.039,94	1.020,02	990,45	973,63	958,22
SO_2	2.166,84	1.781,91	1.266,80	1.309,89	1.265,93	1.161,52	1.156,03

Índice de evolución anual (año 1990 = 100)							
GAS	1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
NO_x	100,0	108,1	120,5	122,9	122,8	118,9	120,2
CO	100,0	89,5	72,9	69,3	65,8	65,3	65,8
COVNM	100,0	94,1	95,0	93,1	90,4	88,9	87,5
SO_2	100,0	82,2	58,5	60,5	58,4	53,6	53,4

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 2009 del Informe del Inventario Nacional (IIN) 1990-2007 de Gases de Efecto Invernadero (GEI) que España presenta a la Secretaría del Convenio Marco sobre Cambio Climático (SCMCC), en cumplimiento de lo establecido en la Decisión 14/CP.11 adoptada en la undécima Conferencia de las Partes (COP11) y que se refiere a las directrices para informes que quedaron plasmadas en el documento FCCC/SBSTA/2006/9. 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).

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 Convención 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 (DGCEA) 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. Por otra parte, el Artículo 27.4 de la Ley 34/2007 de 15 de noviembre, de Calidad del Aire y Protección de la Atmósfera establece que para la elaboración y actualización periódica del inventario el Gobierno desarrollará reglamentariamente un Sistema Español de Inventario (SEI) acorde con las directrices internacionales vigentes. Dentro de la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental es la Subdirección General de Calidad del Aire y Medio Ambiente Industrial la unidad que tiene asignada la realización del inventario y que procesa la información recogida de las distintas fuentes

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 (CO₂-eq) para cada una 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 (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hidrofluorocarburos (HFC), perfluorocarburos (PFC), y hexafluoruro de azufre (SF₆). Adicionalmente, se presentan las emisiones estimadas de los tres gases siguientes con efecto indirecto sobre el calentamiento atmosférico: óxidos de nitrógeno (NO_x), monóxido de carbono (CO), compuestos orgánicos volátiles no metánicos (COVNM), así como de los óxidos de azufre (SO_x), en términos de masa de cada gas para estas cuatro sustancias. Las absorciones por sumideros han sido estimadas dentro de la categoría 5 de

IPCC “Uso de la Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura” con referencia al CO₂ fijado como carbono en los sistemas forestales y en los pastizales, incluyéndose asimismo dentro de dicha categoría 5 de IPCC las emisiones de CH₄, N₂O, NO_x y CO provenientes de los incendios forestales.

Esta edición del inventario actualiza, revisando en su caso, las estimaciones dadas para los años del periodo 1990-2006 en la edición anterior, al tiempo que extiende al año 2007 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 esencial de información para el conocimiento del estado del medio ambiente y, el diseño y seguimiento de políticas y medidas medioambientales, y en particular de las referidas al medio atmosférico. Asimismo sirve de información de base para la elaboración de las cuentas ambientales del Instituto Nacional de Estadística y el Inventario está integrado dentro del Plan Estadístico Nacional con asignación de un número propio de operación estadística.

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

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none">- 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:<ul style="list-style-type: none">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 (y Decisión 2005/166/CE sobre sus procedimientos de aplicación) 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. |
|---|

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 los inventarios y su procedimiento de elaboración a un proceso continuo de mejora y reajuste conforme van evolucionando las directrices y metodologías exigidas en cada caso.

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, 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 han debido 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

España ha establecido el marco jurídico necesario para la puesta en marcha de los arreglos institucionales, jurídicos y de procedimiento necesarios, para poder cumplir las funciones previstas en aquellas directrices normativas de tal modo que se garantice la transparencia, coherencia, comparabilidad, exhaustividad y exactitud de los inventarios, habiendo asignado para ello los recursos correspondientes para la ejecución oportuna de todas esas funciones. Este marco jurídico (que se describirá con mayor detalle en la sección 1.2) puede sintetizarse, de acuerdo con lo ya mencionado en párrafos anteriores, en la aprobación, en los últimos años, de los siguientes instrumentos: Ley 34/2007 de Calidad del Aire y Protección de la Atmósfera (por el que se establece la obligación de elaborar y actualizar periódicamente un Sistema Español de Inventario), la Orden MAM/1444/2006 por la que se designa a la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental como Autoridad Nacional del Sistema de Inventario Nacional de Emisiones Contaminantes a la Atmósfera y el Acuerdo de Comisión Delegada del Gobierno para Asuntos Económicos (febrero de 2007) por el que se establecen los mecanismos de obtención de información para la aplicación en España del Sistema de Inventario Nacional de Contaminantes a la Atmósfera.

Además, aunque los requisitos fijados para la elaboración del SEI 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 SEI exclusivamente para la elaboración de los inventarios concernientes al Protocolo de Kioto sino que, por razones de coherencia, optimización de recursos y eficacia ha optado por desarrollar el SEI de forma 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

1.2.1.- 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. En el Plan Estadístico Nacional 2005-2008 se incluye, dentro del sector de medio ambiente y con el número de operación estadística 4710, el “Inventario de Emisiones de Contaminantes a la Atmósfera”. La inclusión del inventario de emisiones de contaminantes a la atmósfera como tal operación estadística conlleva: la obligación de aportar la información necesaria para su elaboración, con la salvaguarda del secreto estadístico y la garantía de continuidad del mismo en el marco del Plan Estadístico Nacional¹.

Respecto a la obtención de datos, la citada 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 exigencias, entre otras, de los compromisos internacionales asumidos, y en particular de los que atañen a 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.

Así, la DGCEA solicita a los Departamentos Ministeriales y organismos públicos con competencias sectoriales en actividades que generen emisiones de contaminantes a la atmósfera la información necesaria de conformidad con el procedimiento fijado en ese Acuerdo. Para ello, la DGCEA ha elaborado una Guía de Peticiones Institucionales (en adelante Guía) donde se especifica el tipo de datos a solicitar a los distintos Departamentos y organismos, a fin de que éstos incorporen a sus respectivos Planes Estadísticos los procedimientos pertinentes para disponer de la referida información. La citada Guía se revisa periódicamente, en particular cuando se produzcan cambios en la metodología de elaboración del Inventario o en los niveles de detalle que requieran actualizar las series temporales de datos, con el objeto de mantener la consistencia temporal.

1.2.2.- Entidad nacional única

De acuerdo con lo dispuesto en las directrices para los sistemas de inventarios nacionales, cada Estado debe designar una entidad nacional única que asuma la responsabilidad general del inventario. Aunque en España, y de acuerdo con lo ya referido en el párrafo anterior, ya existía un centro directivo encargado de realizar los inventarios, a fin de dar respuesta concreta a esta exigencia la ORDEN MAM/1444/2006 de 9 de mayo del Ministerio de Medio Ambiente 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 Contaminantes a la Atmósfera.

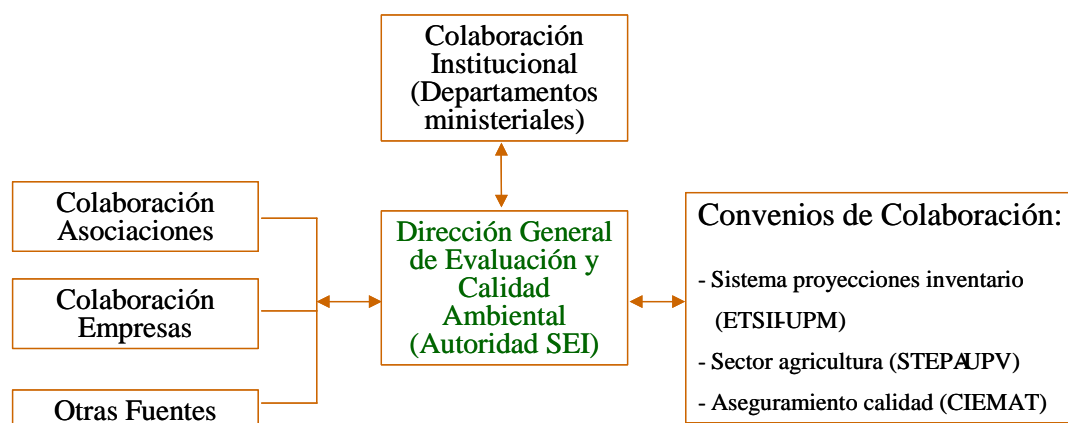
¹ La continuidad del Inventario como parte integrante del Plan Estadístico Nacional ya ha quedado recogida en el Real Decreto 1663/2008 por el que se aprueba el Plan Estadístico Nacional 2009-2012, en el que se asigna al Inventario el número de operación estadística 5713.

1.2.3.- Arreglos institucionales

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

La Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental es la Autoridad Nacional del Sistema de Inventario Nacional de Emisiones de Contaminantes a la Atmósfera (Orden MAM/1444/2006). Para el desarrollo de estas funciones, la DGCEA cuenta con la Asistencia Técnica AED-NDS-TWOBE que proporciona apoyo técnico en las tareas de ejecución material y en el desarrollo general del Inventario. La DGCEA ha establecido además para apoyar el desarrollo e implementación del SEI convenios de colaboración con diversas entidades, principalmente institutos de investigación y departamentos universitarios, entre los que cabe citar: ETSII-UPM² para el sistema de proyecciones del Inventario; STEPA-UPV³ para el sector agricultura; y CIEMAT⁴ para los procedimientos de garantía de calidad, y en especial en el sector energía⁵. En la figura 1.2.1 se presenta el núcleo de coordinación de recursos habilitados por la DGCEA para el SEI.

Figura 1.2.1.- Coordinación de recursos por DGCEA para el SEI



Asimismo, y en distintos contextos temáticos, se han creado grupos de trabajo con diversas entidades. Entre estos grupos de trabajo y foros de encuentro destacan, véase figura 1.2.2, los siguientes:

² Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales – Universidad Politécnica de Madrid

³ Sistemas y Tecnologías de la Producción Animal – Universidad Politécnica de Valencia

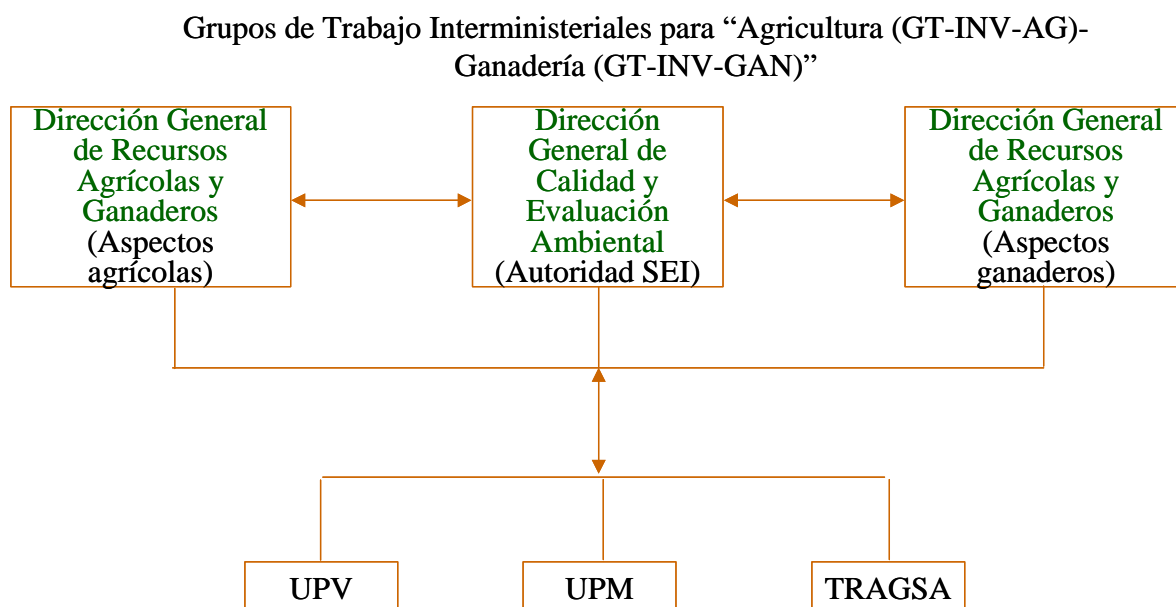
⁴ Centro de Investigaciones Energéticas Medioambientales y Tecnológicas

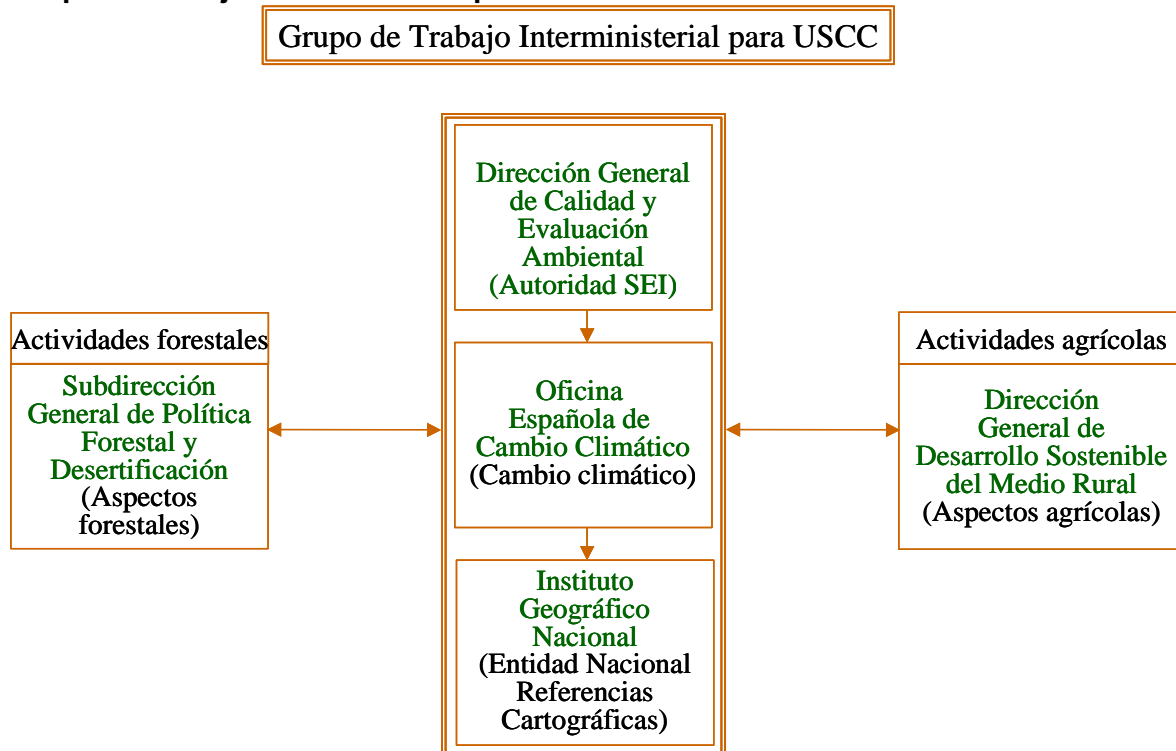
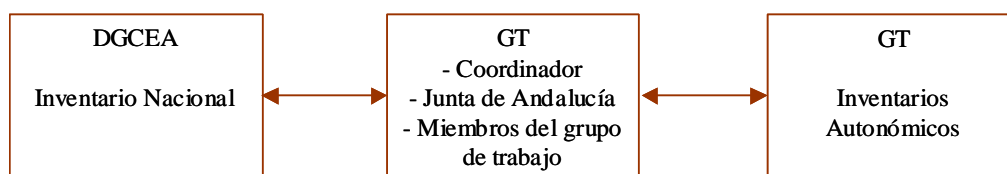
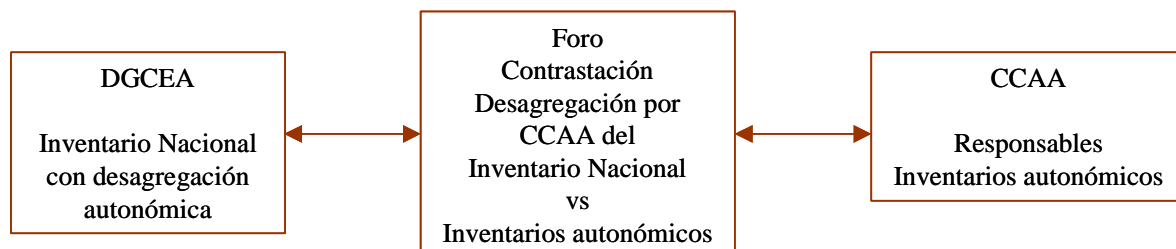
⁵ Convenio de colaboración con el CIEMAT vigente en los años 2007 y 2008.

- El de Agricultura (GT-INV-AG) y Ganadería (GT-INV-GAN) para tratar aspectos específicos de estos dos subsectores y compuesto por representantes del Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino, y la colaboración de expertos temáticos.
- El de Usos del Suelo y Cambio Climático (GT-USCC) para la mejora de las estimaciones del sector homólogo del CRF (Usos de la Tierra, Cambios de Usos de la Tierra y Silvicultura, con la colaboración del Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino, de Fomento, y la colaboración de expertos temáticos.
- El de coordinación de aspectos técnicos con las Comunidades Autónomas sobre elementos metodológicos y de información de base de los inventarios.
- El foro de nueva creación en el año 2008 para la contrastación de la desagregación por Comunidades Autónomas del Inventario Nacional, y en el que se realizan tanto reuniones sectoriales (para abordar temas específicos de un sector) como reuniones bilaterales (para abordar temas específicos de una Comunidad Autónoma). En estas reuniones participa tanto el equipo del inventario como los representantes del área de Inventarios de las Comunidades Autónomas.

Figura 1.2.2.- Grupos de trabajo y foros de encuentro

Grupos de trabajo interministeriales para “Agricultura (GT-INV-AG)-Ganadería (GT-INV-GAN)”

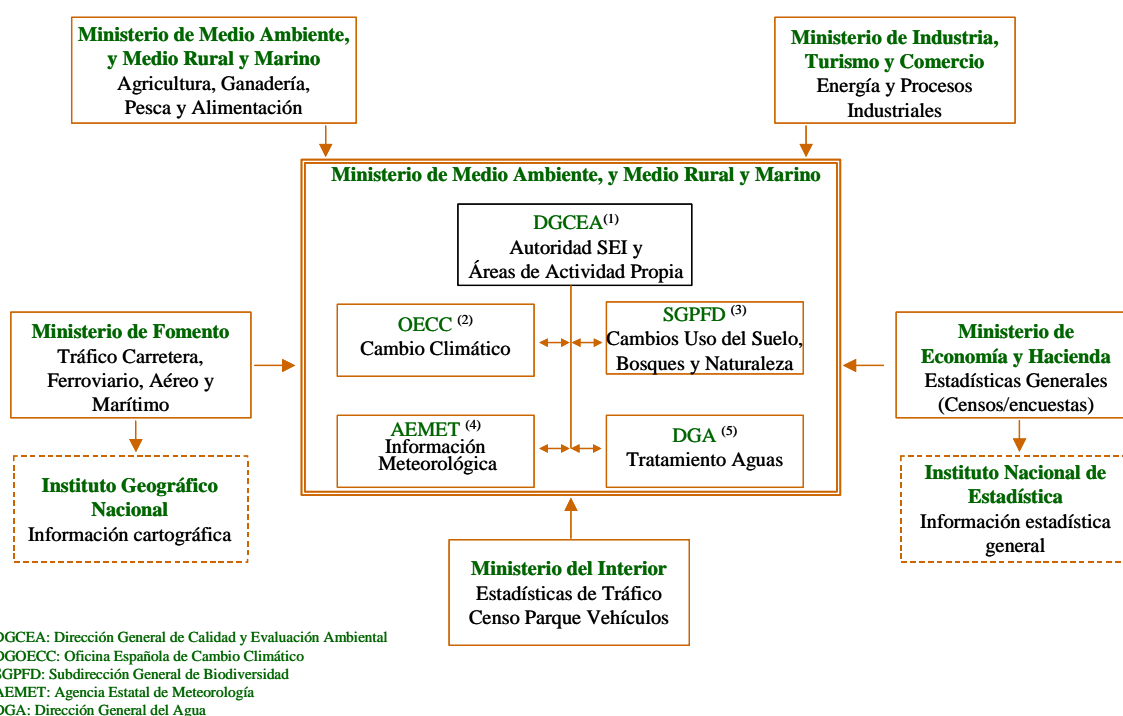


Grupo de trabajo interministerial para “Cambios de usos del suelo”**Grupo de Trabajo de Harmonización de Inventarios de CCAA con Inventario Nacional****Foro Contratación Desagregación por CCAA del Inventario Nacional vs Inventarios autonómicos**

En cuanto a la participación de departamentos ministeriales y, de acuerdo con lo referido en el epígrafe 1.1 España ha establecido los arreglos institucionales, jurídicos y de procedimiento necesarios para la puesta en marcha del Sistema Español del Inventario

(SEI) y, en este marco, se han establecido los mecanismos de flujos de información necesarios (variables de actividad, métodos, etc.) con los departamentos más relevantes tal y como se muestra en la figura 1.2.3 siguiente.

Figura 1.2.3.- Participación de departamentos ministeriales en el SEI



1.3.- Proceso de elaboración 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 de la Convenio Marco de Cambio Climático.

El proceso de elaboración del Inventario se desarrolla a lo largo de una serie de etapas en las que se incluyen: la identificación de categorías clave, la elección de métodos, la recopilación de información, el tratamiento de la información, la presentación de resultados y evaluación de incertidumbre, y la validación del Inventario. Estas etapas se describen en los subepígrafes siguientes.

1.3.1.- Identificación de categorías clave

El desarrollo de esta etapa tiene como objetivo primario establecer el orden de importancia relativa de las categorías de fuentes y sumideros por su contribución a las emisiones y absorciones del conjunto del inventario. Un objetivo ulterior es la ayuda a la asignación eficiente de recursos para la mejora de la exactitud y precisión del inventario

mediante la identificación y priorización del esfuerzo de mejora de la estimación sobre aquellas categorías, denominadas *categorías clave*⁶, con mayor influencia en el nivel absoluto o en la tendencia de las emisiones estimadas en el inventario, ponderando, cuando sea posible, dicho nivel o tendencia por la incertidumbre de la estimación de las emisiones de la categoría en cuestión.

Para la especificación en detalle del proceso y resultados de la identificación de categorías clave se remite a la sección 1.5 que figura más abajo en este mismo capítulo.

1.3.2.- Elección de los métodos para la estimación de las emisiones

El objeto de esta fase es la elección de los métodos que se van a emplear en el Inventario para la estimación de las emisiones en cada categoría de fuentes y de sumideros. Se incluyen dentro de esta etapa tanto la elección inicial, para una categoría no considerada con anterioridad, como la elección del método revisado, para aquellas categorías en que sobre un método existente se promueve un cambio metodológico. Los elementos a considerar en el proceso de decisión incluyen: el análisis previo de factibilidad sobre el conjunto de metodologías disponibles (disponibilidad de información requerida, practicabilidad efectiva de los algoritmos de estimación), y el análisis coste-eficacia entre los recursos requeridos (recursos de desarrollo, implementación y mantenimiento) y los beneficios en términos de previsión y exactitud asociados a esa metodología-categoría en el conjunto del Inventario.

Criterios de elección de métodos

El método de estimación de las emisiones depende de la naturaleza de la actividad considerada y, en este aspecto, muy especialmente de la consideración o no de la misma como categoría clave y de la disponibilidad de la información de base. La elección del método se orienta en cada caso a obtener el resultado más exacto y preciso de las emisiones de cada actividad examinada con un plan de mejora progresiva a lo largo del tiempo, yendo a enfoques (tiers) cada vez más avanzados.

Para la elección de los métodos de estimación de las emisiones se siguen las principales fuentes de referencia generales, como son las Guías de IPCC, el Libro Guía EMEP-CORINAIR, Guía AP-42 de EPA-EEUU, otras fuentes de referencia más secundarias, y, por supuesto, las metodologías nacionales (tiers avanzados con especificidades nacionales) que se consideren un avance sobre las expuestas en aquellas referencias generales.

⁶ La Guía de Buenas Prácticas 2000 de IPCC define una categoría como clave si tal categoría (fuente emisora o sumidero) puede ejercer una influencia significativa en la estimación global del inventario, ya sea en valor absoluto o en la tendencia de la serie.

Tipología de los métodos

La elección de la metodología se ajusta a alguno de los tipos establecidos en la siguiente clasificación de métodos:

- I) Métodos basados en datos de emisiones observadas
 - a. Medición continua
 - b. Medición a intervalos periódicos
- II) Métodos basados en procedimientos de cálculo
 - a. Balance de materiales
 - b. Modelización/correlación
 - c. Factor de emisión

Revisión de metodologías

Se realiza un examen de metodologías centrado principalmente en las que, estando asociadas a categorías principales, sean candidatas prioritarias a una mejora en su enfoque (avance de nivel). Para las categorías no-clave se establece un plan de examen rotatorio de forma que en un ciclo trienal se haya analizado el potencial de mejora metodológica de todas ellas.

1.3.3.- Recopilación de datos

El objeto de esta fase es la recopilación de los datos requeridos sobre parámetros y variables de actividad, de la información sobre algoritmos y factores de emisión, y, en su caso, sobre emisiones medidas o estimadas, y, en general de la información necesaria para la aplicación de los métodos seleccionados según actividad.

Para la recopilación de datos de actividad se parte de:

- La nomenclatura de actividades y contaminantes y de la elección del método de estimación de las emisiones.
- La identificación de entidades o fuentes de información relacionadas con cada actividad de la nomenclatura.

A cada entidad suministradora de información se le asocia un contenido de petición que cubre variables y parámetros de actividad y, eventualmente, una especificación de los métodos para la estimación de las emisiones.

El proceso de recopilación de datos se realiza siguiendo los pasos siguientes:

- Identificación de los proveedores de información según actividad.

- Comprobación y revisión en su caso de los datos de contacto.
- Definición de solicitudes.
- Lanzamiento y seguimiento de solicitudes.
- Recepción de respuestas a las solicitudes.

Identificación de los proveedores de información

El primer paso es la actualización de los datos obtenidos en ediciones anteriores del Inventario de los proveedores de información clasificados por grupo SNAP. Se solicita a las diversas instituciones con competencia en la materia de cada actividad que informen de las altas, bajas o modificaciones producidas durante el año en las entidades, empresas, plantas, etc. que pertenecen o están vinculadas a cada institución.

Comprobación de datos

Una vez obtenido el listado de proveedores de información, se realiza una comprobación de los datos de contacto de dichos proveedores. Dicha comprobación se efectúa mediante un seguimiento telefónico, con el fin de verificar los datos de contacto (persona/s de contacto, correo electrónico, correo postal) de los proveedores de información del Inventario.

La información de datos de contacto se introduce en la base de datos auxiliar *Estado de las Fuentes Documentales del Inventario* (EFDI). En dicha base de datos se recoge el histórico de los datos, se anotan y comentan las modificaciones experimentadas en las empresas, asociaciones y organismos públicos, manteniendo siempre la información correspondiente a ediciones anteriores del Inventario, garantizando así su control, principio en el que se basa el sistema de obtención de datos.

Definición de solicitudes

Una vez actualizado el listado de proveedores de información del Inventario y los datos de contacto de los mismos, se realiza un análisis sobre la documentación que se debe solicitar a cada proveedor de información (cuestionario a cumplimentar, publicación especial).

Para los proveedores que colaboraron en la edición anterior del Inventario, se revisan las solicitudes de información enviadas en dicha edición, realizando en cada caso las modificaciones pertinentes. Para los nuevos proveedores de información se analiza la información a solicitar y se desarrolla un formulario nuevo si el contenido de la información a solicitar no encaja en alguno de los tipos de formularios ya existentes.

La solicitud de información consta generalmente de una carta (en la que se solicita la colaboración del proveedor y se explica el contenido del envío) y de uno o varios anexos (cuestionario a cumplimentar, plantillas de recogida de datos) habitualmente diseñados en

ficheros EXCEL o WORD. En otros casos, se solicitan en la propia carta (sin anexos) los datos o publicaciones del organismo al que se dirige la petición de información.

Lanzamiento y seguimiento de solicitudes

Una vez identificadas las entidades y la información que se debe solicitar a cada una de ellas, se cursan las peticiones de información.

Estas peticiones se envían, a las personas de contacto identificadas en la etapa de comprobación de datos de contacto, realizando un doble envío de cada petición, por correo postal (envío de la carta de solicitud firmada por el Director de la DGCEA, lo que da carácter oficial a la petición) y por correo electrónico (envío de la carta y los anexos de información solicitada lo que permite una mayor agilidad y eficacia en la preparación de la respuesta por el destinatario de la solicitud como en su procesamiento posterior en la DGCEA)

La base de datos EFDI recoge la relación de información solicitada a cada, fecha de envío y fecha límite de recepción de la respuesta, por actividad SNAP y para cada edición del Inventario.

Se realiza un seguimiento continuado del estado de situación de las peticiones con ayuda de la base de datos EFDI, mediante un sistema de alertas se lanzan en su caso recordatorios si pasan determinadas fechas, y finalmente se cierra la gestión de las peticiones tramitadas señalándolas según sea el caso con las etiquetas de “finalizada” o “pendiente”.

En el caso de que en el plazo indicado, en la carta de solicitud, para la recepción de la respuesta no se hubiera recibido la información por parte del proveedor, se procede al recordatorio, mediante contacto telefónico y envío de correo electrónico, de la necesidad de disponer de dicha información, recalcando la “obligatoriedad” del organismo, asociación, empresa, etc. de remitirla a la mayor brevedad posible.

Recepción de solicitudes

Sobre los envíos recibidos, se hace un examen formal externo con el fin de detectar posibles omisiones o carencias que en su caso motivarán un bucle hacia el sistema de lanzamiento de peticiones con el objetivo de subsanar esas deficiencias. A continuación, se realiza la recepción de información, y se notifica a las entidades que la han facilitado acuse de recibido de la misma, así como que se va a realizar una validación preliminar de los datos facilitados, que se completará con los tests posteriores que se realicen en la etapa de tratamiento de los datos. Alternativamente, para las entidades que no hayan facilitado en plazo la información solicitada, se hará una notificación de carencia de información para ser procesada en la edición en curso.

La base de datos EFDI recoge todo el proceso de envío y recepción de solicitudes para cada edición del Inventario asegurando su trazabilidad.

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 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 comprende 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 empresa que presta 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.

1.3.4.- Tratamiento de los datos

El objeto de esta etapa es el desarrollo, implantación y mantenimiento de los algoritmos de estimación de las emisiones en concordancia con los métodos elegidos y la información sobre variables de actividad y parámetros y otras especificaciones de proceso recogidas en la recopilación de datos.

Esta fase engloba la integración de los datos de base con los métodos de estimación de emisiones para la aplicación de los procedimientos de cálculo de las tales emisiones.

Los datos de actividad, factores de emisión y procedimientos de cálculo están implementados en la base de datos ORACLE del Inventario donde se gestiona el tratamiento de los datos y se genera la estimación de las emisiones. Sin embargo, existen procedimientos de cálculo previos que se realizan en módulos externos a la base de datos, y

que mayoritariamente están soportados en herramientas del tipo hojas de cálculo y bases de datos auxiliares⁷.

Dentro de esta fase se engloba también el tratamiento de datos que supone el replanteamiento de metodologías y los nuevos cálculos.

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.

Base de datos: contenidos de información

La información de base obtenida de los proveedores se representa y archiva en la base de datos ORACLE del Inventario realizando los pasos siguientes:

- Ampliación, si es preciso, del esquema relacional con la representación de los nuevos conjuntos de datos recibidos.
- Verificación e integración de los datos en la base de datos:
 - Aplicación de los criterios de coherencia interna de los datos de cada bloque de datos. Se identifican las ausencias de información, se detectan los datos anómalos (erróneos o sospechosos de serlo), y se establece comunicación con el proveedor con el objetivo de conseguir la información ausente, y de diagnosticar la información identificada como anómala, y de corregir la información errónea.
 - Aplicación de los criterios de coherencia de los conjuntos de datos proporcionados por los distintos proveedores. Se identifican los conjuntos de datos potencialmente incompatibles y se establece comunicación con los proveedores con el objetivo de resolver las contradicciones aparentes.
 - Integración en la base de datos de la información validada.

⁷ En la aplicación práctica los más frecuentemente utilizados son hojas de cálculo EXCEL y bases de datos ACCESS.

Base de datos: algoritmos de cálculo

Se representan en la base de datos ORACLE del Inventario mediante consultas y procedimientos almacenados los algoritmos de estimación de emisiones que llaman a su vez a las variables, parámetros y factores de emisión seleccionados en la etapa de elección y desarrollo de los métodos.

Estimación de las emisiones

Previa a la estimación final de las emisiones, se realiza una estimación preliminar de las emisiones anuales por sectores y subsectores de categoría de actividad y sustancia (gas). Sobre estas estimaciones previas, se contrastan a lo largo de los años del periodo inventariado las contribuciones por sector/subsector al total de las emisiones de cada sustancia y para cada sector/subsector las tasas de variación interanuales, todo ello con el fin de detectar posibles anomalías.

En caso de detectar anomalías, se investiga el origen de las mismas, y se resuelven los posibles errores identificados.

Una vez resueltos los errores identificados, se realiza la estimación final de las emisiones de acuerdo con las diversas nomenclaturas de actividades y en todos los formatos requeridos de presentación del Inventario, formato base SNAP, Formato CRF, Formato NFR.

Identificación y registro de nuevos cálculos

La identificación y registro de nuevos cálculos y/o replanteamiento de metodologías se realiza en la aplicación auxiliar *Revisión Metodologías y Nuevos Cálculos* diseñada para tal efecto.

En el proceso de preparación del Inventario, durante la etapa de elección de los métodos, se revisa la metodología empleada en la edición anterior del Inventario. Dicha revisión puede llevar al replanteamiento de la metodología empleada para alguna de las actividades del Inventario. Los replanteamientos de metodologías pueden dar lugar a la realización de nuevos cálculos que pueden afectar a toda o parte de la serie temporal. Por otra parte, pueden originarse nuevos cálculos como consecuencia de la actualización de datos de base (nueva información disponible o subsanación de errores advertidos).

En la aplicación antes mencionada, se registran tanto los replanteamientos de metodologías que dan lugar a nuevos cálculos como los propios nuevos cálculos a realizar sobre los datos de emisiones de la serie temporal afectada, indicando el origen de la propuesta (verificación interna o notificación externa), motivo (corrección de error, cambio de metodología, cambio factor de emisión/algoritmo, cambio variable de actividad, cambio categoría fuente), la discusión planteada para la aceptación o no de la implantación del nuevo cálculo, el replanteamiento formulado, los aspectos afectados (aspectos horizontales, grupo/s, subgrupo/s, o actividad/es SNAP afectadas), sustancias afectadas, ítems afectados (variables de actividad, algoritmos de estimación, emisiones) y años afectados.

En el capítulo 10 del NIR “10.- Nuevos cálculos y mejoras” se describen los nuevos cálculos aplicados en el Inventario nacional de emisiones. En dicho capítulo se analizan los siguientes apartados:

- Explicación y justificación de los nuevos cálculos.
- Implicaciones en los niveles de emisión.
- Implicaciones en las tendencias de las emisiones.
- Realización de nuevos cálculos y mejoras previstas en el Inventario (análisis por categorías afectadas).

1.3.5.- Elaboración de tablas de resultados e informes

El objeto de esta fase es la elaboración de informes y tablas de resultados de emisiones de contaminantes a la atmósfera requeridos por los diversos foros a los que el SEI debe informar buscando el mejor balance entre exactitud y precisión, por un lado, y recursos disponibles, por otro, conforme a los criterios de forma, contenido y plazo exigidos.

Cada tipo de informe generado, según sus especificaciones particulares, es registrado y archivado convenientemente.

A continuación se presenta el detalle de informes y tablas de resultados generados:

A) Informe sobre emisiones de gases de efecto invernadero

- Informe anual a la Comisión de la Unión Europea
- Informe anual a la Secretaría de la Convención Marco sobre Cambio Climático

Estos informes contienen:

- Emisiones antropogénicas de CO₂, CH₄, N₂O, HFC, PFC y SF₆ (año x-2)
- Datos provisionales CO, SO₂, NO_x y COVNM (año x-2 y definitivos x-3)
- Emisiones y absorciones de usos y cambios de usos en suelos (año x-2)
- Descripción de metodologías y fuentes de datos utilizados (Anexo I Decisión. 2005/166/CE)
- Información sobre el plan de control de calidad y de garantía de calidad
- Evaluación de la incertidumbre
- Descripción e interpretación de tendencias
- Medidas para mejorar las estimaciones

- Información de los indicadores
- Modificaciones sistema nacional
- Presentación datos CRF (Common Reporting Format) + NIR (Informe Nacional de Inventario)

B) Informe para la Directiva de Techos Nacionales de Emisión

- Comunicación anual a la Comisión de la Unión Europea
 - Emisiones antropogénicas SO_x, NO_x, COVNM y NH₃
 - Metodología EMEP/CORINAIR
 - Presentación de los datos en tablas NFR (Nomenclature for Reporting) con especificidades sectoriales y territoriales

C) Informe al Convenio de Ginebra y al Programa EMEP

- Informe anual a la Comisión Económica para Europa de Naciones Unidas. Programa EMEP
 - Emisiones antropogénicas SO_x, NO_x, COVNM, NH₃, CO, Material particulado, metales pesados y contaminantes persistentes. Desglose por focos puntuales y desagregación por malla EMEP
 - Metodología EMEP/CORINAIR
 - Presentación de los datos en tablas NFR

En esta fase se realiza el control de las interfaces de la base de datos con los formularios de presentación de las tablas e informes, y se contrastan las variaciones originadas por las revisiones metodológicas y nuevos recálculos efectuados en las sucesivas ediciones de los Inventarios.

1.3.6.- Aprobación del inventario

Por lo que se refiere a la aprobación del inventario, según lo dispuesto en el Acuerdo de la Comisión Delegada del Gobierno para Asuntos Económicos citada más arriba, el Ministerio de Medio Ambiente debe presentar anualmente la propuesta de inventario a dicha Comisión para su aprobación.

Una vez aprobado el Inventario de Emisiones de Contaminantes a la Atmósfera, los informes y datos del Inventario en las formas de presentación requeridas en cada caso, se hacen públicos y se envían a los organismos internacionales, a través de los puntos focales nacionales ante las secretarías de las distintas convenciones internacionales pertinentes, así como, en su caso, a la Comisión Europea a través de la Representación Permanente de España ante la Unión Europea.

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 2009 a los principios que deben tenerse en cuenta en la elaboración de los inventarios según figuran expuestos en el documento FCCC/SBSTA/2006/9 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 1990-2007 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 (Manual de Referencia 1996 IPCC), y con la "Guía IPCC de Buenas Prácticas para la Elaboración de los Inventarios", editada en 2000 (Guía de Buenas Prácticas 2000 IPCC), 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 (Guía de Buenas Prácticas LULUCF 2003 IPCC). Las emisiones y absorciones ahora estimadas por tipo de gas han sido expresadas en términos de CO₂-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 2008 que abarcaba el período 1990-2006. Esta revisión, cuya cuantificación se presenta en el capítulo 10 de este informe (IIN) y en las tablas 8(a) y 8(b) 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 2007 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 CO₂ 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, y que afecta en consecuencia a la estimación del consumo de combustibles utilizados sin fines energéticos en el sector "Procesos Industriales", ha sido contrastada con la información de los años disponibles del Balance Energético Nacional según aparece en las publicaciones "Energy Balance Sheets" de EUROSTAT y "Energy

Statistics” de la Agencia Internacional de la Energía y ha sido además revisada con información específica a nivel de planta en un conjunto de grandes focos puntuales (principalmente del sector químico). Las emisiones de CO₂ 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 CO₂. 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 CO₂ derivadas de los procesos de combustión.

Asimismo se han efectuado cambios, manteniendo igualmente el principio de coherencia temporal, en el sector “Agricultura”, en lo referente a las superficies de cultivo y número de animales, y en el sector “Residuos”, en lo referente a las cantidades de residuos depositadas en vertedero y al biogás generado y captado, en los vertederos que realizan captación de biogás.

Estos y otros aspectos relacionados con la coherencia temporal de las actividades y sus emisiones estimadas 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 las salvedades de que: i) en la categoría de “Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura”, aunque se ha estimado la serie temporal completa de superficies y cambios de superficies entre categorías de uso del suelo, no se han podido estimar los flujos de emisión y absorción de todas las subcategorías de las categorías 5B a 5E, y ii) para los gases fluorados (HFC, PFC, SF₆) 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 1990-2007.

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 Español de Inventario.

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 CO₂, 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 CH₄ y N₂O 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 SO₂ y NO_x de los Grandes Focos Puntuales.
- Estimaciones basadas en balance de masas, caso principalmente del SO₂ 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 CO₂ en los procesos (no combustivos) de transformación de combustibles, principalmente en coquerías y refino de petróleo.
- Emisiones de CH₄ en la minería y uso del carbón.
- Emisiones de CH₄, COVNM, y CO₂ 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 CH₄ 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 (CO₂, CH₄, N₂O) procedentes de las actividades de este sector se han estimado siguiendo la metodología IPCC. En el caso importante de las emisiones de CO₂, originadas en los procesos de descarbonatación, 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 SF₆), 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-152a; HFC-227ea, HFC-236fa dentro del grupo de los HFC;
- CF₄; C₂F₆; C₃F₈; C₄F₁₀; dentro del grupo de los PFC; y
- SF₆

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, de EGTEI-CLRTAP/EMEP e IIASA-RAINS.

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 CH₄ 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 CH₄ y N₂O 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 CH₄ en el cultivo del arroz.
- En el caso de las emisiones de N₂O 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 CH₄, CO, N₂O y NO_x, utilizando la metodología IPCC; y b) para el SO_x 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_x de suelos se ha utilizado la metodología EMEP/CORINAIR al no disponerse de una alternativa en IPCC.

Uso de la tierra, cambio de Uso de la tierra y silvicultura

La estimación de las captaciones netas de CO₂ por los sistemas forestales, recogidas en la categoría 5A del FCI, se ha realizado siguiendo la metodología de la Guía de Buenas Prácticas IPCC de 2003, con información de base tomada esencialmente del Segundo y Tercer Inventario Forestal Nacional y de los Mapas de Cultivos y Aprovechamientos, Mapas Autonómicos y Mapa Forestal Nacional. Las estimaciones realizadas incluyen las subcategorías siguientes: i) bosque que permanece como bosque, y ii) cultivos que pasan a bosque. En la misma categoría 5A se han incluido las emisiones de gases distintos de CO₂ originados en los incendios forestales. En la categoría 5C "Pastizales" se han estimado las captaciones de carbono por las tierras de cultivo que pasan a pastizales. En lo que concierne a la elección de parámetros requeridos por los algoritmos de estimación, se ha recurrido al uso de valores nacionales, cuando se ha dispuesto de información contrastada específica nacional y, en caso contrario, se han utilizado los valores por defecto recomendados en la Guía de Buenas Prácticas IPCC de 2003.

Por lo que se refiere a la estimación de la serie temporal de superficies por categorías de usos del suelo y cambios de superficie entre dichas categorías, se ha utilizado la información de base de CORINE-LANDCOVER (años de referencia 1990 y 2000) y el Mapa Forestal Español escala 50.000 (EMF-50). Sobre esta información de base se ha trabajado con las herramientas propias de un sistema de información geográfica.

Residuos

Las emisiones de CH₄ y N₂O, 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. En el caso de los vertederos controlados que realizan captación de biogás se ha recogido (mediante cuestionario individualizado) y procesado la información a nivel de planta⁸. Por lo que se refiere a las actividades de tratamiento de las aguas residuales urbanas e industriales, se han seguido también las guías IPCC para la estimación de las emisiones de CH₄ 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 N₂O 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/CORINAIR⁹.

⁸ Cuando el biogás captado en estos vertederos se valoriza energéticamente la estimación de las emisiones se incluye en la categoría IPCC 1A1a del sector "Energía".

⁹ Cuando se realiza valoración energética de los residuos incinerados la estimación de las emisiones se incluye en la categoría IPCC 1A1a del sector "Energía".

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 CO₂, 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: búnkeres marinos internacionales y la navegación aérea internacional.

1.5.- Breve descripción de las categorías 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 garantía 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 categorías clave o prioritarias.

La identificación de fuentes clave se ha realizado, en primer lugar, para el conjunto de categorías del inventario con exclusión de las correspondientes al sector de “Usos de la tierra, cambios de usos de la tierra y silvicultura (cuyos acrónimos son: UTCUTS en español y LULUCF en inglés) y, en segundo lugar, se han considerado adicionalmente, pero por separado de las anteriores, las categorías clave correspondientes a las actividades de UTCUTS¹⁰.

En este sentido, la Guía de Buenas Prácticas 2000 IPCC define una categoría 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 o sumidero puede ejercer sobre la incertidumbre de la estimación global del

¹⁰ En la Guía de Buenas Prácticas LULUCF 2003 IPCC se establece ya la distinción entre “categoría clave” y “fuente clave”. El primer término es más comprensivo que el segundo, pues incluye tanto “fuentes” como “sumideros”, mientras el segundo sólo se refiere a las fuentes emisoras. Esta distinción se ha mantenido en la Guía 2006 IPCC, pero no figuraba en las guías anteriores de IPCC.

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 categorías clave se ha realizado con el enfoque de nivel 1.

Cuando se usa ese primer enfoque debe distinguirse entre la identificación de una categoría 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 éstas en sentido de contribución decreciente (en términos de emisiones de CO₂-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 inventario¹¹. 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 tendencia¹². En la identificación de las categorías del sector UTCUTS se han aplicado las especificidades establecidas en la Guía de Buenas Prácticas LULUCF 2003 IPCC con relación a las métricas de valor absoluto y de tendencia (ecuaciones 5.4.1 a 5.4.3)

Además de la calificación, según proceda, de una categoría 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 categorías que, adicionalmente a los criterios

¹¹ 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.

¹² 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

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

0 es aquí el “año de referencia 90/95”, i.e. 1995 para los compuestos fluorados y 1990 para el resto de contaminantes, de la edición actual del inventario. Se reserva el término “año base” para referirse al año de referencia 90/95 de la edición 2006, serie 1990-2004, del inventario, edición verificada en 2007 por el equipo comisionado al efecto por la SCMCC y en la que quedó fijada la Cantidad Asignada que se tomará como referencia para evaluar el cumplimiento, por parte de España, de su compromiso con el Protocolo de Kioto en el periodo 2008-2012.

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 donde, además, es presumible que se registre una expansión en el futuro a medida que los HFC desplazan en el uso a otras clases de gases, tales como CFC y HCFC, según estas últimas clases de gases finalizan sus periodos de posibilidad de utilización;
- las emisiones de N₂O del tráfico, en las que se ha constatado que existe una amplia variabilidad en los factores de emisión implícitos en las comparaciones entre países, y dado que la cuantía de estas emisiones depende, de manera sensible, de las estimaciones de la composición del parque circulante según categorías y tecnologías (edades) de los vehículos;
- la asignación de consumos de combustibles a las actividades militares y el encuadre de tales consumos dentro del balance de combustibles del inventario nacional;
- la determinación de la contribución en los tráficos aéreos y marítimo del segmento doméstico respecto al tráfico total (doméstico más internacional), dado que en el caso del inventario español el porcentaje de combustible atribuido al tráfico doméstico aéreo es notablemente superior al porcentaje estimado mediante el uso de modelos de tráfico, como es el caso del modelo PAGODA desarrollado por EUROCONTROL.

Estas actividades serán objeto de investigación especial en las próximas ediciones del inventario.

Volviendo a la identificación cuantitativa de categorías clave, puede decirse que los criterios adoptados en la presente edición responden a los principios establecidos en la Guía de Buenas Prácticas 2000 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 categorías clave, con el objetivo de permitir un análisis más pormenorizado de actividades significativas del inventario, los siguientes:

- Las emisiones de CO₂ por combustión dentro del Sector Energía (excluyendo las originadas por transporte) se han desglosado cruzando el grupo de combustible, según clasificación en grandes categorías: sólidos, líquidos, gaseosos y otros, con las siguientes subcategorías: centrales térmicas (1A1a), refinerías de petróleo (1A1b), transformación de combustibles sólidos (1A1c), sector industria (1A2) y otras fuentes (1A4). De forma análoga las emisiones de CH₄ y de N₂O se han discriminado por grupo de combustible y fuente de actividad emisora, estableciendo en este caso las siguientes subcategorías: generación de energía y transformación de combustibles (1A1), sector industria (1A2) y otras fuentes (1A4).

- Dentro del tráfico por carretera, las emisiones de CO₂ se han desagregado en función del tipo de combustible, analizando por separado las emisiones asociadas a vehículos diesel de las emisiones correspondientes a vehículos 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, CO₂ y CH₄.
- Para asegurar un análisis exhaustivo del inventario se ha ampliado el índice de categorías expuestas en la tabla 7.1 de la Guía de Buenas Prácticas 2000 IPCC adaptándola a la relación de fuentes emisoras nacionales de contaminantes con poder de calentamiento atmosférico. 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 CO₂
 - Otros procesos industriales, donde se excluyen la producción de cemento (2A1), cal (2A2), dolomita y piedra caliza (2A3), y siderurgia (2C1), por el gas CO₂
 - Consumo de halocarburos y SF₆ (2F) por los gases HFC y PFC
 - Uso de disolventes y de otros productos (3) por el gas CO₂
 - Emisiones de suelos agrícolas asociadas a producción animal (4D2) por N₂O

Una vez presentado el enfoque del análisis y comentado el nivel de desagregación se pasa a mostrar en las tablas siguientes la síntesis de resultados obtenidos en la identificación de categorías clave ya sea por la tendencia o por el nivel: tabla 1.5.1.a, para el conjunto de categorías con exclusión de las correspondientes a UTCUTS, y en la tabla 1.5.1.b para las actividades del sector UTCUTS. En las tablas se indica, por sectores de IPCC, 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 categoría clave en las emisiones del inventario. La parte más sustantiva de la tabla recoge su identificación como categoría 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 7 “Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura”, 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.a.- Síntesis contribución de las actividades al inventario (excluido UTCUTS)

CATEGORÍAS DE FUENTES IPCC		Combustible	Gas	Categoría Fuentes	Criterio (1) Nivel Tendencia		Comentarios	
ENERGÍA								
1A1a	Producción electricidad y calor CCTT servicio público	Gaseoso	CO ₂	SI	SI	SI	Nivel en 1997-2007	Tendencia en 1993-1995,1997-2007
1A1a	Producción electricidad y calor CCTT servicio público	Sólido	CO ₂	SI	SI	SI	Nivel en 1990-2007	Tendencia en 1990-1994,1996-2007
1A1a	Producción electricidad y calor CCTT servicio público	Líquido	CO ₂	SI	SI	SI	Nivel en 1990-2007	Tendencia en 1990-1992,1994-2007
1A1a	Producción electricidad y calor CCTT servicio público	Otros	CO ₂					
1A1b	Refino de petróleo	Gaseoso	CO ₂	SI		SI		Tendencia en 1997-2000,2002-2007
1A1b	Refino de petróleo	Líquido	CO ₂	SI	SI	SI	Nivel en 1990-2007	Tendencia en 1990-1992,1994-1996,1998-2007
1A1c	Transformación de combustibles sólidos	Gaseoso	CO ₂	SI		SI		Tendencia en 1991,1996
1A1c	Transformación de combustibles sólidos	Sólido	CO ₂	SI	SI	SI	Nivel en 1990-1994	Tendencia en 1992-2007
1A1c	Transformación de combustibles sólidos	Líquido	CO ₂	SI		SI		Tendencia en 1994-2000
1A1	Combustión - Sector energía		CH ₄					
1A1	Combustión - Sector energía		N ₂ O					
1A2	Combustión - Sector industria	Gaseoso	CO ₂	SI	SI	SI	Nivel en 1990-2007	Tendencia en 1990,1992-2007
1A2	Combustión - Sector industria	Sólido	CO ₂	SI	SI	SI	Nivel en 1990-2007	Tendencia en 1990-2007
1A2	Combustión - Sector industria	Líquido	CO ₂	SI	SI	SI	Nivel en 1990-2007	Tendencia en 1990-2007
1A2	Combustión - Sector industria	Otros	CO ₂					
1A2	Combustión - Sector industria		CH ₄					
1A2	Combustión - Sector industria		N ₂ O					
1A3a	Aviación civil		CO ₂	SI	SI	SI	Nivel en 1990-2007	Tendencia en 1990-1997,2007
1A3a	Aviación civil		CH ₄					
1A3a	Aviación civil		N ₂ O					
1A3b	Transporte por carretera	Gasolina	CO ₂	SI	SI	SI	Nivel en 1990-2007	Tendencia en 1990-2007
1A3b	Transporte por carretera	Gasóleo	CO ₂	SI	SI	SI	Nivel en 1990-2007	Tendencia en 1990-2007
1A3b	Transporte por carretera		CH ₄					
1A3b	Transporte por carretera		N ₂ O	SI	SI	SI	Nivel en 1997-2007	Tendencia en 1993-2007
1A3d	Tráfico marítimo nacional		CO ₂	SI	SI	SI	Nivel en 1990-1996,1999-2007	Tendencia en 1993-1994,1997-1998
1A3d	Tráfico marítimo nacional		CH ₄					
1A3d	Tráfico marítimo nacional		N ₂ O					
1A3c+1A3e	Otros transportes		CO ₂					
1A3c+1A3e	Otros transportes		CH ₄					
1A3c+1A3e	Otros transportes		N ₂ O					
1A4	Combustión - Otros sectores	Gaseoso	CO ₂	SI	SI	SI	Nivel en 1990-2007	Tendencia en 1991-2007
1A4	Combustión - Otros sectores	Sólido	CO ₂	SI	SI	SI	Nivel en 1990-1996	Tendencia en 1991-1992,1994-2007
1A4	Combustión - Otros sectores	Líquido	CO ₂	SI	SI	SI	Nivel en 1990-2007	Tendencia en 1990-1994,1996-2007
1A4	Combustión - Otros sectores		CH ₄	SI		SI		Tendencia en 1995,1999
1A4	Combustión - Otros sectores		N ₂ O					
1B1	Emisiones fugitivas - Combustibles sólidos		CO ₂					
1B1	Emisiones fugitivas - Combustibles sólidos		CH ₄	SI	SI	SI	Nivel en 1990-1998	Tendencia en 1991-2007
1B2	Emisiones fugitivas - Petróleo y gas natural		CO ₂	SI	SI	SI	Nivel en 1990-2007	Tendencia en 1991, 1993-1994
1B2	Emisiones fugitivas - Petróleo y gas natural		CH ₄	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.a (Continuación)- Síntesis contribución de las actividades al inventario (excluido UTCUTS)

CATEGORÍAS DE FUENTES IPCC		Combustible	Gas	Categoría Fuentes Clave	Criterio (1) Nivel Tendencia		Comentarios	
PROCESOS INDUSTRIALES								
2A1	Producción de cemento		CO ₂	SI	SI	SI	Nivel en 1990-2007	Tendencia en 1990-2007
2A2	Producción de cal		CO ₂					
2A3	Uso de piedra caliza y dolomita		CO ₂	SI	SI	SI	Nivel en 1996-2007	Tendencia en 1991-1993
2C1	Producción de hierro y acero		CO ₂	SI	SI	SI	Nivel en 1990-2007	Tendencia en 1991-1992,1994-2007
2-2A1-2A2-2A3-2C1	Otros procesos industriales		CO ₂	SI	SI	SI	Nivel en 1990-2007	Tendencia en 1990,1992-1994
2	Procesos industriales		CH ₄					
2B2	Producción de ácido nítrico		N ₂ O	SI	SI	SI	Nivel en 1990-2003	Tendencia en 1990-2007
2C3	Producción de aluminio		PFC	SI		SI		Tendencia en 1990,1999-2003,2005-2006
2E1	Fabricación de HCFC-22 (Emisión de HFC-23)		HFC	SI	SI	SI	Nivel en 1990-2001	Tendencia en 1990-1995,1997-1998,2001-2007
2E2+2E3	Producción de halocarburos y SF ₆ (excluido HCFC-22)		HFC&PFC					
2F	Consumo de halocarburos y SF ₆		HFC&PFC	SI	SI	SI	Nivel en 2000-2007	Tendencia en 1997-2007
2F7	Equipamiento eléctrico		SF ₆	SI		SI		Tendencia en 1990
USO DE DISOLVENTES Y OTROS PRODUCTOS								
3	Uso de disolventes y de otros productos		CO ₂	SI		SI		Tendencia en 1994-1995
3	Uso de disolventes y de otros productos		N ₂ O					
AGRICULTURA								
4A	Fermentación entérica en ganado doméstico		CH ₄	SI	SI	SI	Nivel en 1990-2007	Tendencia en 1990,1992,1994-2007
4B	Gestión de estiércol		CH ₄	SI	SI	SI	Nivel en 1990-2007	Tendencia en 1990-1998
4B	Gestión de estiércol		N ₂ O	SI	SI		Nivel en 1990-2007	
4C	Cultivo de arroz		CH ₄					
4D1	Suelos agrícolas - Emisiones directas		N ₂ O	SI	SI	SI	Nivel en 1990-2007	Tendencia en 1990-1995,1997-2007
4D2	Suelos agrícolas - Producción animal		N ₂ O	SI	SI	SI	Nivel en 1990-1992,1995-1999	Tendencia en 1992
4D3	Suelos agrícolas - Emisiones indirectas		N ₂ O	SI	SI	SI	Nivel en 1990-2007	Tendencia en 1990-1995,1997-2007
4D4	Suelos agrícolas - Otros		N ₂ O					
4F	Quema en campo de residuos agrícolas		CH ₄					
4F	Quema en campo de residuos agrícolas		N ₂ O					
RESIDUOS								
6A	Depósito en vertederos		CO ₂					
6A	Depósito en vertederos		CH ₄	SI	SI	SI	Nivel en 1990-2007	Tendencia en 1990-2007
6B	Tratamiento de aguas residuales		CH ₄	SI	SI		Nivel en 1993-1999,2002-2007	
6B	Tratamiento de aguas residuales		N ₂ O					
6C	Incineración de residuos		CO ₂					
6C	Incineración de residuos		CH ₄					
6C	Incineración de residuos		N ₂ O					

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

Tabla 1.5.1.b. - Síntesis contribución de las actividades UTCUTS

CATEGORÍAS IPCC		Combustible	Gas	Categoría Clave	Criterio (1) Nivel Tendencia			Comentarios
UTCUTS								
5A	Fijación de carbono en sistemas forestales		CO ₂	SI	SI	SI	Nivel en 1990-2007	Tendencia en 1990-1992, 1994-2007
5A	Incendios en sistemas forestales		CH ₄ & N ₂ O	SI		SI		Tendencia en 1991, 1994

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

1.6.- Información sobre el plan de control y garantía de calidad

1.6.1.- Planteamiento

El plan de control y garantía de calidad se orienta a seguir los principios generales de buenas prácticas comúnmente aceptadas, con el fin de que el Inventario reúna los siguientes requisitos: presentación en plazo, exhaustividad (respecto a cobertura de actividades y contaminantes), coherencia (transversal y en series temporales), comparabilidad (con otros inventarios), exactitud y precisión, transparencia y mejora continua.

El plan de control y garantía de calidad es un elemento esencial del sistema de actividades de control y garantía de calidad (CC y GC) y de las de verificación, y en el mismo se relacionan las actividades a realizar de verificación y de CC / GC y la composición del equipo que las llevará a cabo con indicación de la asignación de responsabilidades a sus miembros.

El plan de control y garantía de calidad se concibe como un documento interno para organizar las actividades de verificación y CC/GC de manera que se garantice la mejora continua del inventario y de que este resulte adecuado a sus objetivos. Es por ello que el plan está concebido como un elemento vivo que, aunque sirve inicialmente como punto de partida para las especificaciones de la siguiente edición del inventario se revisa, con periodicidad mínima anual, para recoger los cambios que ocurran en las actividades y procesos a inventariar, detectados por el equipo de trabajo del inventario, y adicionalmente para recoger las recomendaciones de los equipos revisores externos. Esta revisión periódica del plan de control y garantía de calidad, para ajustarlo a los cambios procedimentales recomendados, es un elemento importante para asegurar la contribución del mismo a la mejora continua del sistema de CC / GC. El plan de control y garantía de calidad afecta a todas las etapas de realización del inventario.

1.6.2.- Objetivos

Un elemento esencial del plan de control y garantía de calidad es la concreción de sus objetivos sobre la calidad del inventario. Estos objetivos, que se relacionan con los principios básicos de la elaboración del inventario, deben establecerse con un carácter realista y ser apropiados al objetivo final que es la mejora de la calidad del inventario. La concreción de los objetivos facilita la evaluación del inventario cuando se realiza una revisión. A continuación se especifican los objetivos establecidos en el plan de control y garantía de calidad del inventario español:

a) Cumplimiento de plazo para la disponibilidad y envío del inventario.

Para alcanzar este objetivo se ha desarrollado un cronograma de tareas, sobre el que se establecen puntos de control en el tiempo para el desarrollo de las distintas etapas de elaboración. El adecuado cumplimiento de plazo para estas etapas constituye el mejor control para el cumplimiento del plazo global para la disponibilidad del inventario. Además,

en el caso de que se exceda el plazo de una etapa parcial se genera una señal de aviso para tratar de recuperar el atraso a lo largo de las etapas pendientes. Un factor a controlar especialmente es el cierre en plazo de la etapa de recogida de las respuestas a las solicitudes planteadas a los proveedores de información¹³.

b) Exhaustividad.

Se hace referencia en este principio al objetivo de que el Inventario sea tan completo como sea posible en inclusión de emisiones estimadas para todos los cruces de actividad y contaminante en que ocurran emisiones, y adicionalmente que se cumplimente con las etiquetas apropiadas (NO = no-ocurre; NA = no-aplicable; IE = estimado en otra celda; CE = confidencial; y NE =no-estimado) para los casos que no desemboquen en una estimación positiva (emisión o absorción).

Para hacer operativo este principio se examinan exhaustivamente, en la nomenclatura SNAP base del Inventario (que tiene su correspondencia con las nomenclaturas de los restantes formatos del Inventario), todos los cruces de actividad con contaminante para los que se dispone de referencias de métodos de estimación de emisiones, y con referencia a esos métodos se realiza la investigación y recogida de información de base necesaria para la aplicación del método de estimación seleccionado. El control operativo de este objetivo se realiza con ayuda del procedimiento de control de calidad "Examen de la exhaustividad".

c) Coherencia (transversal y en series temporales).

El objetivo de coherencia transversal se refiere al uso de una misma variable o parámetro en el conjunto de categorías del Inventario que la comparten. Este objetivo se asegura con la introducción una sola vez de esa variable o parámetro en la base de datos, garantizando el acceso común a la misma por cualesquiera algoritmos o módulos procedimentales que requieran su uso.

El objetivo de coherencia en series temporales se refiere al aseguramiento de una pauta homogénea de evolución temporal de las variables indicadas en el tiempo, tratando de evitar pautas espurias. A este objetivo se tiende con: i) un control de la calidad de los datos primarios; y ii) controles de atípicos para identificar posibles pautas espurias con valores incorrectos. El control operativo de este objetivo se realiza con los CC sobre las variables de entrada y los métodos de detección de atípicos en series temporales.

d) Comparabilidad.

Al cumplimiento de este objetivo, que pretende conseguir el mayor grado de comparabilidad del Inventario con inventarios desarrollados para otros países o áreas geográficas y posiblemente a lo largo de diversos periodos temporales, se atiende con el uso sistemático de definiciones de términos y nomenclaturas de actividades y contaminantes

¹³ En la edición 2008 del inventario se ha producido no obstante, un retraso en el envío efectivo a la Comisión de la UE, motivado fundamentalmente por el retraso en la información esencial del balance energético. No obstante, se han aplicado los mecanismos apropiados del plan de control y garantía de calidad consiguiendo minimizar este retraso.

de uso estándar generalizado y mantenidas en el tiempo. Estos requerimientos se cumplen con el empleo en el Inventario español de las definiciones y nomenclaturas (y correspondencias asociadas) del Inventario en formato base SNAP y los formatos CRF (gases de efecto invernadero) y NFR (sustancias contaminantes de la atmósfera).

e) Exactitud y precisión.

El término exactitud apunta a obtener un estimador insesgado (no desviado a la alza ni a la baja) respecto al valor central de la estimación de las emisiones, mientras la precisión apunta a conseguir la mínima incertidumbre (banda de confianza en torno al valor central con un determinado grado de probabilidad, convencionalmente 95%). Al cumplimiento de este doble objetivo se orienta el examen y revisión, en su caso, de métodos que se realiza sobre determinadas categorías clave que por ser susceptibles de una mejora clara en su enfoque metodológico (paso a tiers más avanzados) se consideran prioritarias; y complementariamente sobre una selección muestral de categorías no-clave. En este plan de mejoras se integran en la medida pertinente las recomendaciones efectuadas por las entidades que desarrollen los procedimientos de garantía de calidad.

f) Transparencia.

El objetivo de transparencia está dirigido a garantizar la reproducibilidad de los resultados del Inventario por equipos externos a partir de la información de base y la documentación de los algoritmos de estimación. A tal fin en el informe base en formato SNAP del Inventario: Vol 2 “Análisis por actividades SNAP” se documentan: la descripción de los procesos generadores de las emisiones, las variables de actividad utilizadas y sus fuentes de procedencia, los algoritmos y factores de emisión utilizados, y las propias emisiones estimadas. Complementariamente la información sobre las variables de actividad finales, algoritmos/factores de emisión, y emisiones estimadas es consultable desde la base de datos ORACLE del Inventario.

g) Mejora del inventario.

Todos los objetivos anteriores desembocan en este objetivo final de mejora del Inventario, y por tanto contribuyen al mismo, todos los elementos citados de control y garantía de calidad.

1.6.3.- Organismo responsable

La Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental (DGCEA) del Ministerio de Medio Ambiente, como Autoridad Nacional del Sistema de Inventario Nacional de Emisiones de Contaminantes a la Atmósfera (Orden MAM/1444/2006) es el organismo responsable del sistema de control y garantía de calidad del Inventario y cuenta para este fin con el apoyo de una asistencia técnica específica para la realización de las tareas que conlleva este sistema, asistencia que tiene asignadas claramente responsabilidades y tareas y cuenta con personal específico cualificado, dedicado a la implantación del sistema de control y garantía de calidad.

Las principales responsabilidades en lo que concierne al plan de control y garantía de calidad son:

- Coordinar las actividades de CC y GC para el Inventario nacional
- Recoger y referenciar los procedimientos internos de CC y GC que desarrollan los proveedores de información y otras organizaciones que colaboran en el SEI.
- Asegurar que se elabore y aplique el plan de CC/GC.

La coordinación de recursos por DGCEA necesarios para la puesta en marcha del Sistema Español del Inventario (SEI) incluyendo dentro de esta coordinación la contribución de las distintas entidades participantes al plan de GC/CC puede verse en las figuras 1.2.1, 1.2.2 y 1.2.3 de la sección 1.2 del presente documento, donde se tratan los Arreglos Institucionales y Jurídicos.

1.6.4.- Controles de calidad y registros en las etapas de elaboración del Inventario

Elección de los métodos para la estimación de las emisiones

Este bloque tiene como objetivo dotar al Inventario de los registros de su enfoque metodológico, y se incluyen aquí esencialmente los siguientes:

- Registro del plan de diseño: en el que constan las fases de realización del Inventario, los participantes en cada fase y las tareas a desarrollar así como las modificaciones experimentadas.
- Registro del plan de revisión de metodologías: en el que se incluye para cada categoría fuente, el enfoque metodológico actual, y si se va a revisar o no dicho enfoque.
- Registro de las referencias metodológicas utilizadas. En la base de datos EFDI, que recoge la documentación empleada para la realización del Inventario, se incluyen las referencias documentales sobre las metodologías empleadas en cada edición del Inventario. Así mismo, en cada una de las actividades consideradas del Inventario, se puede consultar en el "Informe base Inventario base nacional en formato SNAP: Vol. 2 "Análisis por actividades SNAP", que se elabora con cada edición del Inventario, el registro de las referencias utilizadas para la estimación de las emisiones. Esta publicación seriada permite acceder al histórico de las metodologías empleadas en las sucesivas ediciones del Inventario.

Recopilación de datos

a) Controles de calidad

En esta fase del proyecto se realizan los siguientes procedimientos de CC relacionados con las actividades de Control de Calidad de Nivel 1:

Examen de exhaustividad

El examen de exhaustividad se realiza operativamente sobre la nomenclatura base SNAP de actividades y contaminantes del Inventario, en la etapa de identificación de proveedores de información. En cada nueva edición del Inventario se realiza una investigación previa al envío de las solicitudes de información para contrastar altas y bajas de entidades y plantas por actividades.

Las faltas de cobertura, normalmente debidas a carencias de información de base, se documentan en el NIR y en las correspondientes tablas del CRF.

Comprobación de datos de contacto de los proveedores

Este CC se realiza en la etapa de comprobación de datos de contacto, una vez obtenido el listado de proveedores de información.

Se realiza una comprobación mediante seguimiento telefónico con el fin de verificar los datos de contacto (persona/s, correo electrónico) de los proveedores de información del Inventario.

Seguimiento de solicitudes

Se realiza un seguimiento continuado del estado de situación de las peticiones, mediante un sistema de alertas se lanzan en su caso recordatorios si pasan determinadas fechas y, finalmente, se cierra la gestión de las peticiones tramitadas señalándolas, según sea el caso, con las etiquetas de “finalizada” o “pendiente”.

En el caso de que, en dicho periodo de tiempo no se haya recibido ningún dato por parte del proveedor, se procede al recordatorio, mediante contacto telefónico y envío de correo electrónico, de la necesidad de obtención de dicha información.

Comprobación de la integridad de la documentación de base recibida

Se realizan comprobaciones de la integridad de los archivos de datos recibidos de los proveedores de información en la etapa de recepción de solicitudes.

Sobre los envíos recibidos, se hace un examen formal externo para detectar envíos con omisiones o carencias que en su caso motivarán un bucle hacia el sistema de lanzamiento de peticiones con el objetivo de subsanar estas deficiencias.

Para las entidades que no hayan facilitado en plazo la información solicitada, se realiza una notificación de carencia de información para ser procesada en la edición en curso.

b) Registros generados

Se registran los datos de información de los proveedores de información, datos de contacto de los mismos, lanzamiento, seguimiento y recepción de las peticiones solicitadas.

La documentación recibida se registra en EFDI y se informa a las entidades que han facilitado la conformidad de la misma, así como que se va a realizar el procesamiento de los datos facilitados. Todas estas comunicaciones son archivadas en su carpeta correspondiente del proyecto de acuerdo con el sistema de documentación y archivo establecido.

Las notificaciones de carencias de información también son registradas pertinentemente. El registro de los controles de calidad generales (nivel 1) se hace, siguiendo un criterio ABC de mayor a menor relevancia, sobre las anomalías “mayores” detectadas y diagnosticadas como tales, en la aplicación *Registro CC Nivel 1 y Nivel 2*.

Tratamiento de los datos

a) Controles de calidad (nivel 1)

En esta fase del proyecto se realizan los siguientes procedimientos de CC relacionados con las actividades de control de calidad generales (nivel 1):

Comprobación de errores de transcripción en entrada de datos

Actualmente la grabación de datos está reducida a un mínimo de datos, en general poco voluminosos.

Sobre la información recibida se realizan distintos controles dependiendo del formato de recepción de la misma.

Si la información viene en ficheros PDF protegidos o en papel, se recurre:

- En el caso de información poco voluminosa a grabación manual en la base de datos. Sobre la información grabada manualmente se realizan los siguientes controles:
 - Para las variables de actividad con desagregación (sectorial / geográfica) en la fuente original se realiza un control sobre el(los) agregado(s) (sectorial / geográfico) para verificar coincidencia entre datos en la fuente original y en la base de datos. En caso de discrepancia se realiza una investigación por niveles sucesivos de desagregación hasta llegar al nivel en que se identifica la discrepancia.
 - Para las variables de actividad que se presentan a nivel agregado (en general poco voluminosas) se realiza un control por segunda grabación.
- En el caso de información voluminosa, se escanea. Tras el proceso de escaneado, se verifican los errores posibles tales como intercambio de “0” y “O”, desplazamiento de filas o columnas (suelen evidenciarse en cambios de orden de magnitud, identificables con los controles de atípicos). Alternativamente se realiza un segundo escaneo de mayor resolución para resolver las posibles anomalías remanentes.

Comprobación de que los algoritmos de estimación operan correctamente

Se realizan los siguientes controles:

- Para los algoritmos de baja o media complejidad, se realizan réplicas en hojas de cálculo para casos representativos
- Para los algoritmos de complejidad alta, se plantean réplicas simplificadas de los módulos o subrutinas más complejos.
- Investigación de anomalías reportadas por usuarios de la información procesada y facilitada del Inventario o de las actuaciones de aseguramiento de calidad.

Comprobación de la corrección de las unidades en que aparecen expresados variables y parámetros

La conversión de unidades se realiza al introducir los datos en la base de datos ORACLE del Inventario que dispone de mecanismos automáticos de conversión de unidades.

Los errores en las unidades en que aparecen expresados variables y parámetros son identificados habitualmente por los tests de orden de magnitud o de atípicos en datos de sección cruzada o de series temporales que se comentan más abajo. En caso de detección de este tipo de anomalías, se investiga el origen de las mismas, y se resuelven los posibles errores identificados.

Comprobación de integridad de la estructura de la base de datos

Existen diversos controles de calidad incorporados (built-in) en la base de datos ORACLE del Inventario que permiten asegurar la coherencia de la información contenida en ella, tales como:

- Control de unicidad de hechos registrados en las tablas
- Integridad de referencia (sobre las clases existentes)
- Control del mínimo de atributos con información requerida para constituir un registro.
- Control de las restricciones de integridad en los dominios de los atributos y de las relaciones entre distintos atributos ya sean de una misma relación o de distintas relaciones.

Comprobación de coherencia de información común para distintas fuentes

Este control se hace operativo mediante las restricciones de integridad de referencia establecidas en la base de datos ORACLE del Inventario.

Comprobación de la corrección del flujo de datos en las diversas etapas de proceso

La coherencia formal en la desagregación jerárquica (top-down) se garantiza por la “restricción de dominio” de las variables “proxy” (en cifras absolutas, o fracciones de suma unitaria)

La coherencia formal en la agregación jerárquica (bottom-up) se garantiza por la propia estructura formal de la jerarquía establecida en el diccionario de datos de la base de datos ORACLE del Inventario.

Para los flujos horizontales de datos se utilizan los procedimientos de verificación de las relaciones funcionales (modelos de regresión, otros mecanismos de imputación) en línea con lo comentado más arriba en el control “Comprobación de que los algoritmos de estimación operan correctamente”.

Comprobación de cambios metodológicos o de datos que implican nuevos cálculos

Los cambios metodológicos y nuevos cálculos se registran en la aplicación “Revisión de metodologías y nuevos cálculos.mdb” diseñada al efecto. Su implantación se realiza extendiendo la revisión o nuevo cálculo homogéneamente a todo el intervalo temporal inventariado. Estos cambios se notifican en el capítulo 10 del informe NIR y se propone incluirlos también en las tablas correspondientes del CRF.

Comprobación de homogeneidad temporal de la serie

Para el control de homogeneidad de los datos de series temporales se han desarrollado y aplicado principalmente los métodos considerados adecuados de entre los reseñados en la tabla siguiente: observación visual, tasa de variación interanual, y regresión robusta tipo Thiel-Sen.

Método	Tendencia	Atípicos	Comentarios	Adecuación
Observación visual	Subjetiva	Subjetiva	Panorámico, subjetivo	X ☺
Tasa interanual	Variación media interanual	Valores mayores y menores (con signo)	Panorámico, sencillo	X ☺
Regresión MCS	Coeficiente pendiente	Valores mayores y menores de los residuos (con signo)	Poco robusto, muy generalizado	X
Regresión Thiel-Sen	Coeficiente pendiente	Fórmula específica para identificación	Robusto	☺

Nota: “X” indica que el método puede aplicarse teniendo en cuenta sus limitaciones.

Comprobación de homogeneidad de corte trasversal

Adicionalmente, se han establecido métodos para identificación de atípicos utilizando los procedimientos que se mencionan a continuación sobre los residuos de una regresión del tipo MCS o preferiblemente Thiel-Sen. En la tabla siguiente se presenta la relación de los métodos considerados más relevantes y que coinciden con los tests seleccionados en las

guías de buenas prácticas para la identificación de atípicos en análisis de sección cruzada (no de series temporales).

Método	Centro	Dispersión	Comentario	Adecuación
Mediana y Box-plot	Mediana	Patillas (whiskers)	Considera asimetría	☺
Mediana recortada y 2-Sigma winsorizada	Mediana recortada	$2 SD_w$	Intuitivo, robusto, sencillo	☺
Mediana y desviación absoluta normalizada	Mediana	$2 MADN$	Robusto, sencillo	☺
M de Huber y desviación absoluta normalizada	Estimador M	$2 MADN$	Preciso, menos intuitivo, carga computacional	☺
Ajuste verosimilitud empírica estimador M de Huber	Estimador M optimizado	$2 MADN$ optimizado	Preciso, menos intuitivo, carga computacional	☺

Comparación con estimaciones del año anterior

En relación a los cambios en los años comunes (1 a n-1) de las dos ediciones, se realiza una comparación en función de las revisiones metodológicas y nuevos cálculos

En cuanto al control de la innovación en la última edición del Inventario. Estimación del año “n” respecto al año “n-1”, se realiza con el apoyo del “examen de exhaustividad” y con la información exógena sobre la evolución de las variables de actividad.

b) Controles de calidad por tipo de fuente (nivel 2)

Son controles orientados a tipos específicos de datos en métodos de estimación de fuentes individuales, especialmente:

- Categorías principales (fuentes clave) de fuentes y sumideros
- Categorías que han experimentado revisiones metodológicas.
- Categorías en las que se emplean métodos de estimación avanzados.

Aunque, algunos de estos controles pueden ser comunes a diversos sectores, otros en cambio muestran una especificidad sectorial. Es por ello que en general se especifican por sectores.

Entre los controles (rangos e índices de evolución) aplicados, cabe reseñar los siguientes:

- Sobre los ratios producto / insumo (o sus inversos)
 - En la transformación de la energía
 - En la combustión industrial
 - En los procesos industriales (sin combustión)
 - En la producción agrícola y ganadera
 - En la generación y tratamiento de residuos
- Sobre la composición de materias / combustibles:
 - Materias / productos:
Propiedades físico-químicas: densidad (líquidos), contenido carbonatos, contenidos de COV
 - Combustibles:
Propiedades físico-químicas: composición molar gases, composición base seca carbones, composición de referencia de productos petrolíferos, contenidos de carbono, poder calorífico
Evolución del “mix” de combustibles (dependencia precios relativos)
Balance de materiales, especialmente de carbono en los procesos industriales.

c) Registros generados

Se registran los métodos de cálculo que se realizan en módulos externos a la base de datos ORACLE del Inventario.

Se registran los replanteamientos metodológicos y los nuevos cálculos a realizar. De esta forma se puede realizar la verificación de los resultados y el análisis de sensibilidad de los mismos ante cambios en los métodos de cálculo aplicados.

El registro de los controles de calidad generales (nivel 1) y por tipo de fuente (nivel 2) se hace, siguiendo un criterio ABC de mayor a menor relevancia, sobre las incidencias o anomalías “mayores” detectadas y diagnosticadas como tales, en la aplicación *Registro CC Nivel 1 y Nivel 2*.

El registro de replanteamiento de metodologías o nuevos cálculos se realiza en la aplicación *Revisión de Metodologías y Nuevos Cálculos*.

Elaboración de tablas de resultados e informes

a) Controles de calidad

Se asegura la verificación de cada capítulo mediante la lectura por persona independiente al experto técnico que lo ha realizado y se comprueba que la copia original de la salida es conforme según lo planeado.

b) Registros generados

Las tablas de resultados e informes se consideran Registros del Sistema y se archivan y controlan como tales en la aplicación EFDI de control de documentos.

1.6.5.- Sistema de garantía de calidad

La garantía de calidad del Inventario se basa en la revisión objetiva del mismo por personal ajeno al equipo de elaboración del Inventario, con el objetivo de evaluación de su calidad así como del cumplimiento de las especificaciones de los controles de calidad propuestos, aprovechando el procedimiento para la identificación de áreas susceptibles de mejora dentro de un proceso de mejora continua del Inventario.

El programa se materializa principalmente mediante las siguientes vías:

- Encomiendas específicas a institutos / técnicos para la revisión de calidad, centrándose en las categorías de fuentes principales o aquellas que han sufrido cambios en métodos de estimación o datos.
- Encomiendas sistemáticas a institutos especializados para la realización de trabajos de garantía de la calidad sobre actividades o sustancias concretas del Inventario y relacionadas con el objeto social de dichos institutos.
- 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.

Mención especial merece en este epígrafe el “Programa de garantía de calidad del inventario nacional de emisiones de contaminantes a la atmósfera” cuya encomienda fue asignada al Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT)¹⁴. Este trabajo sobre garantía de calidad (GC) del inventario fue realizado por el CIEMAT durante los años 2007 y 2008¹⁵.

El informe del CIEMAT se divide en dos partes: i) aspectos generales del inventario; y ii) aspectos relacionados con el sector de la energía.

¹⁴ Véase en este sentido referencia al CIEMAT en el epígrafe 1.2.3 de este capítulo.

¹⁵ El informe del trabajo del CIEMAT puede consultarse en el archivo del SEI.

En este apartado se resumen las principales conclusiones sobre los aspectos generales del inventario, mientras en el capítulo 3 de IIN se comentan los aspectos referentes a la energía. Como conclusiones/recomendaciones generales para la mejora del inventario cabe destacar las siguientes:

a) Estructura y responsabilidad

Búsqueda de una mayor claridad en la asignación de responsabilidades en la ejecución de tareas entre la DGCEA y el equipo de la Asistencia Técnica.

b) Fuentes de información

Contrastación con las Comunidades Autónomas del censo de fuentes emisoras activas. Insistencia en la necesidad de que los suministradores de información documenten sus procedimientos de CC/GC.

c) Procedimientos de obtención de datos.

Mayor sistematicidad y procedimientos automáticos en el procesamiento de los cuestionarios técnicos individualizados a plantas y a asociaciones empresariales.

d) Métodos de estimación de las emisiones.

Mejora en el procedimiento de documentación de los métodos empleados y en el procedimiento seguido para la elección de los métodos. Explotación más avanzada de los resultados de cuantificación de la incertidumbre.

e) Sistema de garantía y control de calidad.

Desarrollar más específicamente determinadas partes del sistema de calidad: registros, objetivos y manual de calidad.

f) Documentación, archivo y custodia.

Asignación específica de responsable máximo de esta función en la DGCEA

g) Disponibilidad y acceso a la información del inventario

Clarificación de los procedimientos de acceso a la información y entre ellos a la consulta en la WEB. Retorno de la información del inventario a los proveedores de contenidos del mismo, para su evaluación y aseguramiento de la calidad de los datos procesados.

1.6.6.- Tratamiento de la confidencialidad

Los inventarios de emisiones de contaminantes a la atmósfera son considerados una estadística con fines estatales, operación estadística 4710 del Plan Estadístico Nacional 2005-2008, 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 en el capítulo de Resumen Ejecutivo y los que se presentan más adelante en el capítulo 2 sobre 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 2005 y 2006, es decir los más próximos de la serie del periodo inventariado, 1990-2006, excluido el último año de la misma, año 2007, 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 16% en torno al valor central del año de referencia 1990/1995, y del 10,9% para el año 2005 y del 11,4% para el año 2006.
- b) La banda de confianza al 95% para el índice de evolución de las emisiones con respecto al año de referencia 1990/1995 es del orden del 6,4% para el año 2005 y del orden del 5,7% para el año 2006.

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

Año	Valores absolutos (Gg CO ₂ -e)					Índice de evolución sobre el año de referencia 1990/1995 = 100				
	Valor central	Cota inferior		Cota superior		Valor central	Cota inferior		Cota superior	
		Valor	%	Valor	%		Valor	%	Valor	%
Año referencia 1990/1995	290.368	242.665	-16,4	338.071	16,4	100	NA	NA	NA	NA
Año 2005	441.150	392.850	-10,9	489.451	10,9	151,93	142,25	-6,4	161,60	6,4
Año 2006	433.070	383.601	-11,4	482.539	11,4	149,15	140,64	-5,7	157,65	5,7

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), *0* (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”, aunque se ha estimado la serie temporal completa de superficies y cambios de superficies entre categorías de uso del suelo, no se han podido estimar los flujos de emisión y absorción de todas las subcategorías de las categorías 5B a 5F; pero sí se han estimado las captaciones de CO₂ de los sistemas forestales (bosque que permanece como bosque y tierras de cultivo que pasan a bosques) y de las tierras de cultivo que pasan a pastizal, así como las emisiones de incendios forestales. Para los gases fluorados (HFC, PFC, SF₆) 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” (UTCUTS), y en segundo lugar se presenta la información sobre absorciones netas que resultan del balance de los flujos de sumideros y fuentes de carbono, y por tanto de CO₂, y de emisiones de gases distintos del CO₂ en 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 CO₂-equivalente (CO₂-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)¹. El intervalo de años inventariado en esta edición se extiende de 1990 a 2007. Como cifra de referencia (cifra de año base) para examinar la evolución temporal de las emisiones agregadas (sin contabilizar las correspondientes a UTCUTS) se toma la cifra oficialmente aprobada que sirve como base para el cálculo de la Cantidad Asignada a España para la valoración cumplimiento del compromiso del Protocolo de Kioto². La cifra del año base fue fijada tras la verificación en el año 2007 de la edición de 2006 (serie 1990-2004) del inventario español por el equipo comisionado al efecto por la SCMCC³.

2.1.1.- Emisiones

En la tabla 2.1.1 se muestran, tanto en términos absolutos (gigagramos de CO₂-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

¹ IPCC ha publicado en 2001 y 2007, respectivamente su Tercer y Cuarto Informe de Evaluación sobre Cambio Climático, en los que actualiza la estimación de los potenciales de calentamiento de los gases, pero estas actualizaciones no han tenido hasta ahora implicación para la evaluación de los compromisos ya adquiridos de reducción de emisiones por los países que han ratificado el Protocolo de Kioto.

² La cifra exacta del año base tomada para el cálculo de la cantidad asignada (Año base PK) fue de 289.773.205,032 toneladas de CO₂-eq; y la cantidad asignada para el compromiso del cumplimiento del Protocolo de Kioto en el periodo 2008-2012 es de 1.666.195.929 toneladas de CO₂-eq

³ Para la estimación de la cifra del año base se tomó como referencia el año 1990 para el CO₂, CH₄ y N₂O y el año 1995 para los gases fluorados HFC, PFC y SF₆, por lo que el año base es en sí un híbrido de los dos anteriores y no corresponde a un año natural concreto.

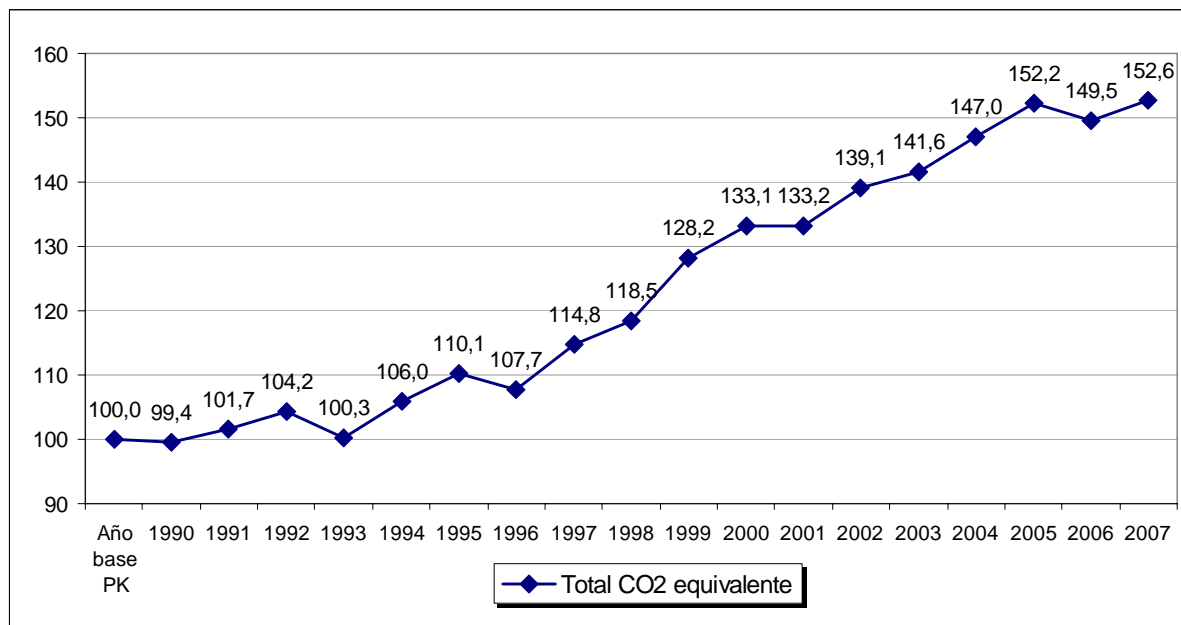
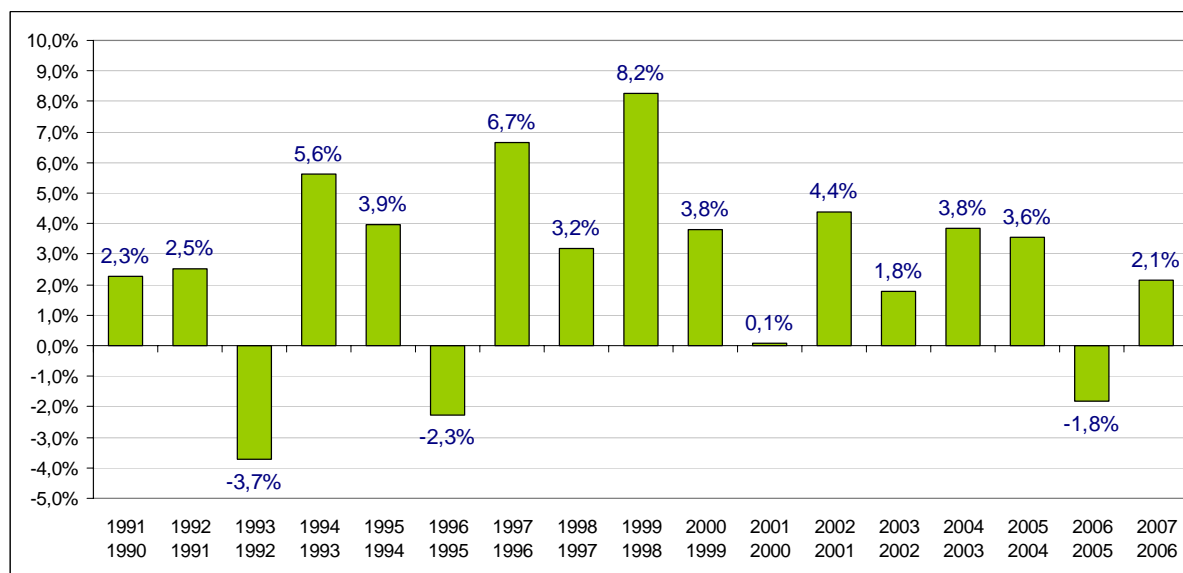
Tierra y Cambios del Uso de la Tierra y Silvicultura” que se computan separadamente). La representación gráfica del índice temporal se ofrece en las figuras 2.1.1 y 2.1.2 donde se muestran respectivamente el índice de variación temporal y los porcentajes de variación interanual de las emisiones del agregado del inventario. Se puede observar que las emisiones totales se sitúan en 2007 en un 52,6% por encima del año base, valor que se reduce a un 48,6% cuando se compara la media del último quinquenio, 2003-2007 con el mismo año base⁴. En conjunto la evolución del índice ha venido marcada por un crecimiento sostenido en el periodo inventariado, excepción hecha de los años 1993, 1996 y 2006 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 1996-2007. 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 subintervalos temporales antes indicados, 1990-1996 y 1996-2007.

Tabla 2.1.1.- Evolución del agregado de emisiones

Valores absolutos (Gg CO ₂ -eq)							
Año base PK	1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
289.773,21	288.134,66	319.165,94	410.257,65	426.018,47	441.150,50	433.069,76	442.321,56

Índice de evolución anual (año base = 100)								
Año base PK	1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007	Quinquenio 2003-2007
100	99.4	110.1	141.6	147.0	152.2	149.5	152.6	148.6

⁴ La comparación de la media quinquenal 2003-2007 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**Figura 2.1.2.- Variación interanual (porcentaje)**

Para ofrecer una panorámica de la contribución que a estas emisiones agregadas del inventario, siempre en términos de CO₂-eq, aportan los distintos sectores y categorías de actividad se presentan en las tabla 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 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 descenso en su ponderación sobre el total, más acusado en la Agricultura que en los Procesos, 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, habiendo registrado desde el año 1990 un incremento de su peso relativo en el total, aunque este peso se estabiliza en los últimos años. 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 CO₂ equivalente (Gg de CO₂ equivalente)

	1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
Total (Emisión Bruta)	288.134,66	319.165,94	410.257,65	426.018,47	441.150,50	433.069,76	442.321,56
1. Procesado de la energía	212.465,02	240.705,53	314.441,60	331.500,24	347.308,80	337.170,02	345.391,32
A. Actividades de combustión	208.238,44	236.503,10	310.719,22	327.426,00	343.222,11	333.217,17	341.370,89
1. Industrias del sector energético	77.694,33	86.812,83	106.527,96	115.937,68	126.075,05	117.080,64	123.035,49
2. Industrias manufactureras y de la construcción	46.660,84	53.314,58	68.625,76	70.744,03	71.518,09	69.737,08	68.329,69
3. Transporte	57.483,20	66.983,36	97.471,78	101.290,31	105.547,66	108.611,49	112.268,53
4. Otros sectores	26.400,07	29.392,34	38.093,71	39.453,98	40.081,32	37.787,96	37.737,18
5. Otros							
B. Emisiones fugitivas de los combustibles	4.226,58	4.202,42	3.722,38	4.074,25	4.086,69	3.952,85	4.020,43
1. Combustibles sólidos	1.835,17	1.482,64	1.115,18	1.064,42	1.028,78	1.054,63	977,80
2. Petróleo y gas natural	2.391,41	2.719,78	2.607,20	3.009,82	3.057,91	2.898,21	3.042,63
2. Procesos Industriales	26.314,29	27.411,17	32.722,32	32.860,15	34.321,67	35.007,86	34.852,48
A. Productos minerales	15.659,31	16.114,21	21.123,32	21.606,05	22.224,41	22.616,89	22.344,97
B. Industria química	3.767,76	3.238,91	2.779,90	2.551,33	2.642,00	2.307,02	2.151,65
C. Producción metalúrgica	4.417,13	3.303,93	3.501,46	3.679,71	4.076,32	4.097,44	4.053,52
D. Otras industrias							
E. Producción de halocarburos y SF ₆	2.403,18	4.637,88	1.749,17	786,53	680,93	863,42	707,20
F. Consumo de halocarburos y SF ₆	66,92	116,24	3.568,47	4.236,53	4.698,01	5.123,09	5.595,13
G. Otros							
3. Uso de disolventes y de otros productos	1.387,85	1.343,58	1.596,23	1.517,91	1.481,74	1.517,27	1.674,20
4. Agricultura	40.330,18	39.877,02	48.323,12	47.191,80	44.878,13	45.817,68	46.425,65
A. Fermentación entérica	11.779,63	12.043,91	14.005,24	13.696,07	13.485,88	13.331,53	13.559,54
B. Gestión del estiércol	8.695,38	9.781,38	11.588,63	11.983,76	11.871,24	12.356,46	12.438,81
C. Cultivo de arroz	227,45	137,22	297,89	309,03	300,26	268,47	268,47
D. Suelos agrícolas	19.089,69	17.403,76	21.884,72	20.757,85	18.890,99	19.437,03	19.734,65
E. Quemadas planificadas de sabanas							
F. Quema en campo de residuos agrícolas	538,03	510,76	546,64	445,08	329,76	424,20	424,20
G. Otros							
5. Cambios de uso del suelo y silvicultura							
6. Tratamiento y eliminación de residuos	7.637,31	9.828,64	13.174,38	12.948,35	13.160,16	13.556,93	13.977,90
A. Depósito en vertederos	4.976,12	6.895,78	9.371,01	9.059,55	9.226,21	9.506,10	9.761,07
B. Tratamiento de aguas residuales	2.312,54	2.491,99	3.168,78	3.268,64	3.330,63	3.397,20	3.541,60
C. Incineración de residuos	94,77	35,80	18,19	9,43	9,31	9,57	10,05
D. Otros	253,88	405,08	616,40	610,74	594,02	644,06	665,18
7. Otros							

Tabla 2.1.2.b.- Distribución porcentual por sectores de las emisiones de CO₂ equivalente

	1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
Total (Emisión Bruta)	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
1. Procesado de la energía	73,74	75,42	76,64	77,81	78,73	77,86	78,09
A. Actividades de combustión	72,27	74,10	75,74	76,86	77,80	76,94	77,18
1. Industrias del sector energético	26,96	27,20	25,97	27,21	28,58	27,04	27,82
2. Industrias manufactureras y de la construcción	16,19	16,70	16,73	16,61	16,21	16,10	15,45
3. Transporte	19,95	20,99	23,76	23,78	23,93	25,08	25,38
4. Otros sectores	9,16	9,21	9,29	9,26	9,09	8,73	8,53
5. Otros							
B. Emisiones fugitivas de los combustibles	1,47	1,32	0,91	0,96	0,93	0,91	0,91
1. Combustibles sólidos	0,64	0,46	0,27	0,25	0,23	0,24	0,22
2. Petróleo y gas natural	0,83	0,85	0,64	0,71	0,69	0,67	0,69
2. Procesos Industriales	9,13	8,59	7,98	7,71	7,78	8,08	7,88
A. Productos minerales	5,43	5,05	5,15	5,07	5,04	5,22	5,05
B. Industria química	1,31	1,01	0,68	0,60	0,60	0,53	0,49
C. Producción metalúrgica	1,53	1,04	0,85	0,86	0,92	0,95	0,92
D. Otras industrias							
E. Producción de halocarburos y SF ₆	0,83	1,45	0,43	0,18	0,15	0,20	0,16
F. Consumo de halocarburos y SF ₆	0,02	0,04	0,87	0,99	1,06	1,18	1,26
G. Otros							
3. Uso de disolventes y de otros productos	0,48	0,42	0,39	0,36	0,34	0,35	0,38
4. Agricultura	14,00	12,49	11,78	11,08	10,17	10,58	10,50
A. Fermentación entérica	4,09	3,77	3,41	3,21	3,06	3,08	3,07
B. Gestión del estiércol	3,02	3,06	2,82	2,81	2,69	2,85	2,81
C. Cultivo de arroz	0,08	0,04	0,07	0,07	0,07	0,06	0,06
D. Suelos agrícolas	6,63	5,45	5,33	4,87	4,28	4,49	4,46
E. Quemas planificadas de sabanas							
F. Quema en campo de residuos agrícolas	0,19	0,16	0,13	0,10	0,07	0,10	0,10
G. Otros							
5. Cambios de uso del suelo y silvicultura							
6. Tratamiento y eliminación de residuos	2,65	3,08	3,21	3,04	2,98	3,13	3,16
A. Depósito en vertederos	1,73	2,16	2,28	2,13	2,09	2,20	2,21
B. Tratamiento de aguas residuales	0,80	0,78	0,77	0,77	0,75	0,78	0,80
C. Incineración de residuos	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
D. Otros	0,09	0,13	0,15	0,14	0,13	0,15	0,15
7. Otros							

2.1.2.- Absorciones y emisiones en UTCUTS

En la tabla 2.1.3 se muestran en los dos primeros bloques los valores correspondientes a las absorciones netas de carbono (mostradas con signo negativo) expresadas respectivamente en Gg de C y en Gg de CO₂ provenientes de las actividades de UTCUTS. Las absorciones se desglosan a su vez, primer bloque de la tabla, por origen distinguiendo entre los tres tipos siguientes de sumidero: bosque que se mantiene como bosque (FF), cultivo que pasa a ser bosque pero que no ha alcanzado su nivel de maduración como sistema forestal (CF), y cultivo que pasa a ser pastizal (CG). El tercer bloque de la citada tabla y la figura 2.1.3 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 CO₂ se sitúan en 2007 en un 30,5% por encima del año 1990, frente al 28,9% de la media

del último quinquenio, 2003-2007, asimismo con respecto al año 1990. En conjunto, la evolución del índice presenta tres periodos diferenciados: i) el correspondiente a los años 1990-1993 con una absorción constante anual determinada por la parte de bosque que históricamente venía siendo bosque; ii) el correspondiente a los años 1994-2001, en que al componente anterior se añade una significativa aportación de las tierras de cultivo que han sido reforestadas, y una aportación mucho menor, pero creciente aritméticamente, de las tierras de cultivo que pasan a ser pastizal; y iii) el periodo 2002-2007, en que se mantiene el ritmo de crecimiento de absorción de las tierras de cultivo que pasan a ser pastizal mientras se atempera la contribución más importante de las tierras de cultivo que pasan a ser bosque.

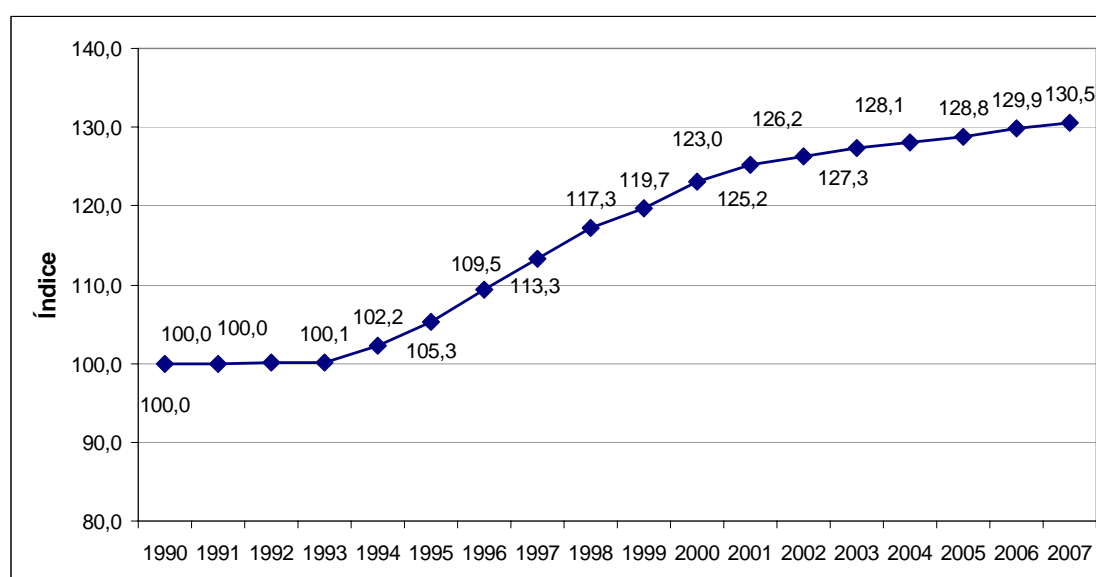
Tabla 2.1.3.- Evolución de las absorciones netas

Absorciones netas (Gg de C)							
Sumideros	1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
FF	-5.857	-5.857	-5.857	-5.857	-5.857	-5.857	-5.857
CF		-303	-1.581	-1.627	-1.668	-1.730	-1.763
CG	-1	-9	-20	-22	-23	-25	-26
Total	-5.858	-6.168	-7.458	-7.505	-7.548	-7.611	-7.646

Absorciones netas (Gg de CO ₂ -eq)						
1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
-21.479	-22.615	-27.346	-27.518	-27.675	-27.908	-28.035

Índice de evolución absorciones netas (año 1990 = 100)							
1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007	Quinquenio 2003-2007
100,0	105,3	127,3	128,1	128,8	129,9	130,5	128,9

Figura 2.1.3.- Índice de evolución de las absorciones netas



En el sector UTCUTS, además de las absorciones de carbono por los bosques, se registran también las emisiones de gases distintos de CO₂ originadas en los incendios forestales. En la tabla 2.1.4 se muestran, en el panel superior, en términos de CO₂-eq, la contribución de las emisiones de los otros dos gases con efecto de calentamiento directo (CH₄ y N₂O) generadas en estos incendios, y en el panel inferior la evolución del índice de dichas emisiones.

Tabla 2.1.4.- Emisiones en los incendios forestales de gases de efecto invernadero distintos de CO₂

Cifras absolutas (Gg de CO ₂ -eq)						
1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
188	158	156	125	260	563	38

Índice de evolución (año 1990 = 100)							
1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007	Quinquenio 2003-2007
100,0	84,1	82,7	66,5	138,1	298,9	20,2	129,2

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: CO₂, CH₄, N₂O, HFC, PFC, y SF₆⁵. En la parte superior de la tabla se muestran las emisiones en valores absolutos (Gg CO₂-eq); en la parte central las contribuciones (porcentuales) a las emisiones totales de CO₂-eq del total del inventario, y en la parte inferior la evolución en términos del índice temporal (año 1990 = 100 para CO₂, CH₄ y N₂O; 1995 = 100 para los gases fluorados).

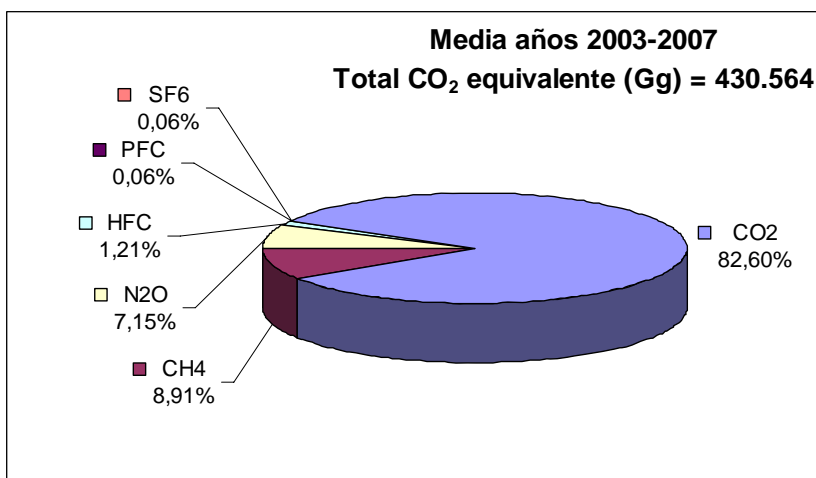
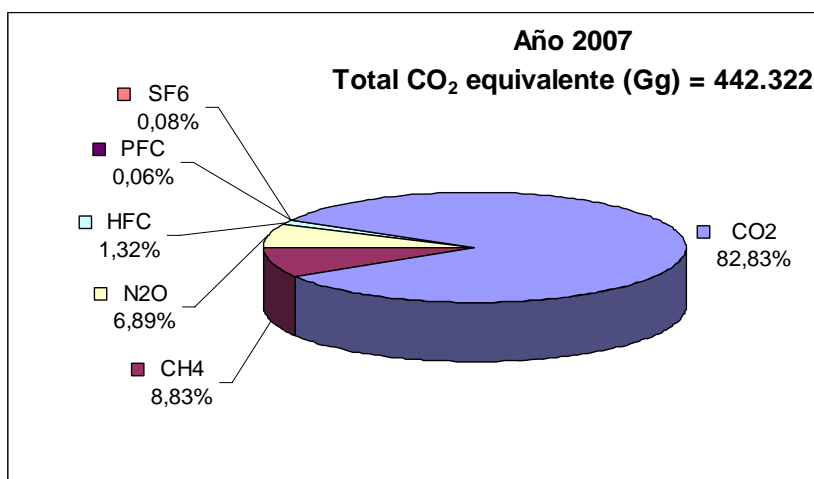
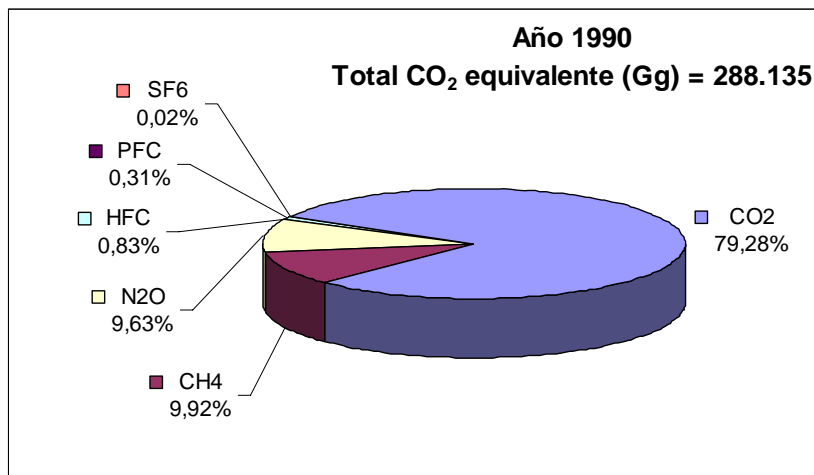
⁵ No se computan las emisiones/absorciones que correspondan al sector "Uso de la Tierra y Cambios del Uso de la Tierra y Silvicultura".

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

Cifras en Gg CO ₂ -eq							
GAS	1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
CO ₂	228.446,83	255.255,70	334.020,63	351.384,17	367.996,87	358.418,06	366.366,37
CH ₄	28.587,41	31.819,76	38.336,36	38.071,42	37.944,16	38.510,51	39.058,70
N ₂ O	27.747,40	26.504,20	32.392,92	31.356,97	29.687,34	30.020,30	30.470,38
HFC	2.403,18	4.645,44	5.032,78	4.679,87	5.006,09	5.549,63	5.837,02
PFC	882,92	832,51	267,31	272,04	244,41	247,63	249,12
SF ₆	66,92	108,34	207,66	254,00	271,63	323,62	339,97
TOTAL GASES	288.134,66	319.165,94	410.257,65	426.018,47	441.150,50	433.069,76	442.321,56
Porcentaje sobre el total de CO ₂ -eq del inventario							
GAS	1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
CO ₂	79,28	79,98	81,42	82,48	83,42	82,76	82,83
CH ₄	9,92	9,97	9,34	8,94	8,60	8,89	8,83
N ₂ O	9,63	8,30	7,90	7,36	6,73	6,93	6,89
HFC	0,83	1,46	1,23	1,10	1,13	1,28	1,32
PFC	0,31	0,26	0,07	0,06	0,06	0,06	0,06
SF ₆	0,02	0,03	0,05	0,06	0,06	0,07	0,08
TOTAL GASES	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Índice de evolución anual (año 1990 = 100; 1995 = 100 para los gases fluorados))							
GAS	1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
CO ₂	100,0	111,7	146,2	153,8	161,1	156,9	160,4
CH ₄	100,0	111,3	134,1	133,2	132,7	134,7	136,6
N ₂ O	100,0	95,5	116,7	113,0	107,0	108,2	109,8
HFC	51,7	100,0	108,3	100,7	107,8	119,5	125,7
PFC	106,1	100,0	32,1	32,7	29,4	29,7	29,9
SF ₆	61,8	100,0	191,7	234,4	250,7	298,7	313,8

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 79,3% de 1990 y llegando hasta el 82,8% en el año 2007. 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 9,9% al 8,8% y el óxido nitroso del 9,6% al 6,9% entre el año 1990 y el 2007. El conjunto de los gases fluorados se muestra con un rango de participación comprendida entre 1,0% (año 1991) y 2,3% (año 2000) a lo largo del período inventariado.

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 1990, año 2007 y media del quinquenio 2003-2007. Al comparar los tres paneles de esta figura puede observarse cómo el CO₂ incrementa su participación relativa en 3,5 puntos porcentuales al comparar el año 1990 con el año 2007, año que a su vez se sitúa un 0,2% por encima de la media del último quinquenio. En contraste, puede observarse una variación pequeña para el CH₄, con un rango de oscilación entre los extremos de aquellos cortes temporales del -1,1%, pues su horquilla para dichos períodos varía desde el 9,9% de 1990 al 8,8% de 2007. El N₂O refleja una mayor caída porcentual que el CH₄, pasando del 9,6% en el año 1990 a un 6,9% en 2007, con un intermedio de 7,2% en el último quinquenio. En cuanto a los gases fluorados, se observan diferencias entre sus componentes (HFC, PFC y SF₆), pero en conjunto su participación aumenta hasta la segunda mitad de la década de los 90, para descender después, situándose en 1,5% en 2007, y en 1,3% para la 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.

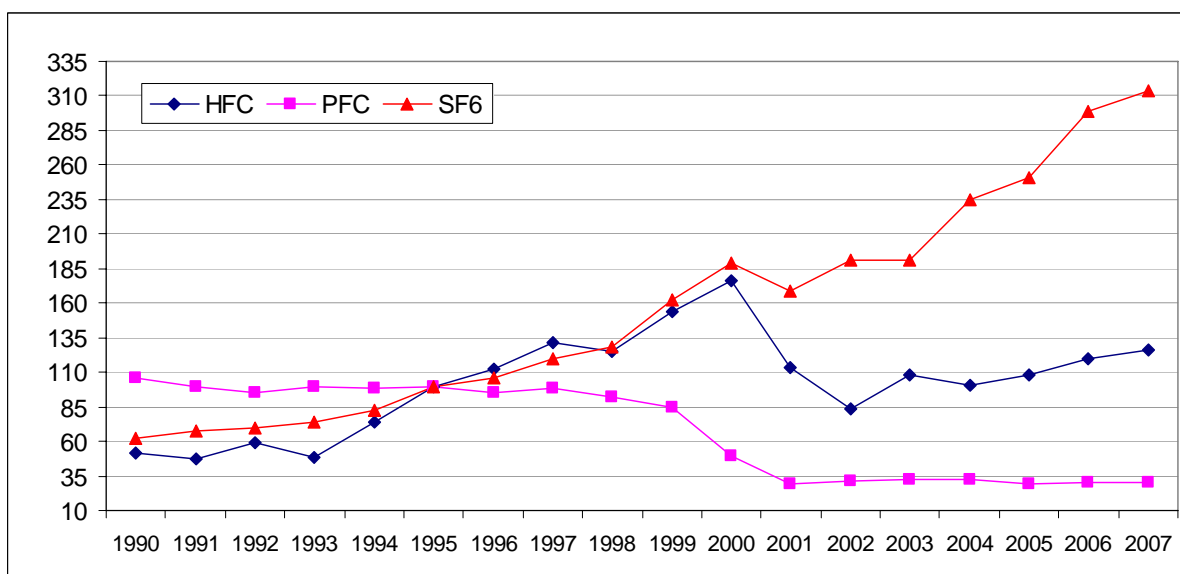
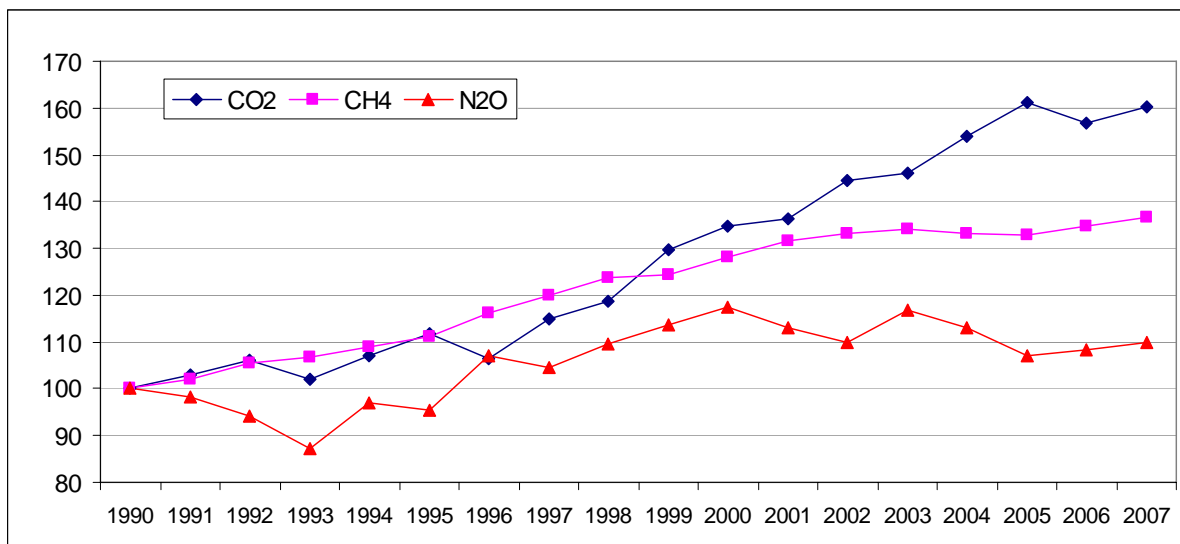
Figura 2.2.1.- Contribución por tipo de gas a las emisiones

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 CO₂, CH₄ y N₂O, tomando como referencia 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 SF₆, tomando en este caso como referencia 100 el año 1995. Al observar la evolución del CO₂ 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 1996-2007, pautas que se reflejan en gran medida en la evolución ya comentada del índice agregado, y que finalmente sitúan en el año 2007 su nivel en un 60,4% por encima del valor del año 1990. La evolución del CH₄ muestra una tendencia más uniforme a lo largo de todo el período, llegando a situarse al final del mismo en un 36,6% por encima del nivel del año 1990. El N₂O 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 2007 en un 9,8% por encima del año 1990.

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 estabilidad entre 2001 y 2007, situándose su nivel en 2007 en un 70,1% por debajo del año 1995. 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 SF₆ muestran, tras un período de convergencia en 1990-1994 y una evolución paralela entre 1995 y 2000, una divergencia posterior entre 2001 y 2007 al presentar un incremento sostenido el SF₆ y una caída brusca (2000-2002) en los HFC, finalizando el primero en este último año con un incremento del 213,8% con respecto al año 1995, mientras los HFC muestran un incremento en el año 2007 del 25,7% con respecto al mismo año 1995. El descenso en las emisiones de los HFC en 2000-2002 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.

En todo caso, para ver con más detalle las causas que afectan a la evolución de las tendencias de los diferentes gases, 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 2003-2007.

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 brutas⁶. En la parte superior de la tabla se muestran las emisiones en valores absolutos (Gg CO₂-eq), en la parte central las contribuciones (porcentuales) a las emisiones totales de CO₂-eq del total del inventario, y en la parte inferior la evolución en términos del índice temporal (año 1990 = 100).

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

Valores absolutos (Gg CO ₂ equivalente)							
SECTOR	1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
1. Procesado de la energía	212.465,02	240.705,53	314.441,60	331.500,24	347.308,80	337.170,02	345.391,32
2. Procesos industriales	26.314,29	27.411,17	32.722,32	32.860,15	34.321,67	35.007,86	34.852,48
3. Uso de disolventes y otros productos	1.387,85	1.343,58	1.596,23	1.517,91	1.481,74	1.517,27	1.674,20
4. Agricultura	40.330,18	39.877,02	48.323,12	47.191,80	44.878,13	45.817,68	46.425,65
6. Tratamientos y eliminación residuos	7.637,31	9.828,64	13.174,38	12.948,35	13.160,16	13.556,93	13.977,90
TOTAL SECTORES	288.134,66	319.165,94	410.257,65	426.018,47	441.150,50	433.069,76	442.321,56
5. Cambio uso suelo y silvicultura	-21.290,92	-22.456,81	-27.190,82	-27.392,72	-27.415,09	-27.344,98	-27.996,96

Contribución al total de CO ₂ -eq del inventario							
SECTOR	1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
1. Procesado de la energía	73,7	75,4	76,6	77,8	78,7	77,9	78,1
2. Procesos industriales	9,1	8,6	8,0	7,7	7,8	8,1	7,9
3. Uso de disolventes y otros productos	0,5	0,4	0,4	0,4	0,3	0,4	0,4
4. Agricultura	14,0	12,5	11,8	11,1	10,2	10,6	10,5
6. Tratamientos y eliminación residuos	2,7	3,1	3,2	3,0	3,0	3,1	3,2
TOTAL SECTORES	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

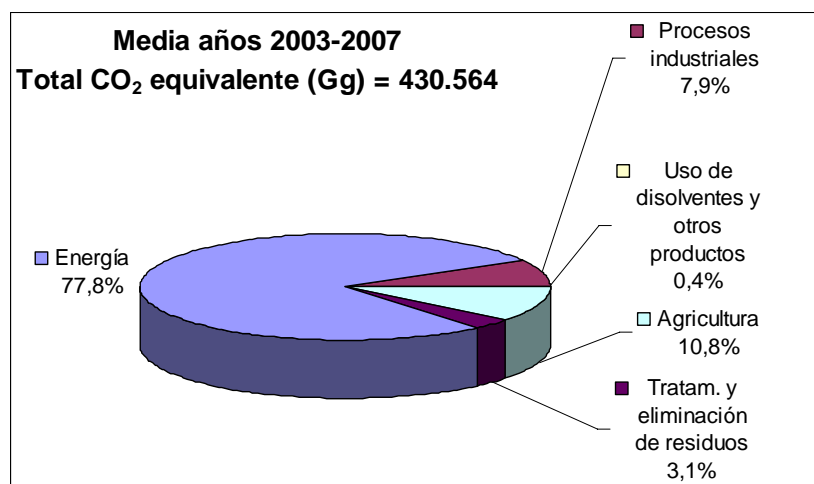
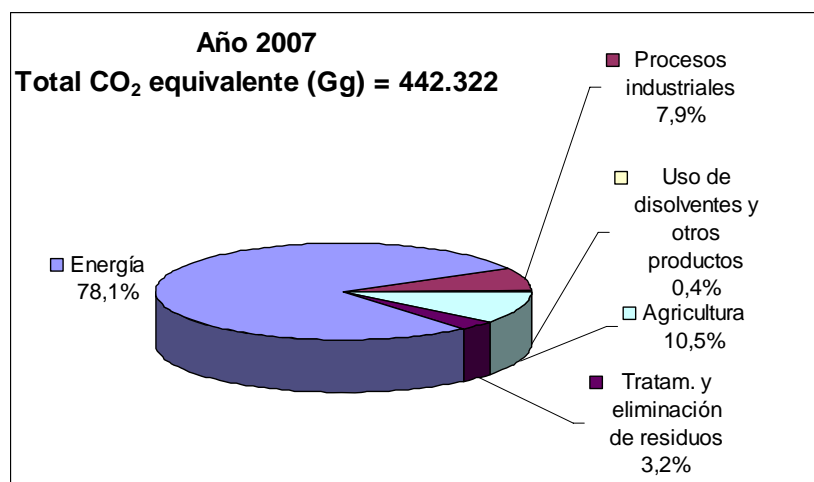
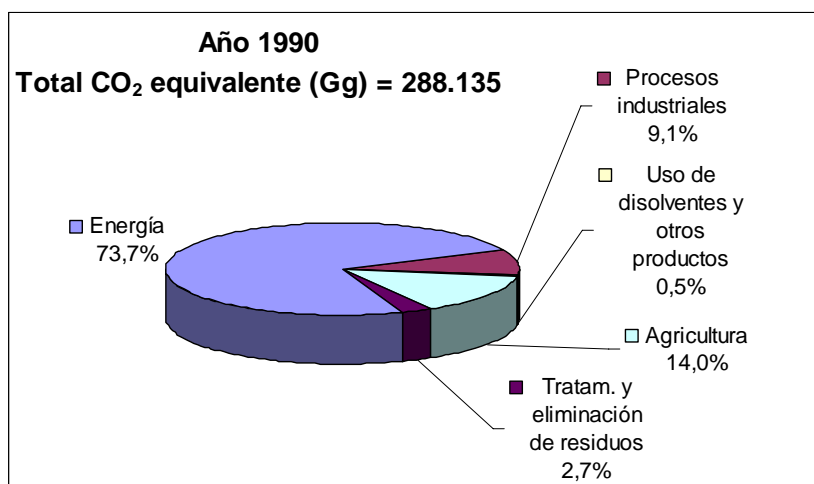
Índice de evolución anual (año 1990 = 100)							
SECTOR	1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
1. Procesado de la energía	100,0	113,3	148,0	156,0	163,5	158,7	162,6
2. Procesos industriales	100,0	104,2	124,4	124,9	130,4	133,0	132,4
3. Uso de disolventes y otros productos	100,0	96,8	115,0	109,4	106,8	109,3	120,6
4. Agricultura	100,0	98,9	119,8	117,0	111,3	113,6	115,1
6. Tratamientos y eliminación residuos	100,0	128,7	172,5	169,5	172,3	177,5	183,0

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 73,7% del año 1990 al 78,1% en el año 2007. Debe tenerse en cuenta que este grupo recoge, además de las emisiones de la combustión de fuentes fijas y móviles las emisiones evaporativas

⁶ Los valores negativos reseñados pro-memoria del grupo Uso de la Tierra y Cambios del Uso de la Tierra y Silvicultura corresponden a absorciones netas de CO₂-eq (absorciones de CO₂ por fijación de carbono menos emisiones de CH₄ y N₂O en incendios forestales) de este grupo.

procedentes de las actividades de extracción, transporte y distribución de combustibles, las cuáles son también relevantes para gases distintos del CO₂, como es el caso del CH₄. En segundo lugar y a gran distancia de la Energía se sitúa el grupo Agricultura, con cuotas que se sitúan en el 14,0% para el año 1990 y descienden al 10,5% en el año 2007. 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 9,1% en el año 1990 a 7,9% en el año 2007. El grupo Residuos muestra en conjunto una pauta creciente, aunque con oscilaciones, variando su contribución entre el 2,7% en el año 1990 y 3,2 en 2007, alcanzando cotas ligeramente mayores en años intermedios. Finalmente, el grupo Uso de Disolventes y Otros Productos presenta una contribución ya marginal que se sitúa entre el 0,3% y el 0,5% del total.

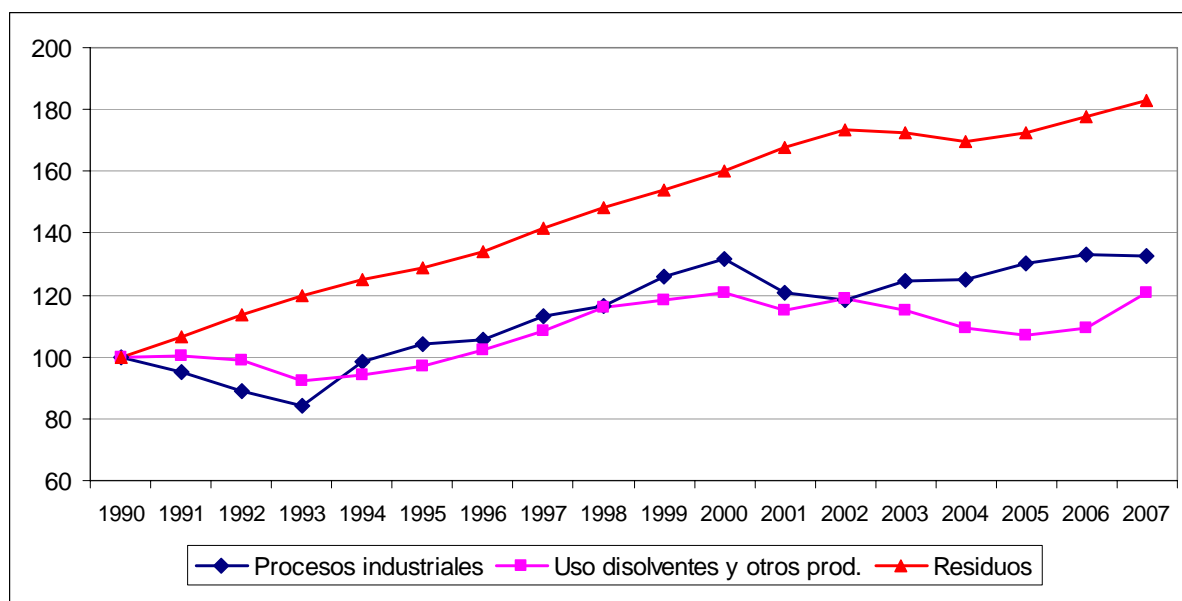
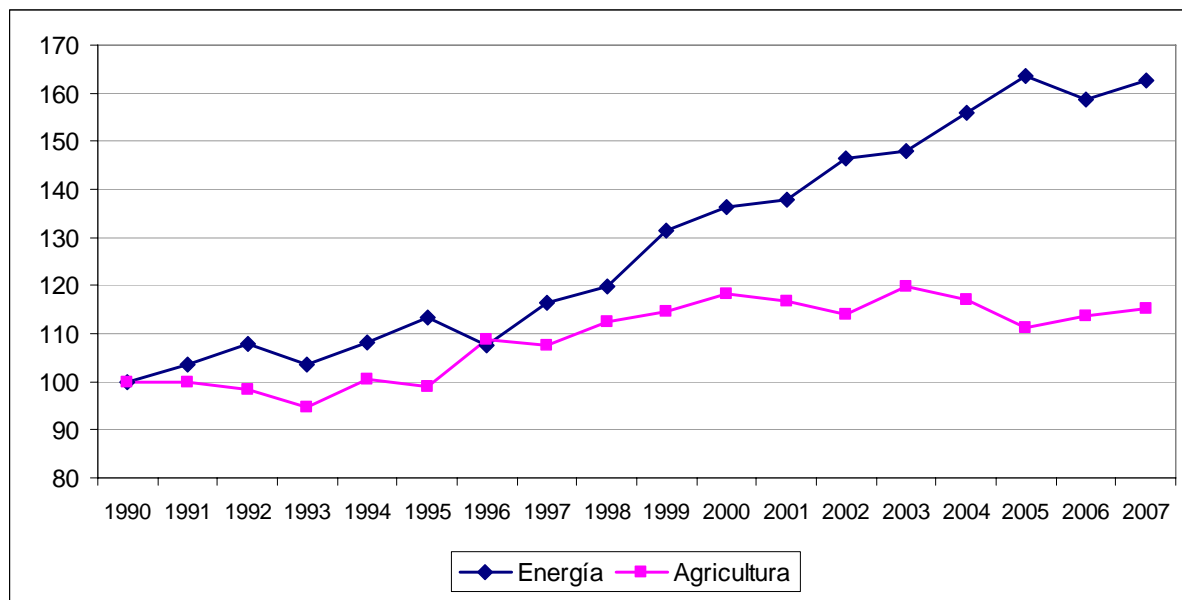
Los cambios en estas contribuciones relativas a lo largo del tiempo quedan plasmados en la figura 2.3.1 para los tres cortes temporales siguientes: año 1990, año 2007 y media del quinquenio 2003-2007. Al comparar los tres paneles de esta figura puede observarse cómo el sector Energía incrementa su participación relativa en 4,1 puntos porcentuales al comparar el año 1990 con la media del quinquenio 2003-2007, y posteriormente se incrementa en 0,2 puntos adicionales desde el nivel de la media del quinquenio 2003-2007 hasta el nivel del año 2007. Por lo que respecta al sector Agrícola su contribución relativa desciende en 3,5 puntos entre el año 1990 y el 2007, situándose en este último año 0,3 puntos por debajo de la media del último quinquenio. El grupo Procesos Industriales también muestra un descenso relativo del 1,3% entre el año 1990 y el 2007, y una práctica igualdad entre la media del último quinquenio y el último año del período. El sector Residuos mantiene su cuota de nivel relativamente estable, mostrando un incremento de 0,5 puntos entre el año 1990 y el año 2007, y un ligero aumento de 0,1 puntos porcentuales entre la media del último quinquenio y el año 2007. En cuanto al grupo Uso de Disolventes, la contribución ha descendido 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 sectores, 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 Energía y Agricultura, y en el panel inferior se incluyen los de los sectores Procesos Industriales, Uso de Disolventes y Otros Productos, y Residuos; tomando para todos ellos como referencia 100 el año 1990. Por lo que respecta al sector Energía se reproducen en gran medida los perfiles más arriba comentados con relación al agregado de emisiones (figura 2.1.1) y al CO₂ (figura 2.2.2) lo que se justifica por la estrecha relación entre las emisiones de CO₂ 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, seguida en el tramo 2000-2007 por un perfil con fluctuaciones pero en conjunto caracterizado por un ligero descenso. La evolución de este sector está básicamente determinada por las emisiones de CH₄ procedentes de la fermentación entérica y las de N₂O de suelos agrícolas, y en esta última actividad las fluctuaciones se asocian a las variaciones interanuales de la cantidad de fertilizantes nitrogenados sintéticos aplicados a los cultivos. El sector de Residuos es el que muestra la tendencia al alza más intensa y uniforme a lo largo de todo el periodo inventariado, 1990-2007, tendencia básicamente dominada por la evolución de las emisiones de CH₄ 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 del ciclo económico y que se refleja especialmente en caída de la producción de cemento, le sigue un periodo de crecimiento sostenido 1993-2000, y un descenso y recuperación final en 2001-2007 motivado por la evolución de las emisiones de PFC y HFC en este periodo, según 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, un descenso medio del nivel en los años siguientes para finalizar con un aumento significativo en tasa interanual en los años 2006 y 2007, asociado al uso de N₂, 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 Residuos y de Energía, ambos con tasas de crecimiento de sus emisiones muy elevadas, del 83% y el 62,6% respectivamente si se compara el nivel de 2007 con el del año de referencia 1990; y, por otro lado, las evoluciones más moderadas de los Procesos Industriales y de la Agricultura, cuyas tasas de crecimiento se sitúan respectivamente en el 32,4% y el 15,1%. El sector de Uso de Disolventes y Otros Productos, con una tasa de variación del 20,6% 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 las tendencias 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 2003-2007.

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

En la tabla 2.4.1 se muestra la evolución de los gases de efecto invernadero referida a sus valores absolutos expresados en gigagramos de cada gas (parte superior de la tabla) y a sus índices de evolución temporal (año 1990 = 100; parte inferior de la tabla), visualizándose la trayectoria de estos últimos en la figura 2.4.1.

En cuanto al 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 contrarrestado el efecto de ganancia tecnológica, y las emisiones absolutas han experimentado un crecimiento del 20,2% entre el año 1990 y el año 2007.

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 34,2% 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 las emisiones de este gas se han reducido en un 13,5% entre los años 1990 y 2007.

En cuanto al SO_2 es el sector energía el absolutamente dominante en la generación de las emisiones de este gas, con porcentajes en torno al 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 46,6% al pasar del año 1990 al 2007.

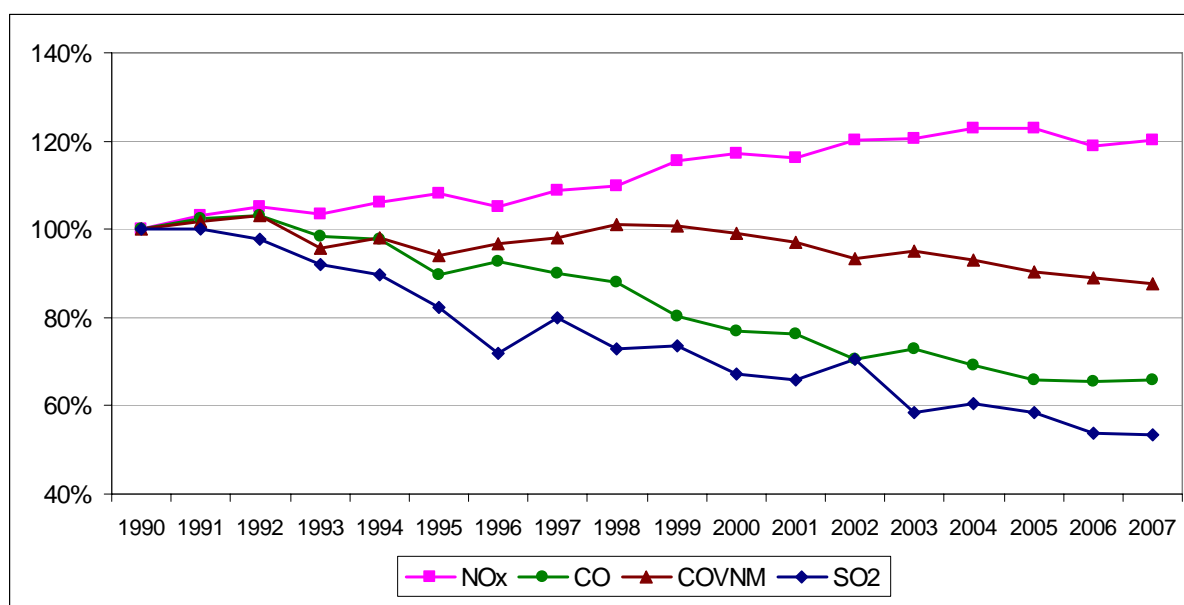
Toda esta información puede verse con un mayor grado de detalle (con desglose por sector de actividad y gas) en el Anexo 6 del presente informe.

Tabla 2.4.1.- Evolución de las emisiones de NO_x, CO, COVNM y SO₂**Valores absolutos (Gigagramos)**

GAS	1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
NO _x	1.246,38	1.347,15	1.501,35	1.531,65	1.530,25	1.481,35	1.498,46
CO	3.884,78	3.477,20	2.831,58	2.693,71	2.556,76	2.538,32	2.555,24
COVNM	1.095,24	1.031,11	1.039,94	1.020,02	990,45	973,63	958,22
SO ₂	2.166,84	1.781,91	1.266,80	1.309,89	1.265,93	1.161,52	1.156,03

Índice de evolución anual (año 1990 = 100)

GAS	1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
NO _x	100,0	108,1	120,5	122,9	122,8	118,9	120,2
CO	100,0	89,5	72,9	69,3	65,8	65,3	65,8
COVNM	100,0	94,1	95,0	93,1	90,4	88,9	87,5
SO ₂	100,0	82,2	58,5	60,5	58,4	53,6	53,4

Figura 2.4.1.- Índices temporales de las emisiones de NO_x, CO, COVNM y SO₂

3.- Energía

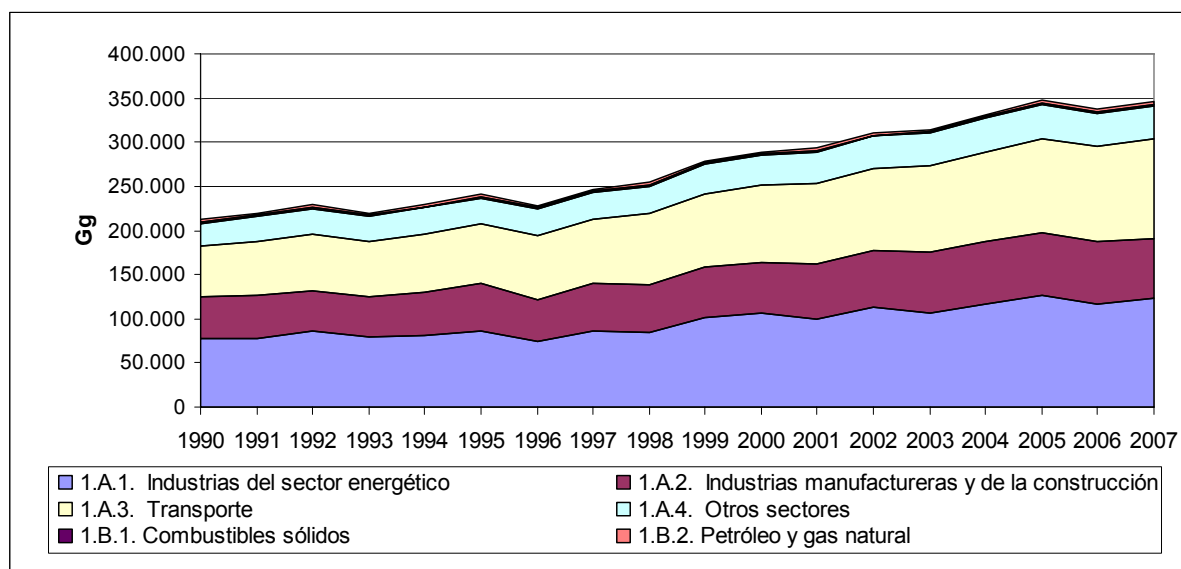
3.1.- Panorámica del sector

Las emisiones de la energía representaron en el año 2007, en términos de CO₂ equivalente (CO₂-eq), un 78,09% de las emisiones totales del inventario, lo que supone un incremento en su contribución respecto del año 1990, en el que representaban un 73,74% del total. Así, las emisiones de CO₂-eq en este sector han registrado un incremento del 62,6% a lo largo del periodo inventariado 1990-2007, pasando de 212.465 (Gg) de CO₂-eq en 1990 a 345.391 Gg en el año 2007. En la tabla 3.1.1 se presentan en términos de CO₂-eq 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).

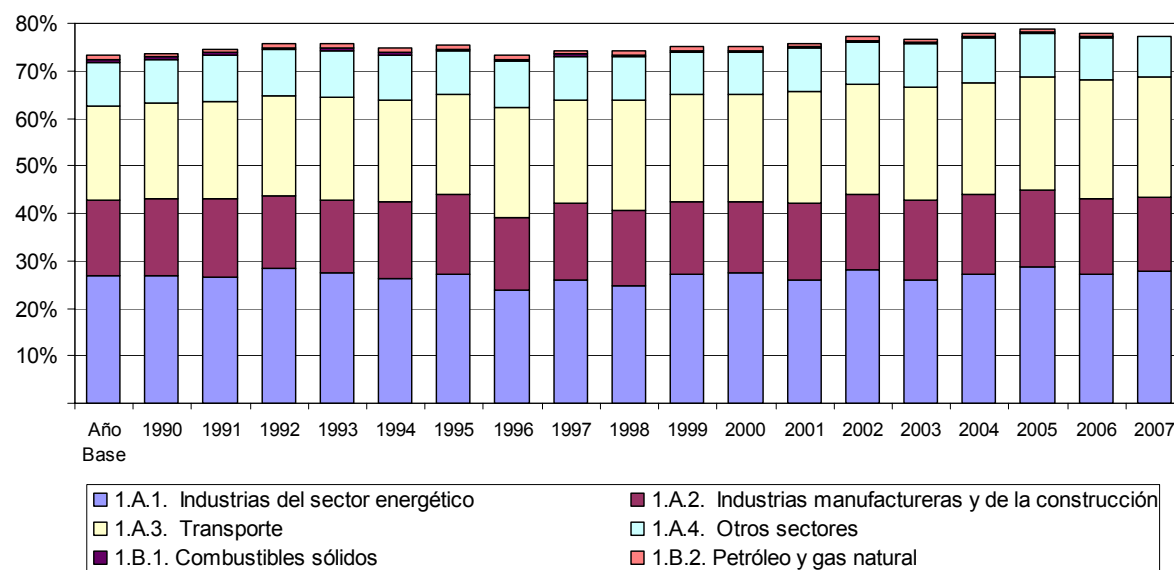
Tabla 3.1.1.- Emisiones de CO₂-eq (Cifras en Gg)

	1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
1.A Actividades de combustión	208.238	236.503	310.719	327.426	343.222	333.217	341.371
1.A.1 Industrias del sector energético	77.694	86.813	106.528	115.938	126.075	117.081	123.035
1.A.2 Industrias manufactureras y de la construcción	46.661	53.315	68.626	70.744	71.518	69.737	68.330
1.A.3 Transporte	57.483	66.983	97.472	101.290	105.548	108.611	112.269
1.A.4 Otros sectores	26.400	29.392	38.094	39.454	40.081	37.788	37.737
1.B Emisiones fugitivas de los combustibles	4.227	4.202	3.722	4.074	4.087	3.953	4.020
1.B.1 Combustibles sólidos	1.835	1.483	1.115	1.064	1.029	1.055	978
1.B.2 Petróleo y gas natural	2.391	2.720	2.607	3.010	3.058	2.898	3.043
Total Energía	212.465	240.706	314.442	331.500	347.309	337.170	345.391

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 CO₂-eq del sector con desglose por cada una de sus categorías.

Figura 3.1.1.- Evolución de las emisiones de CO₂-eq

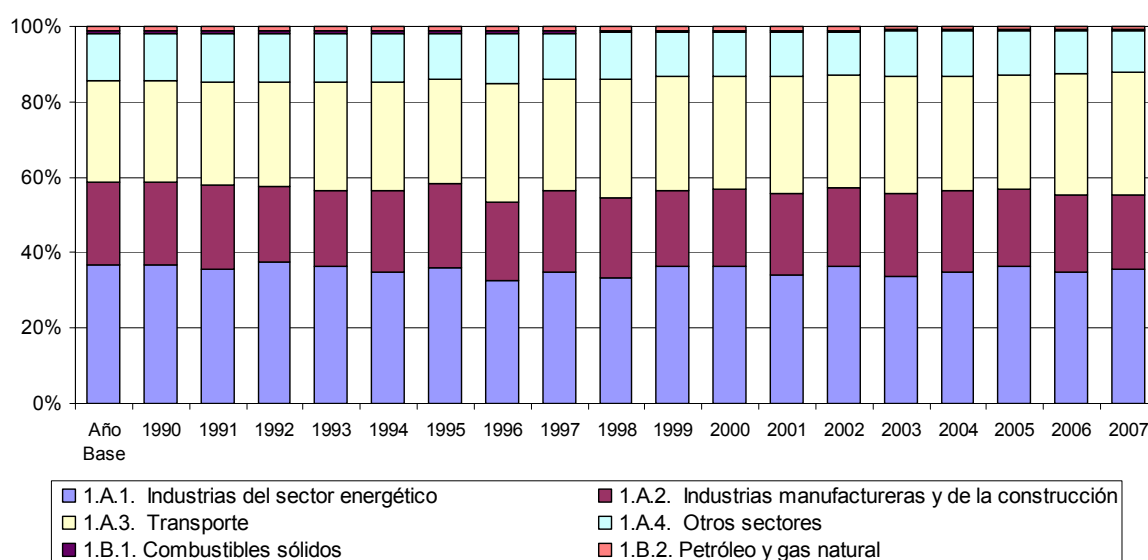
En la figura 3.1.2 se muestra la contribución de las distintas categorías fuente del sector de la energía a las emisiones totales de CO₂-eq del inventario a lo largo del periodo 1990-2007. Como puede observarse la contribución conjunta del sector ha sido siempre superior al 70% del total de emisiones, alcanzando su cuota más alta en el año 2005 (78,7%).

Figura 3.1.2.- Porcentaje de las emisiones de CO₂-eq por categoría respecto al total del inventario

En la figura 3.1.3 se muestra la distribución por categoría fuente de las emisiones de CO₂-eq 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 del sector energético (centrales térmicas, refinerías de petróleo, transformación de combustibles) y al transporte (35,6 y 32,5% respectivamente en 2007), seguidas por las industrias manufactureras y de la construcción (19,8% en el año 2007) y la combustión en otros sectores (10,9% en el año 2007). Tal y como se ha mencionado previamente, las emisiones correspondientes a las categorías de emisiones fugitivas de combustibles tienen una importancia reducida (inferior al 1,2% en 2007) 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 CO₂-eq 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 cuanto a los totales de cada tipo de combustible, en las versiones de EUROSTAT y Agencia Internacional de la Energía (AIE), hasta el año penúltimo del periodo inventariado, y en la versión de los cuestionarios energéticos internacionales del MITYC

para el último año del periodo inventariado¹. 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. Cuando la información se ha obtenido por esta vía y cubre exhaustivamente el conjunto de un determinado sector se da preferencia a esta fuente de información sobre otras fuentes alternativas. Sin embargo, cuando la información obtenida de forma individualizada no cubre la totalidad de un determinado sector, se considera también la información complementaria de la fuente de información más agregada para obtener una estimación del total del consumo en el correspondiente sector. Por otra parte, 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 CO₂, 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 CO₂ (metodología IPCC basada en contenido de carbono del combustible y factor de oxidación del carbono a CO₂), si bien cuando para un combustible no se dispone de esta información se opta por una aproximación al factor de CO₂ final basándose en características estándar de los combustibles (esencialmente el poder calorífico inferior). Para el CH₄ y el N₂O, 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 IPCC, la Guía de Buenas Prácticas 2000 IPCC, el Libro Guía de EMEP/CORINAIR, y otras fuentes sectoriales (American Petroleum Institute, API) o institucionales (Centre Interprofessionel 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 (CO₂, CH₄ y N₂O) 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 y de la combustión del biogás de vertederos cuando en dichas actividades se realiza valorización energética de los residuos

¹ Esta disponibilidad de fuentes (balances energéticos de AIE y EUROSTAT por un lado, y de cuestionarios energéticos internacionales por otro) debe de ser considerada a lo largo de este capítulo cada vez que se haga mención a las fuentes de referencia de los datos energéticos.

incinerados y del biogás. 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 CO₂ 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 y grandes vertederos 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, fábricas de pasta de papel y fabricación de vidrio². 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, salvo 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*.

A continuación se examinan en detalle las fuentes clave del sector de la energía. Para el periodo 1990-2007 se han identificado las siguientes fuentes clave:

- Plantas de servicio público de electricidad y calor (1A1a) por emisiones de CO₂. Para combustibles sólidos y líquidos por su nivel de emisión a lo largo de todo el periodo 1990-2007, y para combustibles gaseosos por su nivel en el periodo 1997-2007. Por la tendencia, para los combustibles sólidos en los años 1990-1994 y 1996-2007; para los combustibles líquidos en los años 1990-1992, 1994-2007; y para los combustibles gaseosos en los años 1993-1995 y 1997-2007.
- Refinerías de petróleo (1A1b) por emisiones de CO₂. Para los combustibles líquidos por su nivel de emisión a lo largo del periodo 1990-2007 y por su tendencia en los años 1990-1992, 1994-1996 y 1998-2007; y para los combustibles gaseosos por su tendencia en los años 1997-2000 y 2002-2007.
- Transformación de combustibles sólidos y otras industrias energéticas (1A1c) por emisiones de CO₂. Para los combustibles sólidos por su nivel de emisión en los años 1990-1994 y por su tendencia en el periodo 1992-2007; para los combustibles líquidos por su tendencia en los años 1994-2000; y para los combustibles gaseosos por su tendencia en el año 1996.

² Para las plantas de fabricación de vidrio, la información mediante cuestionario individualizado está disponible a partir del año 2003.

- Combustión estacionaria en el sector industrial (1A2) por emisiones de CO₂. Por el nivel de emisión a lo largo de todo el periodo 1990-2007 para combustibles sólidos, líquidos y gaseosos. Por la tendencia, para los combustibles sólidos y líquidos en todo el periodo 1990-2007; y para los combustibles gaseosos por su tendencia en los años 1990 y 1992-2007.
- Tráfico aéreo nacional (1A3a) por su nivel de emisión de CO₂ en todo el periodo 1990-2007 y por su tendencia en los años 1990-1997 y 2007.
- Transporte por carretera (1A3b): para el CO₂ por su nivel de emisión y por su tendencia en todo el periodo 1990-2007, tanto para gasolina como para gasóleo; y por lo que se refiere a N₂O por su nivel en 1997-2007 y por su tendencia en 1993-2007.
- Tráfico marítimo nacional (1A3d) por su nivel de emisión de CO₂ en 1990-1996, y 1999-2007 y por su tendencia en 1993-1994 y 1997-1998.
- Combustión estacionaria en "Otros sectores" (1A4). Por el nivel de emisión de CO₂ a lo largo de todo el periodo 1990-2007 para combustibles líquidos y gaseosos, y en el periodo 1990-1996 para los combustibles sólidos. Por la tendencia en las emisiones de CO₂, para los combustibles sólidos en los años 1991-1992 y 1994-2007; para los combustibles líquidos en los años 1990-1994 y 1996-2007; y para los combustibles gaseosos el periodo 1991-2007. En cuanto a las emisiones de CH₄, esta actividad es fuente clave por su tendencia en los años 1995 y 1999 para el conjunto de combustibles.
- Emisiones fugitivas – combustibles sólidos (1B1): para el CH₄ por su nivel de emisión en 1990-1998, y por su tendencia en el periodo 1991-2007.
- Emisiones fugitivas – petróleo y gas natural (1B2): para el CO₂ por su nivel en todos los años del periodo 1990-2007, y por su tendencia en los años 1991, 1993 y 1994; y para el CH₄ 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 clave³, así como los valores absolutos en términos de CO₂-eq, referidos todos ellos al año 2007.

³ 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 ₂ -eq (Gg) (2007)	Contribución Nivel (2007)			Contribución Tendencia (2007)		
Código	Descripción			%	Fuente clave	Nº orden	%	Fuente clave	Nº orden
1A1	Combustión en el sector energía	N ₂ O	739	0,17	NO	37	0,14	NO	40
1A1a	Plantas de servicio público de electricidad y calor – Sólidos	CO ₂	71.082	16,07	SÍ	2	7,46	SÍ	5
1A1a	Plantas de servicio público de electricidad y calor – Líquidos	CO ₂	9.706	2,19	SÍ	14	0,24	NO	31
1A1a	Plantas de servicio público de electricidad y calor – Gaseosos	CO ₂	25.880	5,85	SÍ	4	11,10	SÍ	2
1A1b	Refino de petróleo – Líquidos	CO ₂	11.372	2,57	SÍ	10	2,28	SÍ	13
1A1b	Refino de petróleo – Gaseosos	CO ₂	1.478	0,33	NO	30	0,62	SÍ	24
1A1c	Transformación de comb. sólidos y otras ind. energéticas – Sólidos	CO ₂	945	0,21	NO	34	0,82	SÍ	20
1A1c	Transformación de comb. sólidos y otras ind. energéticas – Líquidos	CO ₂	780	0,18	NO	36	0,31	NO	29
1A1c	Transformación de comb. sólidos y otras ind. energéticas – Gaseosos	CO ₂	197	0,04	NO	53	0,05	NO	50
1A2	Combustión estacionaria en la industria– Sólidos	CO ₂	5.694	1,29	SÍ	18	6,37	SÍ	6
1A2	Combustión estacionaria en la industria– Líquidos	CO ₂	25.750	5,82	SÍ	5	5,10	SÍ	7
1A2	Combustión estacionaria en la industria– Gaseosos	CO ₂	35.621	8,05	SÍ	3	10,02	SÍ	3
1A3a	Tráfico aéreo nacional	CO ₂	7.582	1,71	SÍ	17	0,57	SÍ	25
1A3b	Transporte por carretera - Gasolina	CO ₂	76.542	17,30	SÍ	1	17,30	SÍ	1
1A3b	Transporte por carretera – Gasóleo	CO ₂	21.185	4,79	SÍ	7	8,06	SÍ	4
1A3b	Transporte por carretera	N ₂ O	2.851	0,64	SÍ	23	0,80	SÍ	21
1A3d	Tráfico marítimo nacional	CO ₂	3.260	0,74	SÍ	21	0,43	NO	27
1A4	Combustión estacionaria en otros sectores – Sólidos	CO ₂	553	0,13	NO	42	1,29	SÍ	17
1A4	Combustión estacionaria en otros sectores – Líquidos	CO ₂	24.910	5,63	SÍ	6	3,57	SÍ	9
1A4	Combustión estacionaria en otros sectores – Gaseosos	CO ₂	11.283	2,55	SÍ	11	4,08	SÍ	8
1A4	Combustión estacionaria en otros sectores	CH ₄	658	0,15	NO	39	0,26	NO	30
1B1	Emisiones fugitivas – Comb. sólidos	CH ₄	884	0,20	NO	35	0,83	SÍ	19
1B2	Emisiones fugitivas – Petróleo y gas natural	CO ₂	2.482	0,56	SÍ	24	0,09	NO	44
1B2	Emisiones fugitivas – Petróleo y gas natural	CH ₄	560	0,13	NO	41	0,18	NO	37

c) Explicación de la tendencia

Las emisiones de esta categoría están claramente dominadas por las provenientes de las actividades de combustión, ya que suponen entre el 98% y el 99% de la categoría, siendo las emisiones fugitivas totalmente marginales.

El principal grupo de actividades lo constituyen las industrias del sector energético (categoría 1A1 que incluye las centrales térmicas, refinerías de petróleo, transformación de combustibles), pues suponen entre el 32% y el 38% de las emisiones de la categoría. Dado su peso relativo, interesa distinguir dentro de este agregado por un lado la evolución de las centrales térmicas y por otro la industria del refino de petróleo, pues el sub-sector de transformación de combustibles tiene una ponderación muy reducida en el conjunto del grupo. En la tendencia de las emisiones de las centrales térmicas puede distinguirse a grandes rasgos dos sub-intervalos: el periodo 1990-1998 relativamente estable y con un crecimiento moderado, y el periodo 1998-2007 con una tasa de crecimiento significativo en consonancia con los requerimientos de energía eléctrica motivados por el crecimiento económico. Sobre estas pautas generales de la tendencia las emisiones aparecen moduladas por picos y valles relativos cuya explicación se encuentra esencialmente en la influencia del año hidrológico en la producción de electricidad. Así destacan como valles los años 1996, 2001, 2003 y 2006, y como picos relativos los años 1995, 2002 y 2005. En cuanto a las refinerías de petróleo, la evolución de sus emisiones viene marcada esencialmente por el volumen de crudo refinado y adicionalmente por la expansión de las actividades de cogeneración dentro de esta industria y, en los últimos años, por la extensión de determinados procesos (plantas de producción de hidrógeno) intensivos en consumo de combustibles. En conjunto para la categoría 1A1 las emisiones de CO₂-eq han experimentado un crecimiento superior al 58% si se compara el nivel de 2007 con respecto al del año 1990.

Por lo que respecta a la combustión industrial (categoría 1A2), puede apreciarse como las emisiones siguen en general la pauta tendencial y fluctuaciones de la actividad económica del país, con un decrecimiento en el periodo 1990-1993, un periodo de fluctuación entre 1993 y 1997 con reconversiones sectoriales, y un periodo de crecimiento posterior, con una inflexión a la baja en los años 2006 y 2007. En la evolución de las emisiones también ha jugado un papel importante la modificación de la mezcla de combustibles utilizados hacia composiciones con menos contenido de carbono por unidad energética. Las emisiones de CO₂-eq en esta categoría 1A2 experimentan una variación superior al 46% en el año 2007 con respecto al año 1990.

En cuanto a las actividades del transporte, con una contribución a las emisiones de la categoría que varía del 27% al 33% a lo largo del periodo analizado, destaca como absolutamente dominante el transporte por carretera, cuyas emisiones de CO₂-eq suponen entre el 89% y el 92% del transporte en el periodo inventariado, y que presenta tasas de crecimiento interanual elevadas, excepción hecha del pequeño descenso en el año 1993 y la práctica estabilidad del año 1995. A gran distancia del transporte por carretera se sitúa el tráfico aéreo (entre el 4,4% y el 7,3% de las emisiones de CO₂-eq del transporte), en el que tras el periodo 1990-1994 de descenso de la actividad y consecuentemente de las emisiones se produce un aumento significativo del nivel de actividad, excepción hecha del paréntesis que supuso el periodo 2000-2003 de crisis relativa en el sector por la situación del contexto político internacional. Por último el transporte marítimo, partiendo de una posición de poco peso en el conjunto del transporte (entre el 1,6% y el 2,9% a lo largo del periodo inventariado), evidencia a partir del año 1998 un crecimiento sostenido. Otros modos de transporte (ferrocarril, tubería, etc.) tienen una contribución marginal. En conjunto las emisiones de CO₂-eq en las actividades del transporte presentan un incremento por encima del 95% en el año 2007 con respecto al año 1990.

Por lo que se refiere a la combustión en “Otros sectores” (categoría 1A4, donde se incluye la combustión en los sectores residencial, comercial e institucional, así como el uso de combustibles en maquinaria agro-forestal y en la flota pesquera), puede distinguirse el periodo 1990-1997 de relativa estabilidad o moderado crecimiento, y el periodo 1997-2005 de crecimiento sostenido al que sigue el año 2006 con una inflexión a la baja y el año 2007 que es prácticamente estable con respecto al año 2006. Parte de este perfil está motivado por una evolución del nivel de actividad y renta económica pero con picos y valles menos acentuados que los que se presentan en la combustión industrial. La contribución a las emisiones de esta categoría oscila entre el 11% y el 13% a lo largo del periodo analizado, con una variación de las emisiones de CO₂-eq entre el año 2007 y el año 1990 del 42,9%.

d) Programa de garantía de calidad

Como ya se ha mencionado en el epígrafe 1.6.5 del capítulo 1, a lo largo de los años 2007-2008 se desarrolló el “Programa de garantía de calidad del inventario nacional de emisiones de contaminantes a la atmósfera” cuya encomienda fue asignada al Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT)⁴. En dicho programa se cubren dos áreas principales, una referida a aspectos generales del inventario, y una segunda específica del sector Energía que es de la que se va a informar a continuación.

Como resumen de las principales conclusiones sobre los aspectos referentes a la energía cabe destacar las siguientes:

a) Datos de entrada

Mejora en la documentación de los factores de emisión, principalmente en los casos en que correspondan a combustibles o procesos muy singulares.

b) Relación de fuentes emisoras

Homogeneizar el tratamiento en el sector de las plantas de tratamiento de residuos en las que se efectúe valorización energética, de las que actualmente se incluyen las incineradoras y los vertederos.

Armonizar la identificación de fuentes para cubrir las Grandes Instalaciones de Combustión (GIC) (Directiva 2001/80/CE y Real Decreto 430/2004).

c) Cuestionarios

Mejora del diseño de los cuestionarios, evitando posibles ambigüedades en los requerimientos de información que pudieran originar posteriores errores interpretativos de los datos facilitados. Consecuentemente con lo anterior, deberán ser adaptadas las normas de cumplimentación de los cuestionarios para facilitar y clarificar a los responsables de los centros cuáles son los requerimientos necesarios.

⁴ Véase en este sentido referencia al CIEMAT en el epígrafe 1.2.3.

d) Controles de calidad

Intensificación de los controles de calidad aplicados a la información facilitada en los cuestionarios, bien sea en los propios cuestionarios o en el procesamiento posterior de la información mediante la utilización de herramientas auxiliares o en la propia base de datos. En particular se deberá hacer hincapié en los datos facilitados de emisiones medidas (SO_2 , NO_x , partículas), características de combustibles declaradas, así como evitar las carencias de información que puedan presentarse en la información facilitada.

e) Documentación generada

Mejora de la documentación generada ampliando las explicaciones de los controles realizados, criterios empleados en las asignaciones de las diferentes nomenclaturas (en particular para los combustibles), y de las modificaciones realizadas en los datos.

f) Base de datos (estructura y contenido)

Mejora en la transparencia de los instrumentos auxiliares de la base de datos principal.

g) Trazabilidad

Mejorar la trazabilidad de la información que se modifica en la base de datos, bien sea mediante mecanismos intrínsecos a la propia base de datos o mediante referencias en los informes que se elaboran.

h) Datos de emisiones (procesado de datos)

Extensión del desarrollo de los contrastes entre estimaciones de emisiones basadas en medidas y basadas en cálculos.

i) Informes

Mejora de los informes elaborados mediante la inclusión de un mayor detalle de los combustibles consumidos, metodologías de estimación utilizadas y referencias a informaciones y documentaciones adicionales empleadas.

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 y los vertederos de residuos sólidos urbanos en los 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 CO₂ 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 (CO₂, CH₄ y N₂O) en términos de CO₂-eq. En esta misma tabla se presentan el índice de evolución temporal (base 100 año 1990) de las emisiones de CO₂-eq, y las contribuciones de las emisiones de CO₂-eq de esta categoría sobre el total del inventario y del sector energía. En dichas tablas no figuran las emisiones de CO₂ 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	2003	2004	2005	2006	2007
CO₂							
Líquidos	6.007	7.880	10.995	11.886	12.964	11.293	9.706
Sólidos	57.787	63.397	71.666	75.246	75.996	65.583	71.082
Gaseosos	427	135	7.860	11.881	20.375	23.857	25.880
Biomasa							
Otros	120	221	561	632	712	687	697
Total	64.341	71.633	91.082	99.645	110.047	101.420	107.365
CH₄							
Líquidos	0,10	0,13	0,24	0,27	0,32	0,31	0,31
Sólidos	0,35	0,39	0,44	0,46	0,47	0,40	0,44
Gaseosos	0,00	0,00	0,42	0,69	1,21	1,56	1,73
Biomasa	0,00	0,14	1,49	2,47	2,59	2,92	3,06
Otros	0,00	0,00	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
Total	0,45	0,66	2,62	3,90	4,61	5,22	5,54
N₂O							
Líquidos	0,12	0,16	0,23	0,25	0,28	0,24	0,21
Sólidos	0,47	1,21	1,24	1,18	1,13	0,97	0,99
Gaseosos	0,01	0,00	0,17	0,26	0,45	0,54	0,60
Biomasa	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Otros	0,04	0,07	0,17	0,17	0,18	0,19	0,19
Total	0,64	1,44	1,82	1,88	2,04	1,96	2,01

Tabla 3.2.2.- Emisiones de CO₂-eq: valores absolutos, índices y ratios

	1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
CO ₂ -eq (Gg)	64.548	72.094	91.701	100.310	110.778	102.137	108.104
Índice CO ₂ -eq	100,0	111,7	142,1	155,4	171,6	158,2	167,5
% CO ₂ -eq sobre total inventario	22,40	22,59	22,35	23,55	25,11	23,58	24,44
% CO ₂ -eq sobre energía	30,38	29,95	29,16	30,26	31,90	30,29	31,30

3.2.2.- Metodología

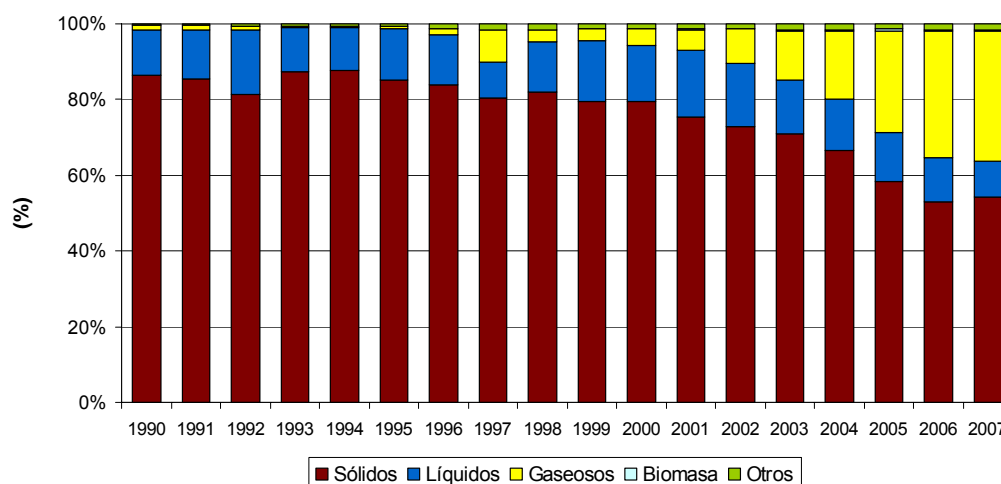
En la tabla 3.2.3 se muestra la variable de actividad, consumo de combustibles, expresada en términos de energía (terajulios de poder calorífico inferior, TJ_{PCI}). Esta es una información derivada calculada a partir del consumo en unidades físicas (toneladas o m³N) y los correspondientes poderes caloríficos. 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 y vertederos de residuos sólidos urbanos que realizan valorización energética de los residuos o del biogás captado, la información sobre las cantidades de residuos y de biogás quemados ha sido recabada asimismo mediante cuestionario individualizado a cada una de las plantas incineradoras y a los grandes vertederos, solicitándose asimismo en dicho cuestionario la composición de los residuos y del biogás, así como otros parámetros requeridos para la aplicación de los algoritmos de estimación de las emisiones.

Tabla 3.2.3.- Consumo de combustibles (Cifras en TJ_{PCI})

Tipo	1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
Líquidos	79.772	103.438	144.673	156.421	170.276	148.370	127.138
Gasóleo	6.947	9.307	27.469	34.238	43.470	47.231	50.154
Fuelóleo	72.825	94.131	117.204	121.003	126.747	101.084	76.951
Coque de petróleo				1.134			
Otros comb. líquidos				46	59	55	33
Sólidos	581.243	645.835	727.941	767.240	778.218	670.057	724.436
Hulla y antracita	401.954	460.387	606.215	643.058	656.325	559.634	614.122
Lignito negro	53.162	104.118	42.678	46.932	47.585	42.556	41.995
Lignito pardo	114.539	75.380	67.273	65.080	61.976	57.032	56.385
Coque							
Briquetas de lignito	5.860						
Gas de coquería	944	591	2.500	2.732	2.410	2.327	1.834
Gas de horno alto	4.784	5.359	9.274	9.438	9.922	8.508	10.099
Gaseosos	7.337	2.638	134.009	205.808	357.841	420.963	457.565
Gas natural	7.337	2.638	125.635	198.270	351.374	414.317	450.826
Otros comb. gaseosos			8.374	7.538	6.466	6.645	6.739
Biomasa	4	242	3.560	5.499	5.896	6.494	6.199
Madera/Res. de madera			146	405	352	266	268
Otra biomasa sólida			767	719	1.080	1.209	612
Biogás	4	242	2.647	4.375	4.464	5.019	5.319
Otros	3.103	5.708	15.483	17.423	17.978	19.189	19.845
R.S.U.	3.103	5.708	15.277	15.423	15.598	17.461	18.532
Residuos industriales			206	2.000	2.379	1.728	1.313
Total	671.459	757.862	1.025.666	1.152.391	1.330.208	1.265.073	1.335.183

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 (gas de coquería y de horno alto) de combustibles sólidos primarios. Entre los combustibles líquidos el principal consumo corresponde al fuelóleo con una aportación complementaria de gasóleo, si bien a partir de 2006 se observa un descenso apreciable en el consumo de fuelóleo como consecuencia del cese de actividad de instalaciones que utilizaban este combustible. 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 y de biogás en los vertederos que valorizan tales residuos y biogás. 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_{PCI}



Para la estimación de las emisiones de CO_2 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_2 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_{CO_2} : factor de emisión especificado

C_{comb} : ratio de carbono en el combustible (kg de C/kg de combustible)

ε : fracción de carbono oxidado

H_U : el poder calorífico inferior (en MJ por kg de combustible).

Los valores de C_{comb} y de H_U 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 1996 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_2 (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 IPCC.

En cuanto a la estimación de las emisiones de CH_4 y N_2O 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_2 y el NO_x se da preferencia a las emisiones medidas que facilitan las plantas.

En las 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_2 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 ₂ (t/TJ)	CH ₄ (kg/TJ)	N ₂ 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) 92,9-93,3 (2) (5)	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)	43,7-51,4 (5)	2,5	1,75

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

Manual de Referencia 1996 IPCC, tabla 1-1, para el CO₂ de la biomasa

API Compendium para el N₂O del fuelóleo, del gasóleo y del gas natural ("Uncontrolled boilers and heaters")

CITEPA, para el N₂O del coque, coque de petróleo, gas de coquería, gas de horno alto y biogás.

Manual de referencia 1996 IPCC, tabla 1-15, para el N₂O de la hulla y lignito negro en el caso de combustión en lecho fluido.

Manual de referencia 1996 IPCC, tabla 1-8, para el N₂O 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 CO₂ 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 CO₂/GJ; 1992 y siguientes: 56 kg CO₂/GJ.

(7) Se trata de goma triturada. El rango de factores de CO₂ 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 CH₄ y el N₂O a los de un gas de coquería por su contenido en hidrógeno y metano. En el caso del CO₂ 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 ₂ (t/TJ)	CH ₄ (kg/TJ)	N ₂ O (kg/TJ)
Gasóleo	73	4	1,85
Fuelóleo	76	3	1,75
Gas natural	55-56 (1)	4	1,3
Otros comb. gaseosos (2)	117,8 – 126,3	3	2,5
Residuos industriales (3)	43,7-51,4	2,5	1,75

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

API Compendium para el N₂O del gas natural ("*Uncontrolled turbines*") y del gasóleo, asimilando en este caso el factor de emisión al de los motores estacionarios.

CITEPA, para el N₂O del fuelóleo y de otros combustibles gaseosos.

- (1) Años 1990 y 1991 55 kg CO₂/GJ; 1992 y siguientes: 56 kg CO₂/GJ.
- (2) Se trata de gas sintético obtenido como resultado del proceso de gasificación de carbón. Para el CO₂ se muestra el rango de variación a lo largo del periodo inventariado. Para el CH₄, 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 CH₄ y el N₂O a los de un gas de coquería por su contenido en hidrógeno y metano. En el caso del CO₂ el factor se ha obtenido por balance de masas a partir de las características específicas facilitadas (contenido de carbono, PCI) del gas en cuestión, presentándose el rango de variación a lo largo del periodo inventariado.

Tabla 3.2.6.- Factores de emisión. Motores estacionarios

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

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

API Compendium para el N₂O del gasóleo ("*Large bore diesel engine*")

CITEPA, para el N₂O del fuelóleo.

- (1) Años 1990 y 1991 55 kg CO₂/GJ; 1992 y siguientes: 56 kg CO₂/GJ.

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 CH₄. Para el CO₂ se ha asumido un factor de emisión de 324 kg/tonelada de residuo, calculado con los supuestos de que un 36% de dicho CO₂ es de origen fósil y un 64% de origen biogénico, y considerando que el factor global de CO₂ (fósil + biogénico) por tonelada de residuo es de 900 kg/tonelada. Los valores indicados para el CO₂ 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 CH₄ y de CO₂, 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 ₂ (t/t)	CH ₄ (kg/t)	N ₂ O (kg/t)
RSU	0,324	0,001	0,1

En cuanto a las emisiones de contaminantes procedentes de la quema de metano en la captación del biogás en vertederos controlados, se han calculado multiplicando las toneladas de metano quemado por los factores de emisión, sobre toneladas de metano quemado, correspondientes a calderas, motores o turbinas (véase la tabla 3.2.8). Para el CH₄ los factores de emisión se han derivado de la información sobre porcentajes de eficiencia en la quema de hidrocarburos tomados de EPA AP-42 5ª Ed, tabla 2.4-3 del epígrafe 2.4 “Municipal Solid Waste Landfill”, asumiendo que los complementos a la unidad de las eficiencias en la quema constituían las fracciones de fuga del metano; mientras que para el N₂O el factor ha sido derivado por el equipo de trabajo del inventario a partir del factor del valor de 1,75 g N₂O/GJ_{PCI} del biogás referido en la publicación “Facteurs d’émission du protoxide d’azote pour les installations de combustion et les procédés industriels” del CITEPA.

Tabla 3.2.8.- Vertederos controlados con captación de biogás. Factores de emisión

	Calderas	Motores	Turbinas	Unidad
CH₄	20.000	28.000	56.000	g CH ₄ /t CH ₄
N₂O	90	90	90	g N ₂ O/t CH ₄

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 CO₂, 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.

La incertidumbre de los factores de emisión 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 CO₂. 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)⁵, 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 CO₂. 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 ₂ 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 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. Asimismo, se ha realizado la verificación de la homogeneidad por centrales (e incluso por instalación) del ratio de energía eléctrica producida (bornes de alternador) con respecto a la energía input térmica (en términos de poder calorífico inferior)

⁵ Esta entidad, hoy ya desaparecida, facilitó datos de variables de actividad hasta el año 1994, así como de emisiones de CO₂ hasta el año 1996.

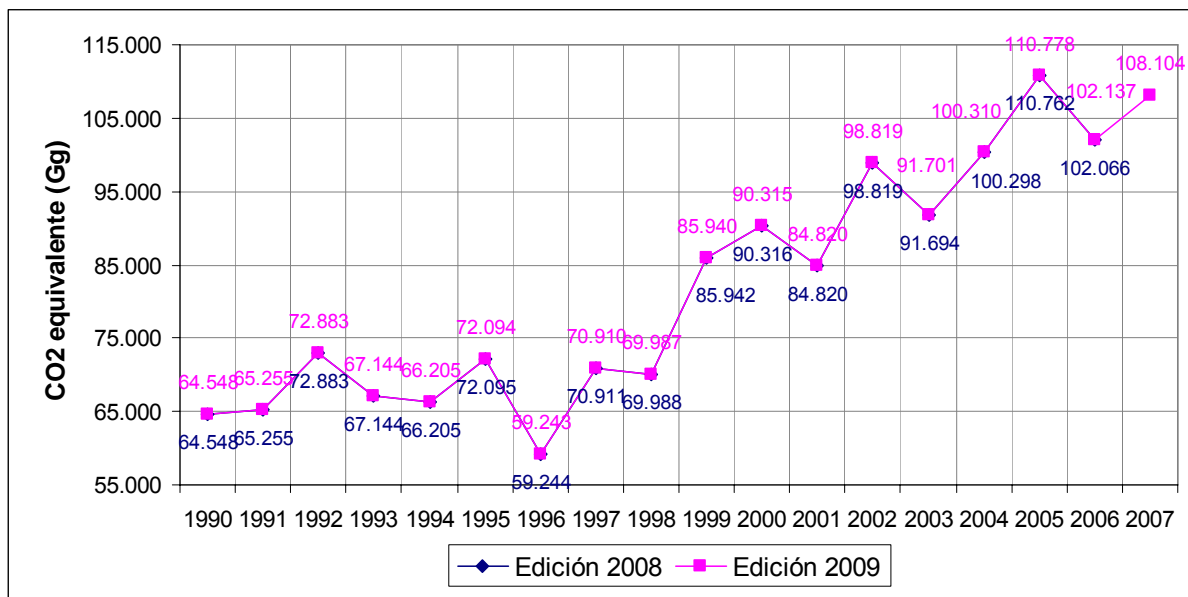
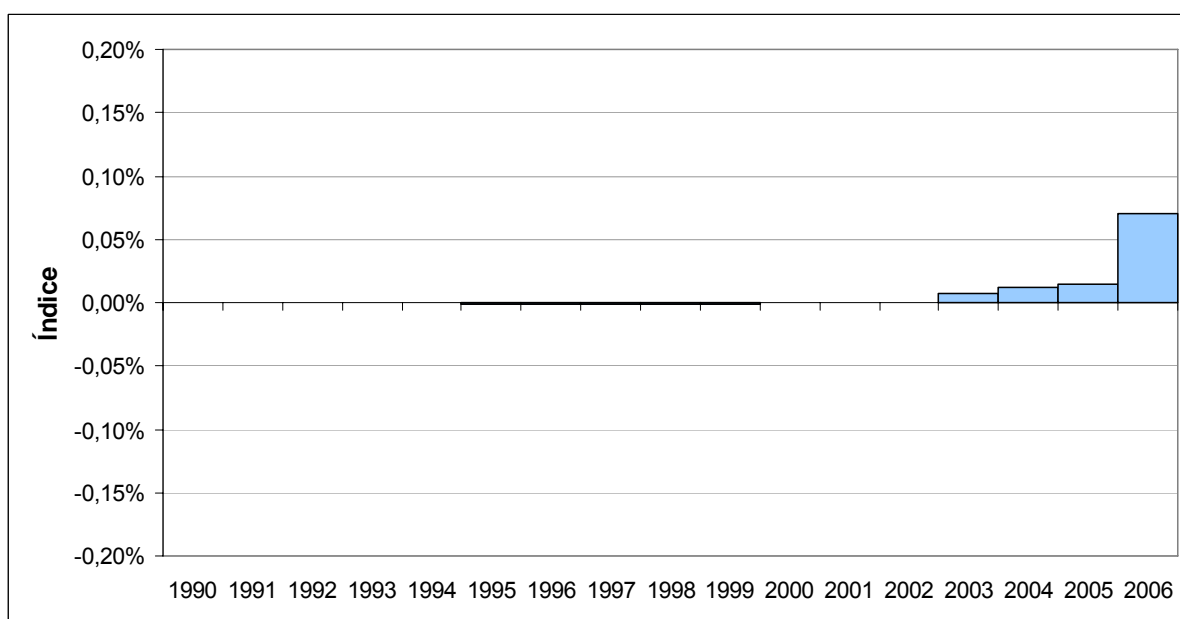
consumida por la central (o instalación). Este control, que se considera de gran interés, fue también recomendado por el programa de garantía de calidad del inventario, y en particular del sector energía, desarrollado por el CIEMAT, y ha permitido detectar y corregir determinados valores atípicos del consumo de combustibles.

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.

- Se han corregido para los años 2005 y 2006 los factores de emisión de CO₂ en una central térmica tras haberse detectado un error en el balance de masas. Esta modificación supone un incremento de las emisiones de CO₂ de 4,7 Gg en 2005 y de 3,5 Gg en 2006
- Se ha revisado el poder calorífico inferior del fuelóleo utilizado en una central térmica en el año 2005, lo que afecta al consumo de dicho combustible expresado en unidades energéticas (TJ). Esta modificación en términos de CO₂-eq supone un descenso de las emisiones prácticamente inapreciable (inferior a 0,002 Gg).
- Para los años 2005 y 2006 se ha revisado la información sobre consumo de combustibles de las plantas productoras de electricidad de menor potencia que operan en régimen ordinario, según los datos aparecidos en el Anexo V de la Estadística de la Energía Eléctrica (elaborada por el MITYC), los cuales no se encontraban disponibles en la edición previa del inventario para el año 2006, mientras que se ha dispuesto de una edición revisada para el año 2005. Esta actualización supone incremento de las emisiones de CO₂-eq de 0,04 Gg en el año 2005 y de 60 Gg en el año 2006.
- Se han eliminado los consumos de biogás de los años 2002 a 2005 de una planta que figuraba en el citado Anexo V de la Estadística de la Energía Eléctrica tras haberse detectado que existía una doble contabilización de dichos consumos. Esta actualización supone un descenso mínimo en las emisiones de CO₂-eq inferior a 0,1 Gg en cada uno de los años del periodo 2002-2005.

En la figura 3.2.2 se muestra la evolución comparada de valores absolutos de las emisiones de CO₂-eq entre los resultados de la edición actual con los resultados de la edición anterior, mientras que en la figura 3.2.3 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 CO₂-eq como consecuencia de los nuevos cálculos efectuados en esta actividad es prácticamente inapreciable en el conjunto de esta categoría, produciéndose la mayor variación en el año 2006 con un incremento del 0,07%.

Figura 3.2.2.- Emisiones de CO₂-eq. Comparación Eds 2009 vs 2008**Figura 3.2.3.- Emisiones de CO₂-eq. Diferencia porcentual Eds 2009 vs 2008**

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. Se prevé también continuar y extender en

su caso el análisis individualizado de grandes vertederos y en especial de los que realizan valoración del biogás captado.

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 las instalaciones en que se realizan estos procesos 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 diversas fracciones de crudo o productos petrolíferos correspondientes. 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 incluyen 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 CO₂ 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 CO₂-eq. En esta misma tabla se presentan el índice de evolución temporal (base 100 año 1990) de las emisiones de CO₂-eq; las contribuciones de las emisiones de CO₂-eq de esta categoría sobre el total del inventario y del sector energía; y el ratio de emisión de CO₂ equivalente en función del crudo procesado.

Tabla 3.3.1 Emisiones de CO₂-eq (Cifras en Gg)

	1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
CO₂							
Líquidos	10.861	12.301	11.655	12.057	11.622	11.683	11.372
Gaseosos	45	61	1.053	1.341	1.470	1.232	1.478
Total	10.906	12.361	12.709	13.398	13.092	12.916	12.850
CH₄							
Líquidos	0,20	0,29	0,28	0,29	0,28	0,29	0,28
Gaseosos	0,001	0,003	0,064	0,076	0,079	0,067	0,084
Total	0,20	0,29	0,35	0,36	0,36	0,35	0,36
N₂O							
Líquidos	0,24	0,32	0,31	0,32	0,30	0,31	0,30
Gaseosos	0,001	0,001	0,022	0,029	0,028	0,024	0,030
Total	0,24	0,32	0,33	0,34	0,33	0,34	0,33

Tabla 3.3.2.- Emisiones de CO₂-eq: valores absolutos, índices y ratios

	1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
CO ₂ -eq (Gg)	10.986	12.466	12.818	13.512	13.203	13.027	12.960
Índice CO ₂ -eq	100,0	113,5	116,7	123,0	120,2	118,6	118,0
% CO ₂ -eq sobre total inventario	3,81	3,91	3,12	3,17	2,99	3,01	2,93
% CO ₂ -eq sobre energía	5,17	5,18	4,08	4,08	3,80	3,86	3,75

	1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
Crudo procesado (Gg)	53.556	55.754	58.765	61.734	61.986	62.341	61.435
Gg CO ₂ -eq / Gg crudo	0,205	0,224	0,218	0,219	0,213	0,209	0,211

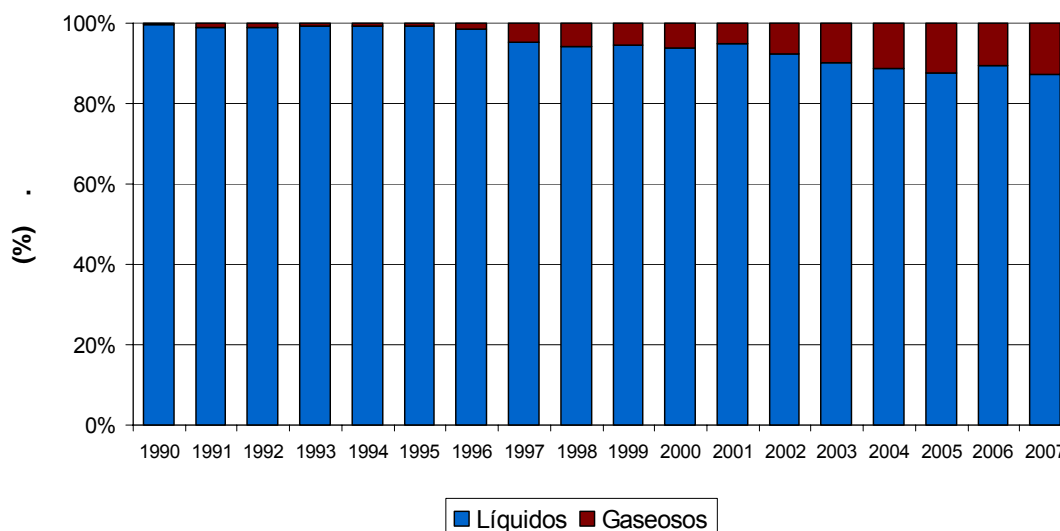
3.3.2.- Metodología

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_{PCI})

Tipo	1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
Líquidos	155.424	181.155	174.770	183.203	176.194	178.379	176.060
Queroseno			172	129	22	2	36
Gasóleo	369	8.119	4.722	1.971	1.981	2.449	252
Fuelóleo	75.469	80.980	78.124	80.871	73.867	73.496	74.086
G.L.P.		3.799	143	54	172	206	512
Nafta	195	900					
Gas de refinería	79.392	87.357	91.609	100.177	100.152	102.226	101.174
Gaseosos	820	1.084	18.792	23.027	24.563	21.048	25.820
Gas natural	820	1.084	18.399	22.346	23.259	20.016	24.757
Otros comb. gaseosos			394	681	1.304	1.032	1.062
Total	156.244	182.239	193.563	206.230	200.757	199.428	201.880

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_{PCI} 

Para la estimación de las emisiones de CO_2 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_2 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. En el caso del gas de refinería, la variación de las características facilitadas por las refinerías hace que el rango de factores de emisión de CO_2 sea muy amplio, pudiendo variar entre 47 kg CO_2 /GJ hasta 72 kg CO_2 /GJ.

En cuanto a la estimación de las emisiones de CH_4 y N_2O 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_x , COVM y CO), mientras que para el SO_2 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_2 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 ₂ (t/TJ)	CH ₄ (kg/TJ)	N ₂ 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 N₂O del fuelóleo y del gasóleo ("Uncontrolled boilers and heaters")
 CITEPA, para el N₂O 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 CO₂/GJ; 1992 y siguientes: 56 kg CO₂/GJ.

Tabla 3.3.5.- Factores de emisión. Turbinas de gas

	CO ₂ (t/TJ)	CH ₄ (kg/TJ)	N ₂ 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 N₂O del gasóleo (asimilado al factor de emisión de motores estacionarios) y del gas natural ("Uncontrolled Turbines").
 CITEPA, para el N₂O 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 CO₂/GJ; 1992 y siguientes: 56 kg CO₂/GJ.

Tabla 3.3.6.- Factores de emisión. Hornos de proceso

	CO ₂ (t/TJ)	CH ₄ (kg/TJ)	N ₂ 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 N₂O del gasóleo (asimilado al factor de emisión de calderas).
 CITEPA, para el N₂O 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 CO₂/GJ; 1992 y siguientes: 56 kg CO₂/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 los factores de emisión de CO₂, 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. La serie de los factores de emisión 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 refinería⁶), 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

Las variaciones originadas por los nuevos cálculos en esta actividad están motivadas por la corrección de un error en la base de datos tras haberse detectado la omisión de las

⁶ Para este combustible, por ejemplo, la variabilidad de las características viene en algunos casos determinada por la medida en que se haga uso de un enriquecimiento con hidrógeno del combustible.

emisiones de CH₄ y N₂O en el año 2006 en una refinería. Esta revisión supone un incremento de las emisiones de CO₂-eq en el año 2006 de 16,1 Gg.

En la figura 3.3.2 se muestra la evolución comparada de valores absolutos de las emisiones de CO₂-eq entre los resultados de la edición actual con los resultados de la edición anterior, mientras que en la figura 3.3.3 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 CO₂-eq como consecuencia de los nuevos cálculos efectuados en esta actividad supone un incremento en el año 2006 del 0,12%.

Figura 3.3.2.- Emisiones de CO₂-eq. Comparación Eds 2009 vs 2008

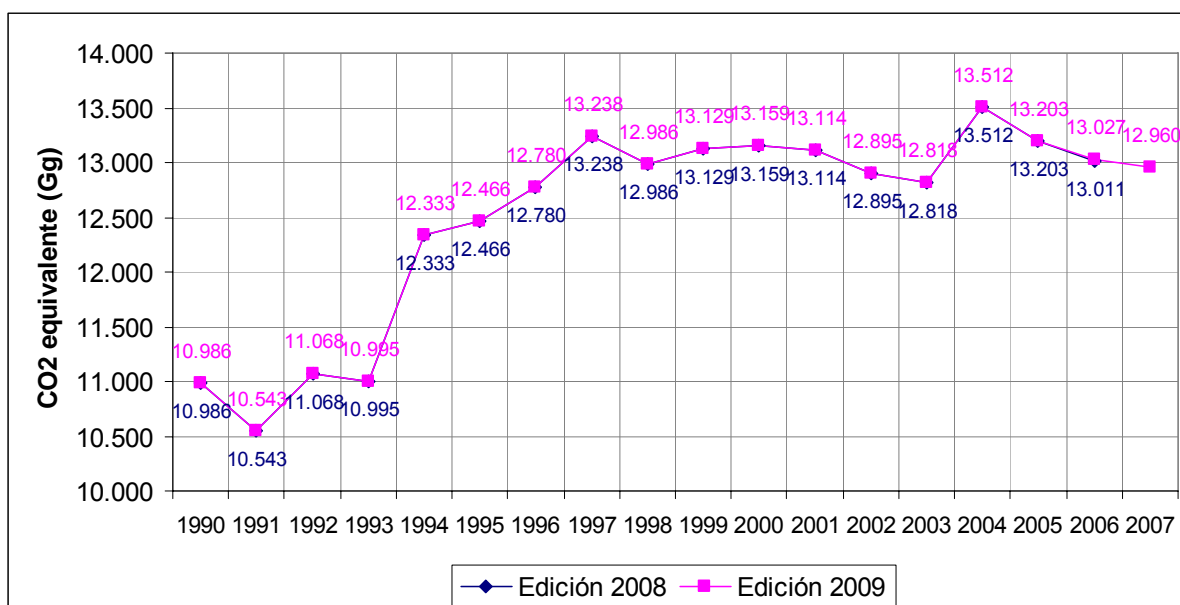
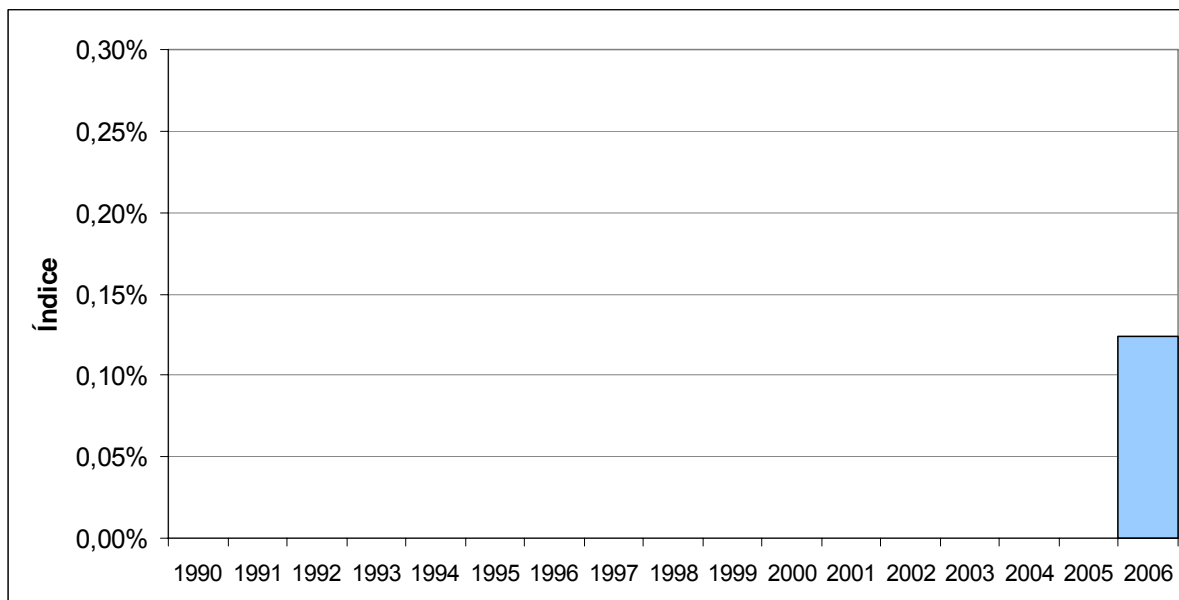


Figura 3.3.3.- Emisiones de CO₂-eq. Diferencia porcentual Eds 2009 vs 2008

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 CO₂ 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 CO₂-eq. En esta misma tabla se presentan el índice de evolución temporal (base 100 año 1990) de las emisiones de CO₂-eq, y las contribuciones de las emisiones de CO₂-eq de esta categoría sobre el total del inventario y del sector energía.

Tabla 3.4.1.- Emisiones (Cifras en Gg)

	1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
CO₂							
Líquidos	57	826	671	708	790	767	780
Sólidos	1.847	1.127	1.079	1.105	943	888	945
Gaseosos	205	253	213	251	307	209	197
Total	2.110	2.207	1.963	2.064	2.039	1.864	1.923
CH₄							
Líquidos	0,001	0,031	0,002	0,002	0,003	0,002	0,003
Sólidos	1,946	1,579	1,532	1,790	1,968	1,883	1,676
Gaseosos	0,011	0,009	0,005	0,006	0,008	0,005	0,005
Total	1,958	1,620	1,539	1,798	1,979	1,890	1,684
N₂O							
Líquidos	0,002	0,017	0,017	0,018	0,020	0,019	0,020
Sólidos	0,026	0,017	0,021	0,022	0,019	0,020	0,019
Gaseosos	0,004	0,004	0,003	0,004	0,005	0,003	0,003
Total	0,032	0,038	0,042	0,044	0,044	0,042	0,042

Tabla 3.4.2.- Emisiones de CO₂-eq: valores absolutos, índices y ratios

	1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
CO ₂ -eq (Gg)	2.161	2.253	2.008	2.116	2.095	1.916	1.971
Índice CO ₂ -eq	100,0	104,3	93,0	97,9	96,9	88,7	91,2
% CO ₂ -eq sobre total inventario	0,75	0,71	0,49	0,50	0,47	0,44	0,45
% CO ₂ -eq sobre energía	1,02	0,94	0,64	0,64	0,60	0,57	0,57

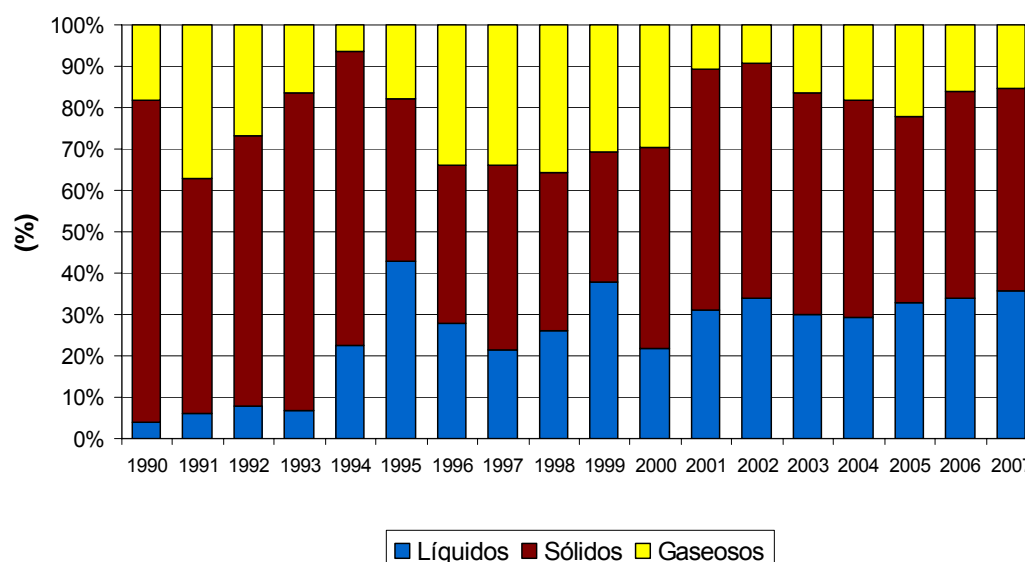
3.4.2.- Metodología

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_{PCI})

Tipo	1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
Líquidos	822	10.880	6.974	7.274	8.179	7.826	8.187
Gasóleo	243	127					
Fuelóleo	132	10.753					
G.L.P.	448				9		
Coque de petróleo			6.974	7.274	8.170	7.826	81.87
Sólidos	15.776	9.984	12.502	12.940	11.245	11.452	11.123
Carbón coquizable							
Hulla y antracita	4.102	513	1.864	1.869	624	433	484
Lignito negro	13						
Gas manufacturado	10	5					
Gas de coquería	7.534	6.611	8.672	9.139	8.694	9.284	8.624
Gas de horno alto	4.116	2.856	1.967	1.932	1.927	1.735	2.015
Gaseosos	3.734	4.525	3.802	4.476	5.480	3.727	3.522
Gas natural	3.734	4.525	3.802	4.476	5.480	3.727	3.522
Total	20.333	25.389	23.278	24.690	24.905	23.005	22.833

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_{PCI} 

La estimación de las emisiones de CO_2 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_4 y el N_2O las emisiones han sido estimadas utilizando factores de emisión por defecto.

Cabe mencionar que a partir del año 2003 se ha podido disponer de emisiones medidas de CH₄ 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 homogeneidad en la serie temporal de emisiones. Para los restantes contaminantes considerados en el CRF (SO₂, NO_x, COVNM 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 CO₂ 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 ₂ (t/TJ)	CH ₄ (kg/kt de coque)	N ₂ O (kg/TJ)
Gas de coquería	41,3 – 45	405	1,75
Gas de horno alto	242,9 – 293,5		1,75

Fuente: CO₂: Factores obtenidos a partir de la información facilitada en los cuestionarios.

CH₄: Manual CORINAIR (Anexo de la parte 7, epígrafe 13)

N₂O: 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 CO₂ imputables al proceso de gasificación. Para el CH₄ y el N₂O 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 N₂O para el coque de petróleo). Para los restantes contaminantes considerados en el CRF (SO₂, NO_x, COVNM y CO) la propia planta ha facilitado emisiones medidas.

Tabla 3.4.5.- Factores de emisión. Gasificación de carbón

	CH ₄ (kg/TJ)	N ₂ 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 ₂ (t/TJ)	CH ₄ (kg/TJ)	N ₂ 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 1996 IPCC (Tabla 1-8) para el N₂O de la hulla y antracita y del lignito negro.

CITEPA, para el N₂O del coque de petróleo, los GLP y el gas manufacturado (en este caso asimilado a otros combustibles gaseosos).

API Compendium para el N₂O del fuelóleo, del gasóleo y del gas natural ("Uncontrolled boilers and heaters")

(1) Años 1990 y 1991 55 kg CO₂/GJ; 1992 y siguientes: 56 kg CO₂/GJ.

Tabla 3.4.7.- Factores de emisión. Turbinas de gas

	CO ₂ (t/TJ)	CH ₄ (kg/TJ)	N ₂ 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 N₂O del fuelóleo.

API Compendium para el N₂O del gasóleo (asimilado al factor de emisión de motores estacionarios) y del gas natural ("Uncontrolled turbines")

(1) Años 1990 y 1991 55 kg CO₂/GJ; 1992 y siguientes: 56 kg CO₂/GJ.

Tabla 3.4.8.- Factores de emisión. Motores estacionarios

	CO ₂ (t/TJ)	CH ₄ (kg/TJ)	N ₂ 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 N₂O del fuelóleo.

API Compendium para el N₂O del gasóleo ("Large Bore Diesel Engine") y del gas natural ("4 Cycle – Lean Burn Engine")

(1) Años 1990 y 1991 55 kg CO₂/GJ; 1992 y siguientes: 56 kg CO₂/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%.

Las 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 CO₂. 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

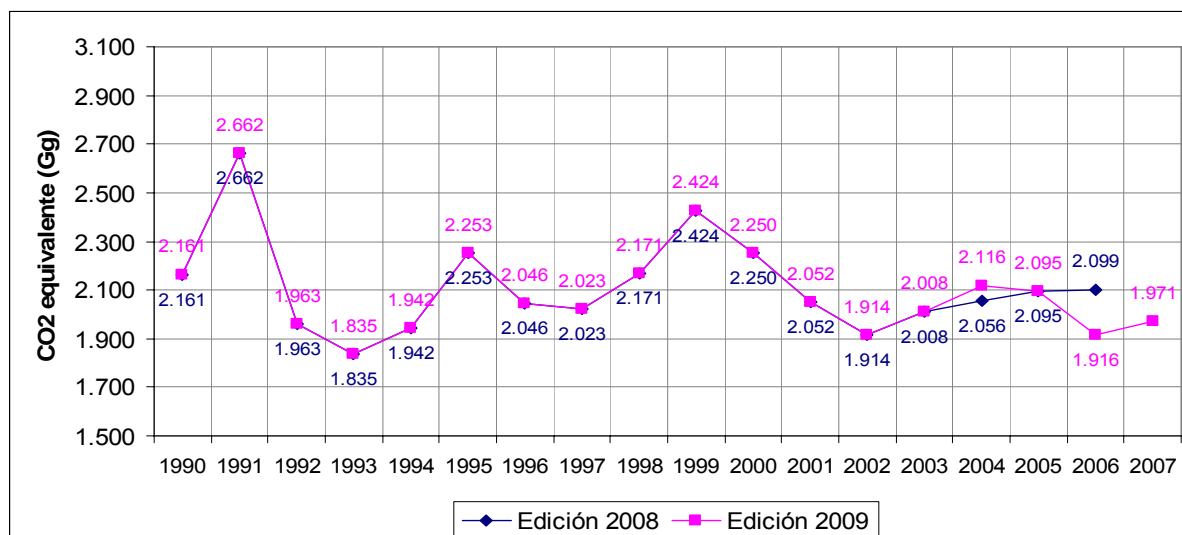
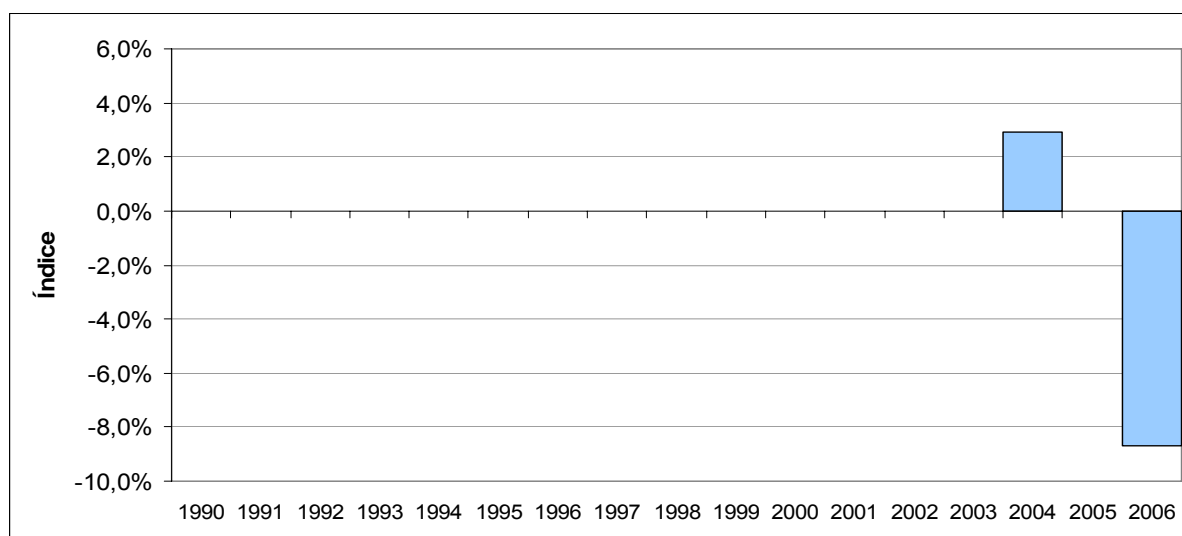
GAS DE COQUERÍA			GAS DE HORNO ALTO		
CO ₂		%	CO ₂		%
C _n H _m		%	O ₂		%
O ₂		%	CO		%
CO		%	H ₂		%
H ₂		%	CH ₄		%
CH ₄		%	N ₂		%
C _n H _{2n+2}		%	PCI		kcal/Nm ³
N ₂		%	Peso específico		kg/Nm ³
C ₆ H ₆		g/Nm ³			
NH ₃		g/Nm ³			
C ₁₀ H ₈		g/Nm ³			
SH ₂		g/Nm ³			
PCI		kcal/Nm ³			
Peso específico		kg/Nm ³			

De acuerdo con las indicaciones de las plantas siderúrgicas el conjunto C_nH_m podría venir caracterizado por el compuesto C₃H₈, mientras que el conjunto C_nH_{2n+2} podría venir caracterizado por el compuesto C₂H₆.

3.4.5.- Realización de nuevos cálculos

En esta categoría la realización de nuevos cálculos ha estado motivada por la revisión del consumo de gas natural (combustión inespecífica) en los años 2004 y 2006, lo que supone un incremento de las emisiones de CO₂-eq de 60 Gg en 2004 y un descenso de 183 Gg en 2006.

En la figura 3.4.2 se muestra la evolución comparada de valores absolutos de las emisiones de CO₂ 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 CO₂-eq como consecuencia de los nuevos cálculos efectuados en esta actividad supone un incremento en el año 2004 del 2,9%, mientras que para el año 2006 se produce un descenso del 8,7%.

Figura 3.4.2.- Emisiones de CO₂-eq. Comparación Eds 2009 vs 2008**Figura 3.4.3.- Emisiones de CO₂-eq. Diferencia porcentual Eds 2009 vs 2008**

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. Este planteamiento se prevé pueda ser aplicado en función de la información obtenida a nivel de planta que reportan emisiones certificadas de CO₂ dentro del marco del Comercio de Derechos de Emisión. De este modo se espera disponer 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 (1A2)

3.5.1.- Descripción de la actividad

En esta categoría, que constituye una fuente clave en las emisiones de CO₂ 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).

En la tabla 3.5.1 se muestran las emisiones de gases de efecto invernadero por tipo de combustible, siendo el CO₂ 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 CO₂-eq. En esta misma tabla se presentan el índice de evolución temporal (base 100 año 1990) de las emisiones de CO₂-eq, y las contribuciones de las emisiones de CO₂-eq de esta categoría sobre el total del inventario y del sector energía. En dichas tablas no figuran las emisiones de CO₂ 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	2003	2004	2005	2006	2007
CO₂							
Líquidos	24.520	28.942	27.902	28.118	27.368	26.743	25.750
Sólidos	13.238	10.104	5.697	5.365	5.099	4.683	5.694
Gaseosos	8.439	13.737	33.979	36.169	37.877	37.139	35.621
Biomasa							
Otros			297	311	377	378	478
Total	46.196	52.782	67.874	69.964	70.721	68.944	67.543
CH₄							
Líquidos	0,8	0,9	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6
Sólidos	0,7	0,6	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0
Gaseosos	0,5	1,2	4,7	5,2	5,7	5,7	5,7
Biomasa	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1
Otros			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Total	3,1	3,7	7,4	8,0	8,5	8,4	8,4
N₂O							
Líquidos	0,6	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6
Sólidos	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Gaseosos	0,2	0,4	0,9	0,9	1,0	1,0	0,9
Biomasa	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Otros			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Total	1,3	1,5	1,9	2,0	2,0	2,0	2,0

Tabla 3.5.2.- Emisiones de CO₂-eq: valores absolutos, índices y ratios

	1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
CO ₂ -eq (Gg)	46.661	53.315	68.626	70.744	71.518	69.737	68.330
Índice CO ₂ -eq	100,0	114,3	147,1	151,6	153,3	149,5	146,4
% CO ₂ -eq sobre total inventario	16,19	16,70	16,73	16,61	16,21	16,10	15,45
% CO ₂ -eq sobre energía	21,96	22,15	21,82	21,34	20,59	20,68	19,78

3.5.2.- Metodología

Para la combustión industrial, las fuentes básicas de información sobre las variables de actividad (consumos de combustibles) han sido el balance nacional de combustibles, complementado con información procedente de las principales asociaciones sectoriales (entre las que cabe destacar las siguientes: Unión de Empresas Siderúrgicas (UNESID); Agrupación de Fabricantes de Cemento de España (OFICEMEN); Asociación Nacional de Fabricantes de Cales y Derivados de España (ANCADE); Vidrio España; Asociación Nacional de Fabricantes de Fritas, Esmaltes y Colores Cerámicos (ANFFECC); Asociación Española de Fabricantes de Ladrillo y Tejas de Arcilla Cocida (HISPALYT); Asociación Española de Fabricantes de Azulejos, Pavimentos y Baldosas Cerámicas (ASCER); Asociación Española de Fabricantes de Pasta, Papel y Cartón (ASPAPEL)), e información directa de cuestionarios individualizados a las plantas.

En la tabla 3.5.3 se presentan los consumos de combustibles, expresados en términos de energía (terajulios de poder calorífico inferior, TJ_{PCI}), estimados para esta fuente clave.

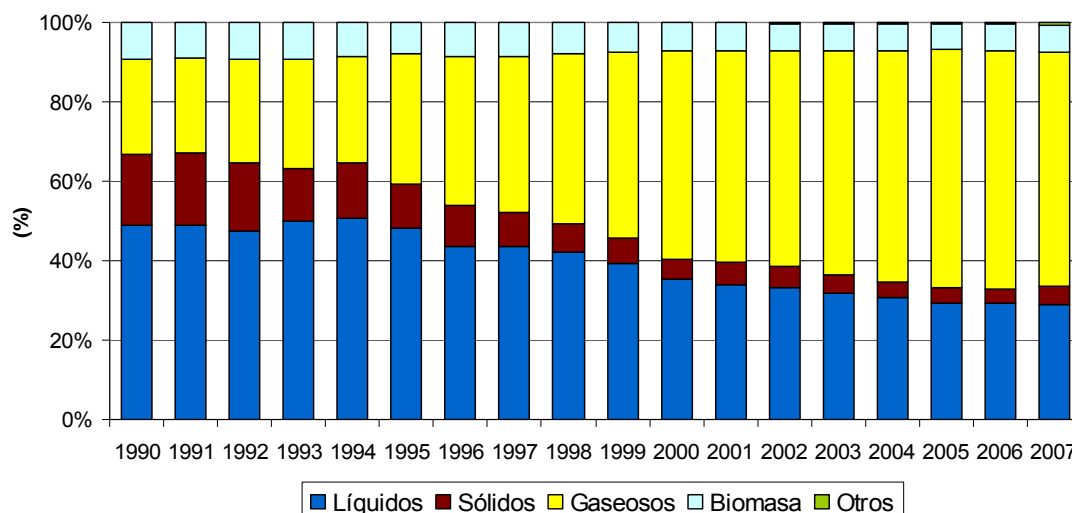
Tabla 3.5.3.- Consumo de combustibles (Cifras en TJ_{PCI})

Tipo	1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
Líquidos	311.602	362.552	339.662	341.821	331.661	322.608	312.188
Crudo de petróleo							248
Gasóleo	70.857	57.226	110.153	118.211	118.140	116.407	107.715
Fuelóleo	170.032	207.911	92.050	83.623	74.614	65.707	72.198
G.L.P.	13.113	17.120	18.050	18.498	18.289	16.841	16.426
Coque de petróleo	55.664	78.205	119.408	121.489	120.618	123.653	115.603
Gas de refinería	1.937	2.090					
Sólidos	112.500	85.111	48.088	43.895	40.950	39.182	48.614
Carbón coquizable							
Hulla y antracita	60.830	24.332	15.451	14.546	14.460	14.655	20.867
Lignito negro	1.004						
Coque	18.184	33.323	15.345	12.728	8.844	8.231	9.010
Gas manufacturado	82						
Gas de coquería	15.057	14.389	8.502	7.928	8.064	8.193	9.834
Gas de horno alto	16.612	11.661	7.833	8.187	8.189	6.932	7.699
Otros carbones y deriv.	732	1.405	958	505	1.393	1.171	1.204
Gaseosos	153.009	245.683	606.504	645.554	676.071	663.212	636.002
Gas natural	153.009	245.683	606.504	645.554	676.071	663.212	636.002
Biomasa	58.937	59.788	70.210	72.882	73.081	74.271	75.707
Madera/Res. de madera	23.502	22.670	22.768	22.710	23.109	23.906	24.594
Otra biomasa sólida	13.633	13.252	13.814	14.039	14.541	14.678	14.828
Licor negro	18.217	20.428	30.392	32.880	32.106	32.389	32.923
Biogás	3.585	3.438	3.237	3.253	3.325	3.298	3.361
Otros			4.239	4.497	5.225	5.274	6.466
Residuos industriales			4.239	4.497	5.225	5.274	6.466
Total	635.795	753.134	1.068.704	1.108.649	1.126.988	1.104.547	1.078.977

En la figura 3.5.1 se muestra la distribución de los consumos por tipo de combustible a lo largo del periodo inventariado. Como puede apreciarse se produce un incremento sustancial en el consumo del gas natural, que en términos relativos tiene una contribución del 58,9% en el año 2007, con un descenso en la participación de los combustibles líquidos (del 49% en 1990 al 28,9% en 2007) y, sobre todo, de los combustibles sólidos (del 17,7%

de 1990 al 4,5% en 2007), como consecuencia de la sustitución progresiva de los combustibles utilizados en la industria.

Figura 3.5.1.- Distribución del consumo de combustibles, sobre base TJ_{PCI}



Para la estimación de las emisiones de CO_2 se da preferencia, siempre que se ha podido disponer de la información pertinente⁷, 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_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. Para la estimación de las emisiones de CH_4 y N_2O 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 (SO_2 , NO_x , COVNM 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 3.5.8 se presentan los factores de emisión utilizados en la estimación de las emisiones diferenciados por tipo de instalación, si bien debe señalarse que en el caso del 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 valores de los factores de emisión que se presentan en las referencias dependiendo del proceso realizado y de las condiciones de operación, se muestran rangos de factores, en particular para el CH_4 .

⁷ 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.- Factores de emisión. Calderas

	CO ₂ (t/TJ)	CH ₄ (kg/TJ)	N ₂ 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 IPCC, tabla 1-1, para el CO₂ de la biomasa

Manual de Referencia 1996 IPCC, tabla 1-8, para el N₂O 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 N₂O 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 N₂O 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 CO₂ 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 CO₂/GJ; 1992 y siguientes: 56 kg CO₂/GJ.

(5) Madera

(6) Residuos de madera

Tabla 3.5.5.- Factores de emisión. Turbinas de gas

	CO ₂ (t/TJ)	CH ₄ (kg/TJ)	N ₂ 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
Gas de acería	186,5 (2)	0,3 (3)	2,5

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

CITEPA, para el N₂O del fuelóleo, los G.L.P y el gas de acería.

API Compendium para el N₂O del gasóleo (asimilado al factor de emisión de motores estacionarios) y del gas natural ("Uncontrolled turbines")

(1) Años 1990 y 1991 55 kg CO₂/GJ; 1992 y siguientes: 56 kg CO₂/GJ.

(2) Obtenido por balance de masas a partir de las características facilitadas del combustible en cuestión en el periodo inventariado.

(3) Asimilado al factor de emisión de calderas.

Tabla 3.5.6.- Factores de emisión. Motores estacionarios

	CO ₂ (t/TJ)	CH ₄ (kg/TJ)	N ₂ 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 N₂O del fuelóleo.

API Compendium para el N₂O del gasóleo ("Large Bore Diesel Engine") y del gas natural ("4 Cycle – Lean Burn Engine")

(1) Años 1990 y 1991 55 kg CO₂/GJ; 1992 y siguientes: 56 kg CO₂/GJ.

Tabla 3.5.7.- Factores de emisión. Hornos

	CO ₂ (t/TJ)	CH ₄ (kg/TJ)	N ₂ O (kg/TJ)
Crudo de petróleo	72,6	5	1,75
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
Lodos de depuradora	-	30 (7)	4
Otros residuos	80 (8)	30 (7)	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 IPCC, tabla 1-1, para el CO₂ de la biomasa

CITEPA, para el N₂O excepto los combustibles biomasa.

Manual de Referencia 1996 IPCC, Tabla 1-8, para el N₂O de la biomasa.

Manual de Referencia 1996 IPCC, Tabla 1-17, para el CH₄ de los hornos de cemento y cal (excepto biomasa).

(1) El rango de factores de CO₂ 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 CO₂/GJ; 1992 y siguientes: 56 kg CO₂/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.

(7) Manual de Referencia 1996 IPCC, Tabla 1-7.

(8) "The Cement CO₂ Protocol: CO₂ Emissions Monitoring and Reporting Protocol for the European Emissions Reduction & Trading System". Guide to the Protocol. May 22, 2003

Tabla 3.5.8.- Factores de emisión. Maquinaria industrial

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

Fuente: CO₂: Libro Guía EMEP/CORINAIR. Parte B. Capítulo 810, ecuación (2).

CH₄: Libro Guía EMEP/CORINAIR. Parte B. Capítulo 810, Tabla 8.1.

N₂O: Manual CORINAIR, parte 9, para el gasóleo (se indica 2 g/GJ, con un PCI de 43,2 GJ/t)

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 de ellas tiene sus propias incertidumbres, que deben ser adecuadamente ponderadas para estimar la incertidumbre del agregado, tanto de la variable de actividad como de los factores de emisión. Por lo que respecta a los factores de emisión de CO₂, la incertidumbre se ha derivado considerando, por un lado, la incertidumbre del contenido de carbono de los combustibles y, por otro, la del factor de oxidación.

Para los combustibles sólidos, se estima que la incertidumbre de la variable de actividad se sitúa en torno al 5%, límite superior del rango propuesto por la Guía 2006 IPCC (tabla 2.15) para el cruce *sistema estadístico bien desarrollado y extrapolación* (rango: 3%-5%), ya que, si bien el consumo está localizado en un número no muy amplio de sectores y, en alguno de ellos en grandes plantas, de las que se obtiene información por cuestionario directo, la información debe ser complementada con extrapolaciones para estimar el resto de consumos (otros subsectores y plantas). En cuanto al factor de emisión, su incertidumbre se ha calculado como combinación de las incertidumbres componentes del 1,5% en el factor de oxidación y del 15% en el contenido de carbono; esta última componente se ha estimado, a su vez, como promedio de las incertidumbres, comparativamente más reducidas, asociadas a las características de este tipo de combustible en fuentes puntuales, para las que se dispone de información directa de planta, con las propias de las fuentes de área, notablemente menos precisas.

Para los combustibles líquidos, y en lo que se refiere a la variable de actividad, el procedimiento de recopilación de información (cuestionarios directos a grandes plantas complementado con extrapolación al conjunto restante de plantas y sectores) se encuadra, atendiendo a la clasificación presentada en la tabla 2.15 de la Guía 2006 IPCC, dentro de un *sistema estadístico bien desarrollado con extrapolación*. En consecuencia, la incertidumbre asociada al consumo de esta clase de combustibles se ha cuantificado en un 10%, límite superior del rango propuesto por la citada guía para este tipo de sistema en la industria general (rango: 5%-10%). Con relación al factor de emisión, la incertidumbre asociada incorpora la propia incertidumbre en el contenido de carbono, estimada en un 3% de acuerdo a la variabilidad en las características, y en el factor de oxidación, cifrada en un 1%.

Con respecto a los combustibles gaseosos, que contempla únicamente el gas natural, la información referente a la variable de actividad, compilada por segmentos sectoriales y de cantidad en cuanto a tipos de tarifa, se enmarca dentro un "sistema estadístico bien desarrollado" y prácticamente exhaustivo, existiendo sin embargo una cierta indefinición en la combinación de consumo imputable a electricidad en cogeneración y resto de consumos por actividades sectoriales. Atendiendo a estas consideraciones se ha tomado para el

consumo de gas natural una incertidumbre del 5%, límite superior del rango sugerido en tabla 2.15 de la Guía 2006 IPCC para sistemas bien desarrollados basados en encuestas (rango: 3-5%). En cuanto al factor de emisión de CO₂, la incertidumbre se sitúa en un 1,5% de acuerdo con la precisión elevada del contenido de carbono, calculada en un 1,4% a partir de la composición molar anual facilitada por la empresa transportista del gas, y factor de oxidación de este combustible, estimada en un 0,5%.

Dada la heterogeneidad de los combustibles considerados dentro del grupo “Otros combustibles”, junto con el menor desarrollo general observado en los sistemas de captura de información y la aplicación de extrapolación, se estima una incertidumbre en la variable de actividad del 17,5%, dentro del rango indicado en la tabla 2.15 de la Guía 2006 IPCC para este cruce de sistema y origen de datos (rango: 15-20%). En base a la heterogeneidad ya citada, la incertidumbre global en el factor de emisión de CO₂ se estima del 5%, tal y como aparece reflejado en la Guía 2006 IPCC (tabla 2.13).

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. Asimismo, 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 principales 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. Debe reseñarse aquí que para el último año de cada edición del inventario sólo se dispone de los cuestionarios energéticos internacionales, y de éstos a veces sólo un avance, lo que implica en general que en la edición del año siguiente deban ser revisadas las cifras que en el año anterior se habían tomado de dichos cuestionarios al disponerse en este momento posterior de la información de los propios balances energéticos de AIE y EUROSTAT.
- Para los años 2004-2006 se ha realizado una reasignación de los consumos de gas natural realizados en la siderurgia no integral entre los distintos tipos de instalaciones. Esta modificación no afecta a las emisiones de CO₂, dado que las cantidades totales son las mismas, pero sí a las emisiones de CH₄ y de N₂O dado que los factores de emisión aplicados son distintos. Sin embargo, la variación en términos de CO₂-eq es muy pequeña (entre 0,8 Gg y 1,3 Gg).
- En la fabricación de plomo secundario se ha revisado la estimación de consumos de combustibles en los años 2004 y 2006 como consecuencia de la disponibilidad de información actualizada facilitada por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio (MITYC) sobre los datos de producción, variable ésta que se utiliza para la estimación de dichos consumos. Esta modificación supone un incremento en 2004 de 1 Gg de CO₂-eq, y en 2006 un descenso de 0,7 Gg de CO₂-eq.
- Se ha actualizado la información de una planta del sector químico con la nueva información suministrada para esta edición del inventario. En particular se ha podido disponer de características específicas del carbón consumido en esta planta, lo que ha conllevado la aplicación de factores de emisión propios en vez de la utilización de factores de emisión genéricos.
- Se ha revisado en una planta de fabricación de pasta de papel las características (poder calorífico, densidad) del gas natural consumido en los años 1997-2003, de acuerdo con la nueva información facilitada por la propia planta. Esta modificación implica una variación en las emisiones de CO₂-eq que oscila en el periodo indicado entre un descenso de 2,7 Gg (año 2003) y un incremento de 4,3 Gg (año 2002).
- Asimismo, se ha corregido en otra planta de fabricación de pasta de papel la omisión del consumo de fuelóleo en una caldera en el año 2006. Esta modificación supone en términos de CO₂-eq un incremento de 0,2 Gg.
- Para el año 2006, se han actualizado los consumos de combustibles en tres plantas de fabricación de automóviles de acuerdo con la información revisada facilitada por las propias plantas para la presente edición del inventario. Estas actualizaciones conllevan un descenso de las emisiones de CO₂-eq en 2006 con respecto a la edición anterior del inventario de 2,9 Gg.
- Se ha modificado para los años 2005 y 2006 la estimación de consumo de combustibles de los hornos de yeso, tras haberse detectado la incorrección de las cifras estimadas en la edición anterior del inventario. Esta modificación supone un incremento en términos de CO₂-eq de 186,1 Gg en 2005 y 257,2 Gg en 2006.

- En la fabricación de cal se ha corregido la cifra de consumo de biomasa para los años 2005 y 2006, tras haberse detectado la introducción incorrecta en la base de datos de las unidades en que estaban expresados dichos consumos. Adicionalmente se han revisado las características de los diversos coques de petróleo consumidos en 2006. Estas modificaciones suponen en términos de CO₂-eq un incremento en 2005 de 0,2 Gg, y un descenso en 2006 de 11,8 Gg.
- En la fabricación de productos de cerámica fina (azulejos y baldosas) se ha revisado la estimación de consumos de combustibles líquidos en los años 2000-2006 como consecuencia de la actualización de la información de base (producción de baldosas) facilitada por la Asociación Española de Fabricantes de Azulejos, Pavimentos y Baldosas Cerámicas (ASCER). Adicionalmente se ha subsanado un error en el consumo de gas natural correspondiente al año 2004 según la información suministrada asimismo por ASCER. La actualización de estos datos supone un descenso en las emisiones de CO₂-eq en el periodo 2000-2006 que oscila entre 16,7 Gg (año 2000) y 422,9 Gg (año 2003).

La comparación de resultados de las emisiones de CO₂-eq 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 CO₂-eq como consecuencia de los nuevos cálculos efectuados en esta categoría oscila entre el -0,08% del año 1996 y el -1,28% del año 2006, con la excepción de los años 1998, 1999 y 2004 en el que la revisión de las estimaciones supone una variación relativa que oscila entre el 0,04% y el 0,2%.

Figura 3.5.2.- Emisiones de CO₂-eq. Comparación Eds 2009 vs 2008

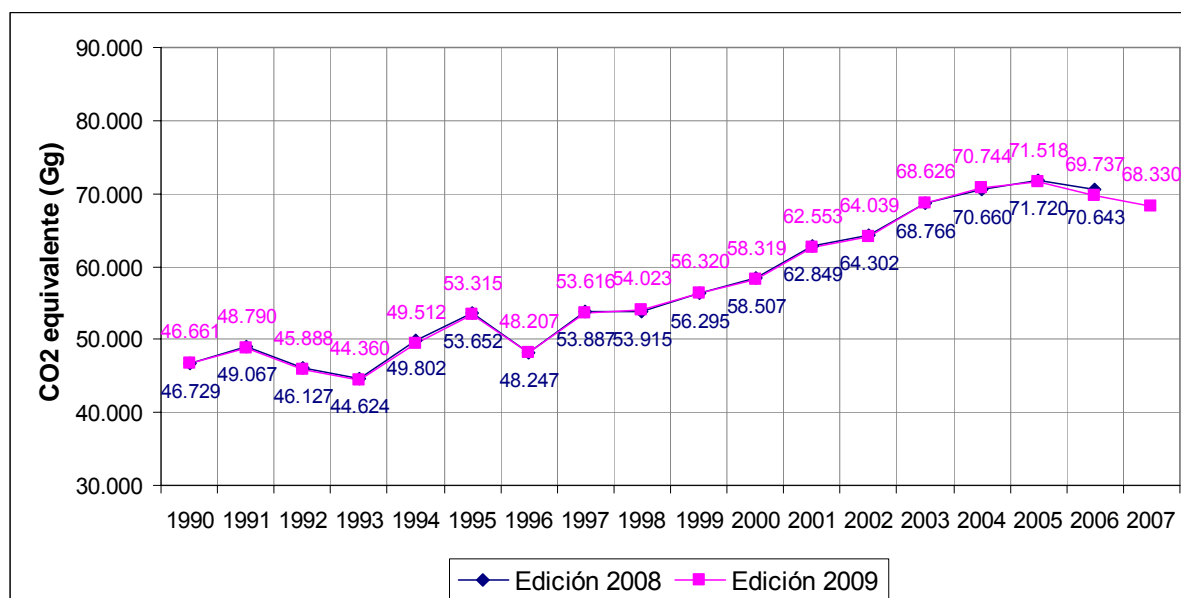
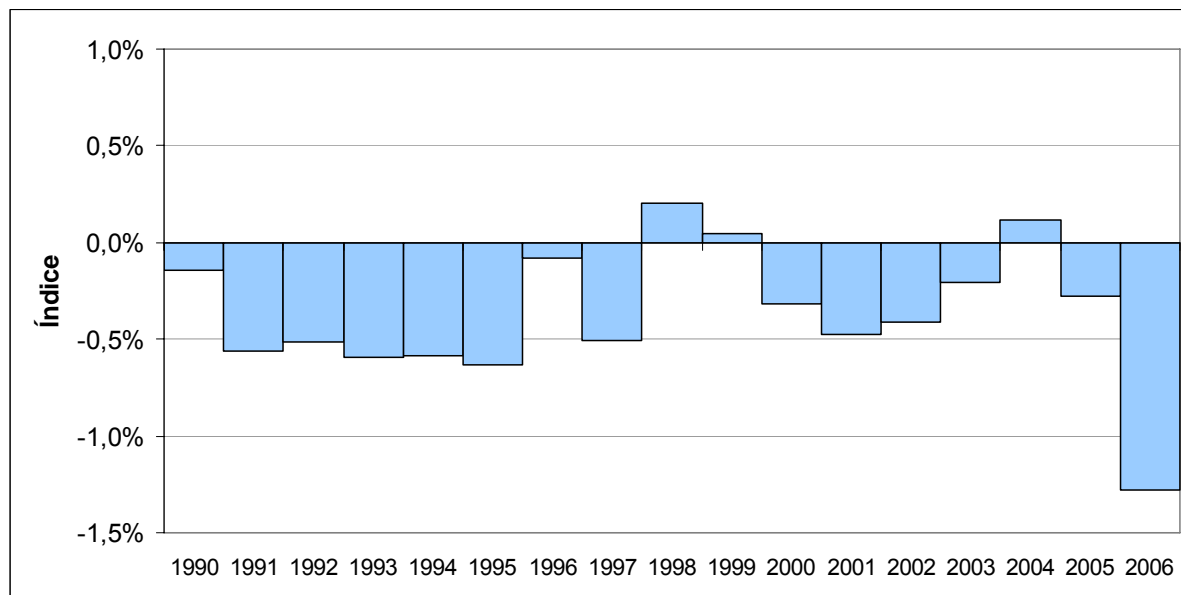


Figura 3.5.3.- Emisiones de CO₂-eq. Diferencia porcentual Eds 2009 vs 2008

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 plomo secundario y cobre secundario, donde para algunas de ellas ya se dispone de información individualizada). Este mismo planteamiento se pretende aplicar a las fundiciones de hierro.

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 CO₂ 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 CH₄ y N₂O, y expresando el conjunto de las emisiones de los tres gases en términos de CO₂-eq. En esta misma tabla se presentan el índice de evolución temporal (base 100 año 1990) de las emisiones de CO₂-eq, y las contribuciones de las emisiones de CO₂-eq de esta categoría sobre el total del inventario y del sector energía.

Tabla 3.6.1.- Emisiones de CO₂ (Cifras en Gg)

1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
4.130	3.301	5.311	5.881	6.854	7.204	7.582

Tabla 3.6.2.- Emisiones de CO₂-eq: valores absolutos, índices y ratios

	1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
CO ₂ -eq (Gg)	4.171	3.335	5.365	5.941	6.924	7.277	7.659
Índice CO ₂ -eq	100,0	79,9	128,6	142,4	166,0	174,5	183,6
% CO ₂ -eq sobre total inventario	1,45	1,04	1,31	1,39	1,57	1,68	1,73
% CO ₂ -eq sobre energía	1,96	1,39	1,71	1,79	1,99	2,16	2,22

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 IPCC⁸. En la selección del método se han seguido los criterios expuestos en la Guía de Buenas Prácticas 2000 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

⁸ "IPCC Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories", apartado 2.5.

estadísticas de tráfico aéreo elaboradas por el Ministerio de Fomento⁹ para cada aeropuerto y segmento, doméstico o internacional¹⁰.

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 Industria, Turismo y Comercio a los organismos internacionales, AIE y EUROSTAT¹¹. 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.

La entidad pública empresarial encargada de la explotación de los aeropuertos civiles y control de la navegación aérea, AENA¹², 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 ICAO¹³ 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 ICAO¹⁴, 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:

⁹ "Tráfico comercial en los aeropuertos españoles", Dirección General de Aviación Civil (DGAC), Ministerio de Fomento.

¹⁰ No se incluyen el tráfico militar, de estado, privados o trabajos aéreos.

¹¹ El organismo nacional responsable de la cumplimentación de los cuestionarios de productos petrolíferos no facilita el consumo desglosado por actividades socioeconómicas para el periodo 2001-2004. Por esta razón, se ha adoptado la información disponible en los balances energéticos de la AIE para dicho periodo.

¹² AENA (Aeropuertos Españoles de Navegación Aérea)

¹³ "Engine Exhaust Emissions Data Bank". Edición 1995. ICAO (International Civil Aviation Organization)

¹⁴ Combinación de los datos presentes en "ICAO Aircraft Type Designators" y en "ICAO Engine Exhaust Emissions Data Bank"

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

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

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 = N° de CAD
- NAterrizaje = n° de operaciones de aterrizaje
- NDespegue = n° 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_{PCI})

Tipo	1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
Gasolina aviación <i>del cual</i>			477	434	434	434	477
CAD			85	75	70	70	78
Crucero			392	359	364	364	399
Queroseno ⁽¹⁾ <i>del cual</i>	56.845	45.441	72.628	80.520	93.918	98.731	103.891
CAD	6.413	8.299	12.908	13.849	15.136	15.913	16.898
Crucero	50.432	37.142	59.720	66.671	78.782	82.818	86.993
Total	56.845	45.441	73.105	80.953	94.351	99.164	104.368

(1) Incluye, según los años, queroseno de aviación más gasolina tipo *jet fuel*.

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 CO₂, se ha aplicado el factor por defecto propuesto en el Manual de Referencia 1996 IPCC, tabla 1-52, de 3,15 toneladas de CO₂ 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_{PCI}) y la estimación de consumo realizada por el inventario (50.168 TJ_{PCI}) 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 doméstico¹⁵, 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 CO₂ 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 2000 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 a partir de 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. La presencia de estos aeropuertos no incide en el cómputo global de las emisiones de CO₂ ni de N₂O, pero modifica ligeramente la estimación de las emisiones de CH₄. En ediciones futuras del inventario se integrarán estos nuevos aeropuertos en el desglose de las operaciones de actividad aeroportuaria y navegación aérea.

15

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%.

3.6.5.- Realización de nuevos cálculos

En la edición actual del inventario no se han realizado modificaciones metodológicas o actualizaciones en la información de base que afectasen a las emisiones de gases de efecto invernadero estimadas en la edición pasada.

3.6.6.- Planes de mejora

Se encuentra actualmente en proceso un proyecto de colaboración entre distintas entidades nacionales (DGCEA, Agencia Estatal de Seguridad Aérea – AESA- y la Sociedad para los Servicios y Estudios de la Navegación Aérea y la Seguridad Aeronáutica -SENASA-) y organismos internacionales (EUROCONTROL) con el propósito de aplicar una metodología ya desarrollada del modelo de tráfico y emisiones del tráfico aeronáutico (modelo MECETA). 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 CO₂-eq. En esta misma tabla se presentan el índice de evolución temporal (base 100 año 1990) de las emisiones de CO₂-eq; las contribuciones de las emisiones de CO₂-eq 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	2003	2004	2005	2006	2007
CO ₂	50.442	60.341	87.095	90.513	92.666	95.140	
CH ₄	11,32	11,22	9,48	9,00	8,35	8,20	
N ₂ O	2,19	3,57	7,51	8,00	8,36	8,76	

Tabla 3.7.2.- Emisiones de CO₂-eq: valores absolutos, índices y ratios

	1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
CO ₂ -eq (Gg)	51.360	61.684	89.622	93.181	95.433	98.028	
Índice CO ₂ -eq	100,0	120,1	174,5	181,4	185,8	190,9	
% CO ₂ -eq sobre total inventario	17,85	19,35	21,85	21,87	21,65	22,62	
% CO ₂ -eq sobre energía	24,16	25,59	28,44	28,06	27,46	28,98	

3.7.2.- 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.

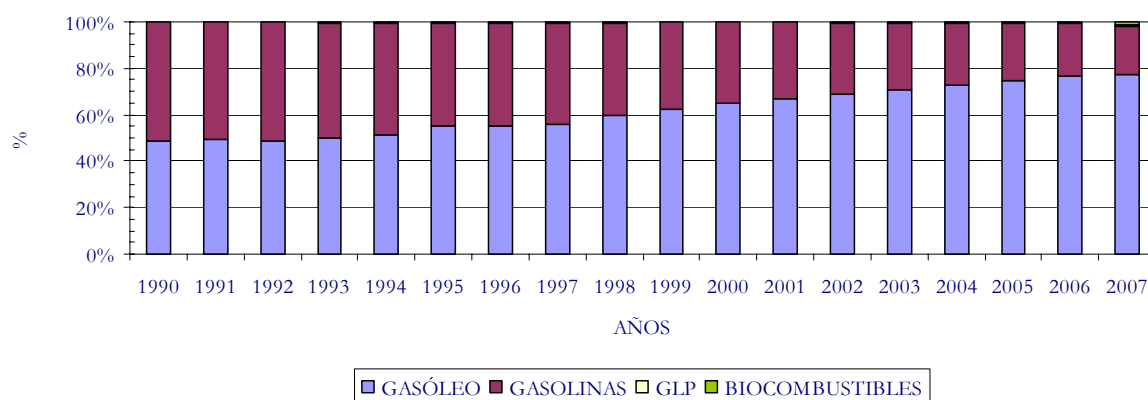
2. Las cifras oficiales del parque registrado de vehículos, distribuido por categorías, edades, cilindradas y carga útil, publicadas en el *Anuario estadístico* de la Dirección General de Tráfico del Ministerio del Interior.
3. Las cifras de recorridos desglosados por categoría de vehículos y realizados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

Consumo de combustibles

El aspecto más destacado es el crecimiento sostenido del consumo de combustibles como consecuencia de los incrementos interanuales en los recorridos de los vehículos. A su vez, distinguiendo por tipo de combustible, destaca el firme crecimiento del consumo de gasóleo frente a una evolución del consumo de gasolina que, tras un crecimiento en los años iniciales seguido de estabilidad en los años intermedios, muestra una pauta de decrecimiento a partir del año 1998. La evolución en cifras se sitúa para la gasolina en unos valores entre 8.000 y 9.000 kt hasta el año 2003 para descender progresivamente hasta el nivel de 6.655 kt en el año 2007, mientras que el gasóleo ha pasado de las 7.788 kt en el año 1990 a 24.395 en el año 2007 (el consumo de gases licuados del petróleo es marginal). Esto ha provocado una modificación de la distribución relativa de los consumos entre las

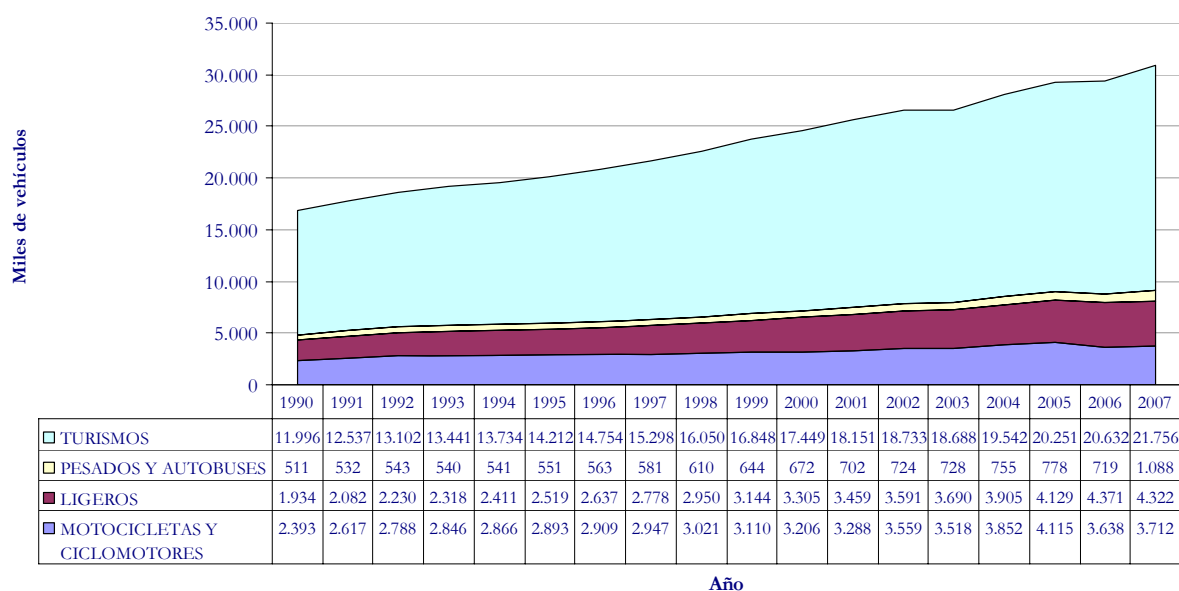
gasolinas y el gasóleo yendo desde un reparto prácticamente igualitario en el año 1990 hasta alcanzar en el año 2007 una situación en la que el gasóleo representa más de las tres cuartas partes del consumo total, como puede verse en la figura 3.7.1.

Con respecto a las fracciones renovables del gasóleo (biodiésel puro) y de la gasolina (etanol) han ido creciendo a lo largo de los últimos años, situándose en 2007 en torno al 1,2% en el caso del biodiésel con respecto al gasóleo total, y al 2,9% en el caso del etano con respecto al total de gasolina. La presentación de las contribuciones de la parte fósil y renovable de los combustibles líquidos utilizados en el transporte por carretera se presenta en las hojas excel generadas por el CRF de la forma siguiente: las emisiones de CH₄ y N₂O se han computado en su integridad dentro de los combustible líquidos fósiles, lo cuál queda indicado en las emisiones de dichos contaminantes para la biomasa mediante la etiqueta "IE" (estimado en otra parte); mientras que para el CO₂ cada parte (fósil y renovable) tiene atribuida su emisión correspondiente, reportándose la asociada a la parte renovable sólo en concepto *pro-memoria*.

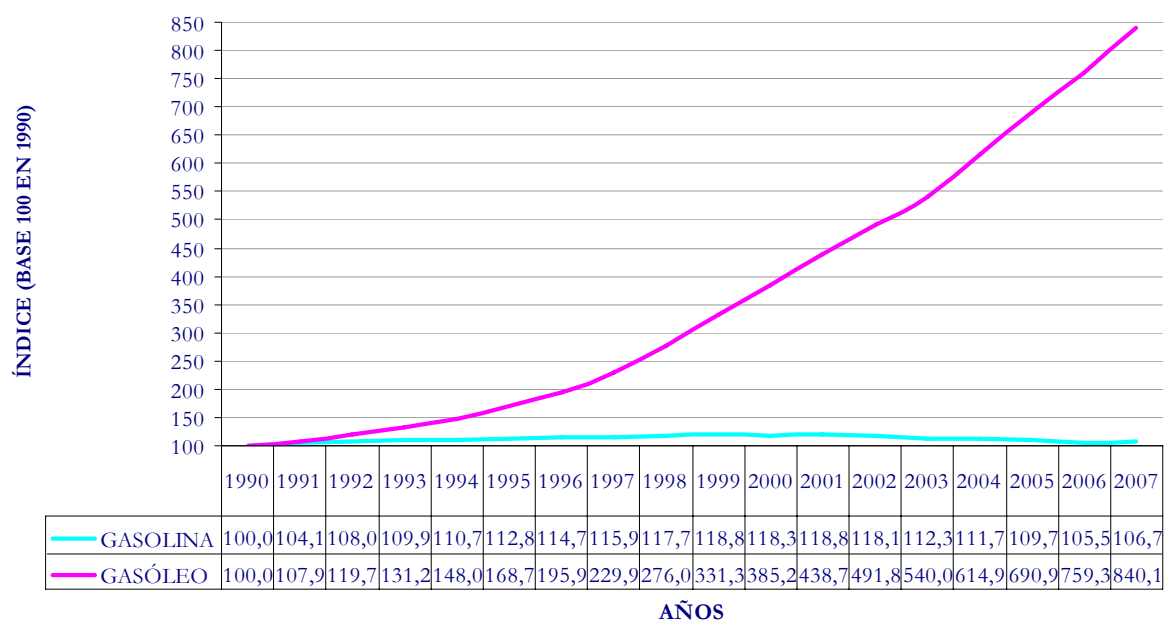
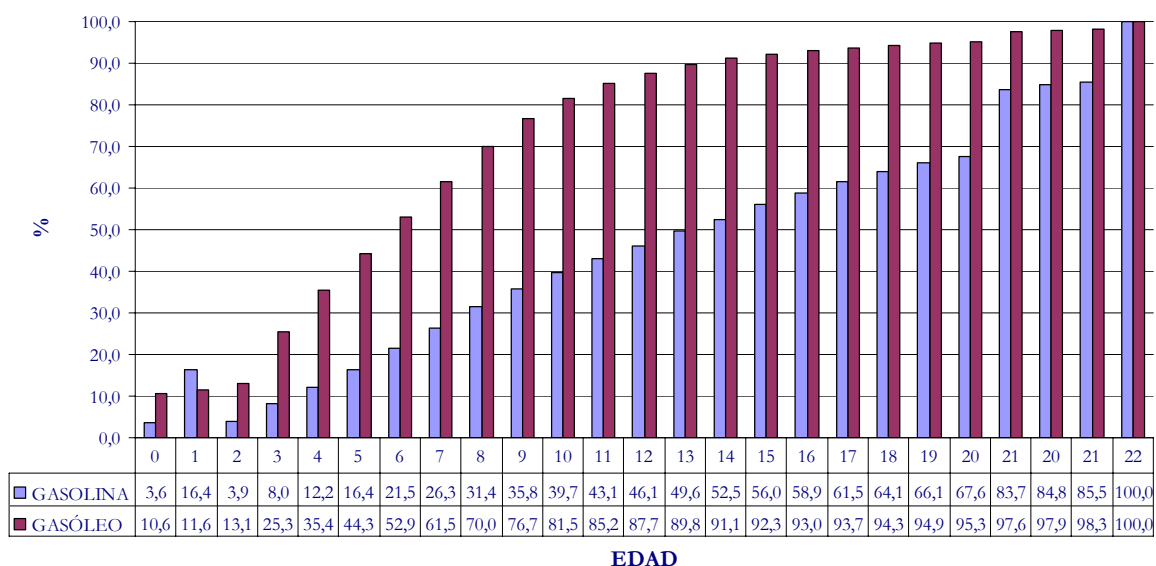
Figura 3.7.1.- Consumo de gasolinas y gasóleo (Cifras en kt)

Parque de vehículos

El parque registrado de vehículos ha experimentado un crecimiento notable entre los años 1990 y 2007. Según se puede ver en la figura 3.7.2 ha crecido entre un 55% y un 123%, dependiendo de la categoría de vehículos considerada: motocicletas y ciclomotores 55%, vehículos de carga ligeros 123%, vehículos pesados 113% y turismos 81%.

Figura 3.7.2.- Parque de vehículos

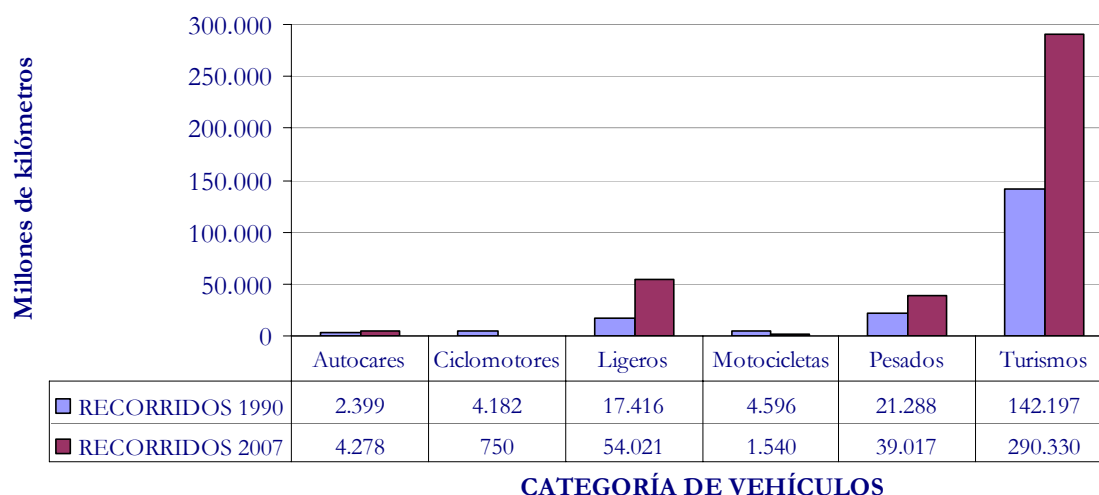
Atendiendo a la distribución por clase de combustible de los vehículos, en los turismos se manifiesta una gran disparidad en la evolución. El crecimiento de los turismos de gasolina, un 7%, no admite comparación con el habido en los de gasóleo, cercano al 840%. Esta disparidad se manifiesta, consecuentemente, 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 5 y 6 años, mientras que en los de gasolina supera los 13 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 2007 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 2007**

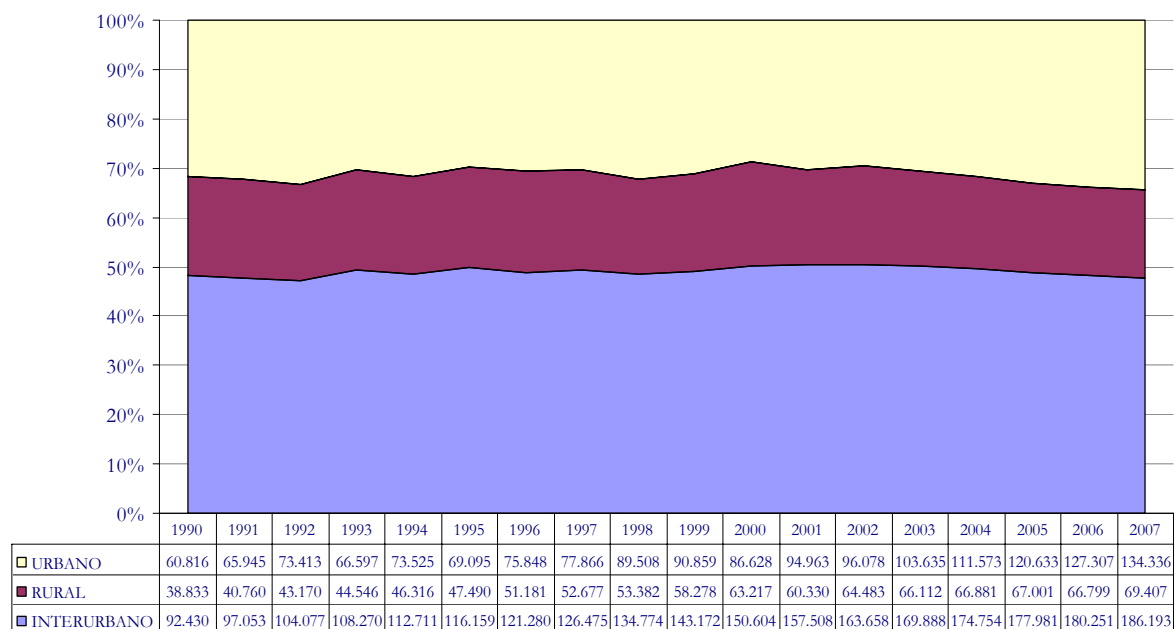
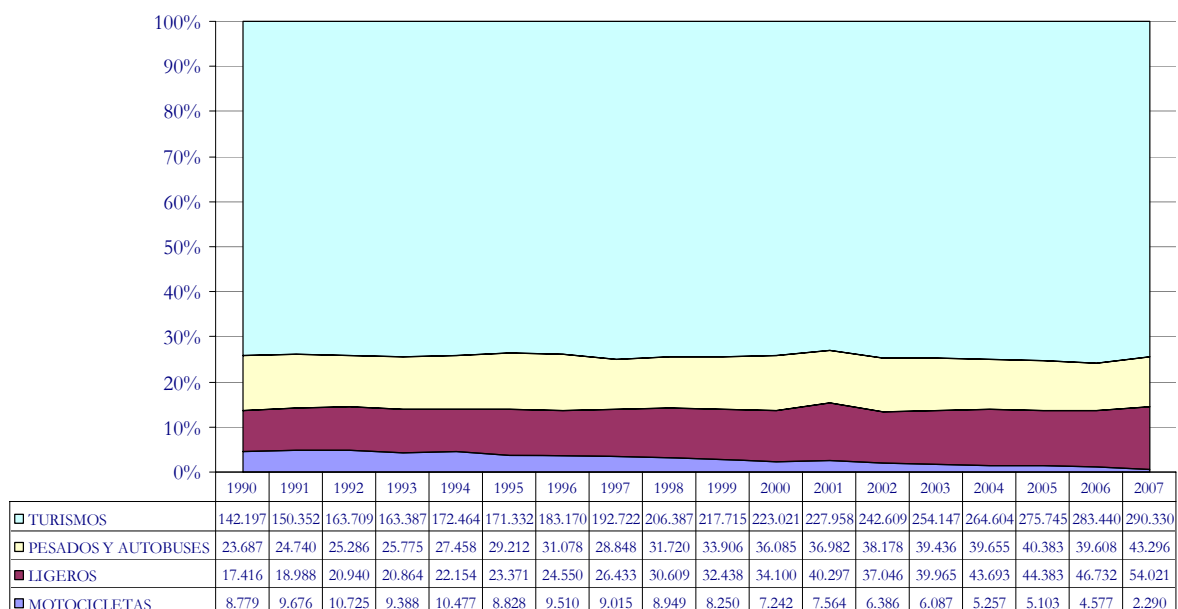
Recorridos

Entre los años 1990 y 2007 se ha producido un crecimiento muy notable 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 389.936 en el 2007, es decir, un incremento de aproximadamente el 103% en dieciocho años. Por categorías de vehículos el mayor incremento corresponde a los vehículos ligeros para transporte de mercancías, un 210%, seguidos de los turismos, con un 104%, y de los vehículos pesados para transporte de mercancías, con un 83% 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 estabilidad a lo largo de los años, representando la pauta interurbana entre el 47,2% y el 50,5% del recorrido total, la pauta rural entre el 17,8% y el 21,0% y la urbana entre el 28,8% y el 34,5% a lo largo del periodo inventariado, mostrándose en los últimos años un crecimiento de la pauta urbana con un descenso correspondiente de las pautas interurbana y rural. Por lo que respecta a la distribución de los recorridos según categorías de vehículos, se aprecia que las principales categorías tienen un rango de variación reducido: los turismos oscilan entre el 74,0% del total en el año 1990 y el 74,5% en el 2007, mientras que los vehículos pesados, tanto de transporte de mercancías como de pasajeros, lo hacen entre el 12,33% de 1990 y el 11,10% del 2007. 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 CO₂, N₂O y CH₄ 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 CO₂ 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 CO₂. 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 CO₂ 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 CO₂ por unidad de masa de cada una de las tres clases de carburante consideradas: gasolina (fracción fósil), 3,183, gasóleo (fracción fósil), 3,138 y gases licuados del petróleo, 3,023 (los tres expresados en kg de CO₂/kg de combustible)¹⁶.

Por su parte, los factores de emisión de N₂O y de CH₄ 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:

¹⁶ La contribución de las fracciones renovables de la gasolina y del gasóleo se ha estimado de la siguiente manera: para la gasolina, basándose en la composición estequiométrica del etanol, que resulta en un 52,2% de masa de carbono a masa de etanol; y para el biodiésel, se ha tomado como tipo de éster metílico con ácido graso oleico la fórmula molecular C₂₀ H₃₇ O₄, de la que resulta un porcentaje del 70,4% en masa de carbono sobre masa del citado éster. El factor de emisión final de CO₂ resulta ser por tanto de 1,914 kg de CO₂/kg de combustible para el etanol, y de 2,581 kg de CO₂/kg de combustible para el biodiésel.

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

donde:

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

Es una función de la velocidad que devuelve la masa del contaminante j (N_2O ó 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

		Interurbana	Rural	Urbana
TURISMOS	Rango	80 - 130	40 – 80	10 - 40
	Representante	105	65	25
LIGEROS	Rango	80 - 130	40 – 80	10 - 40
	Representante	100	65	25
PESADOS	Rango	80 - 100	40 – 80	10 - 40
	Representante	95	60	25
AUTOCARES	Rango	80 - 105	40 – 80	10 - 40
	Representante	95	60	25
MOTOCICLETAS	Rango	80 - 130	40 – 80	10 - 40
	Representante	105	65	25
CICLOMOTORES	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.

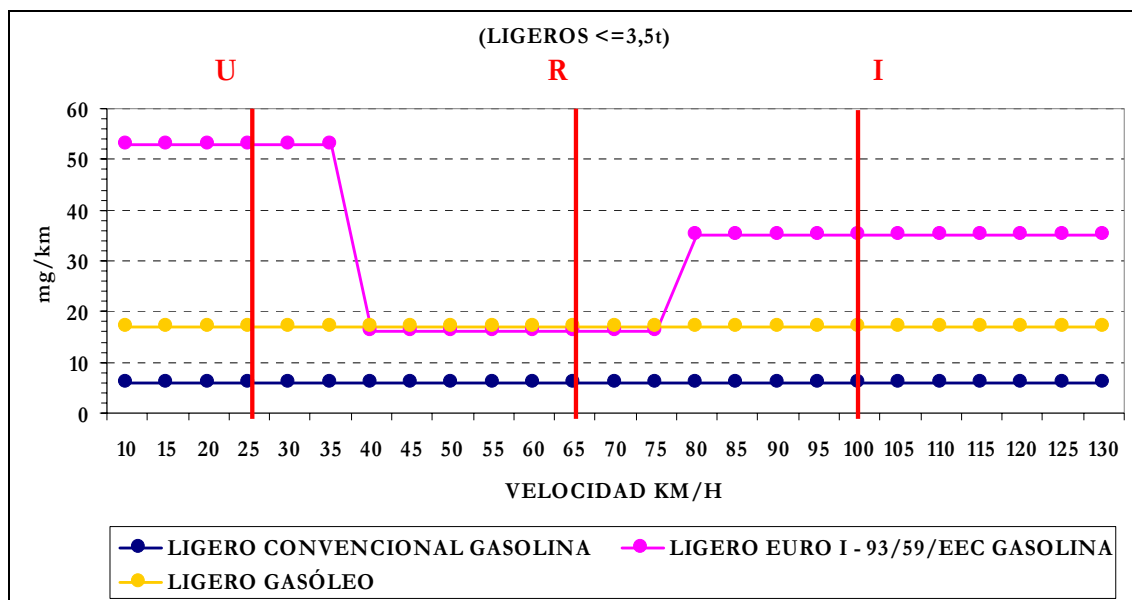
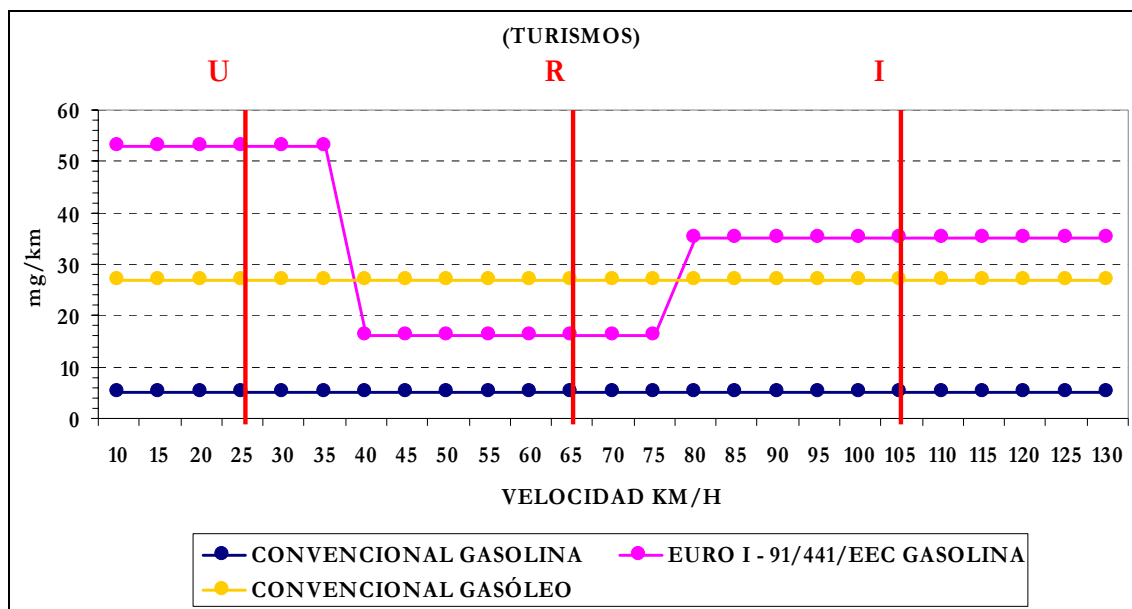
Figura 3.7.7.- Funciones de emisión de N_2O 

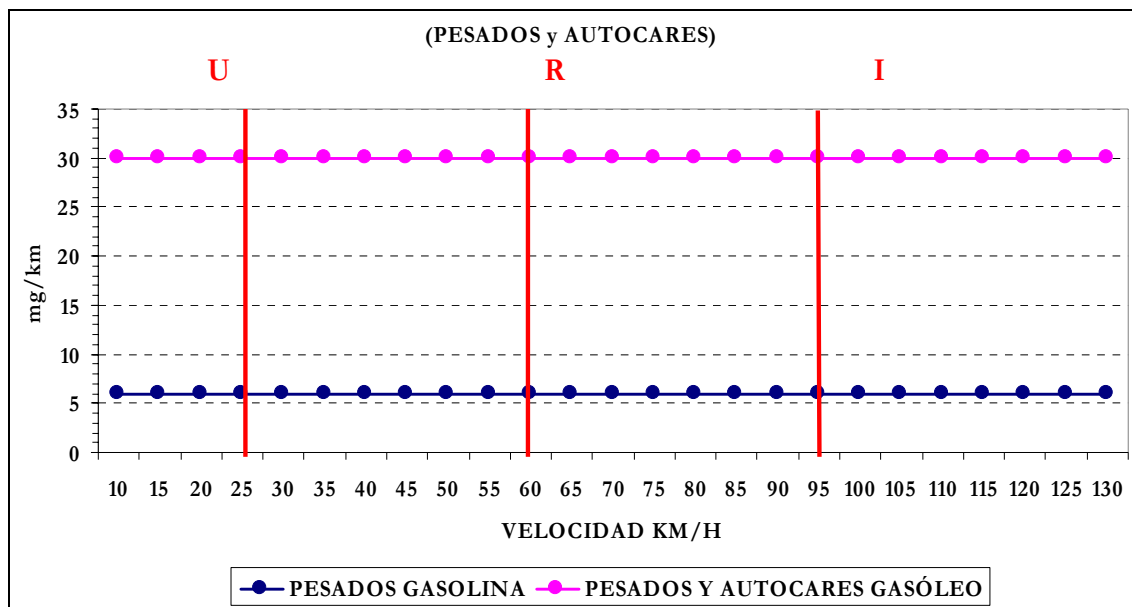
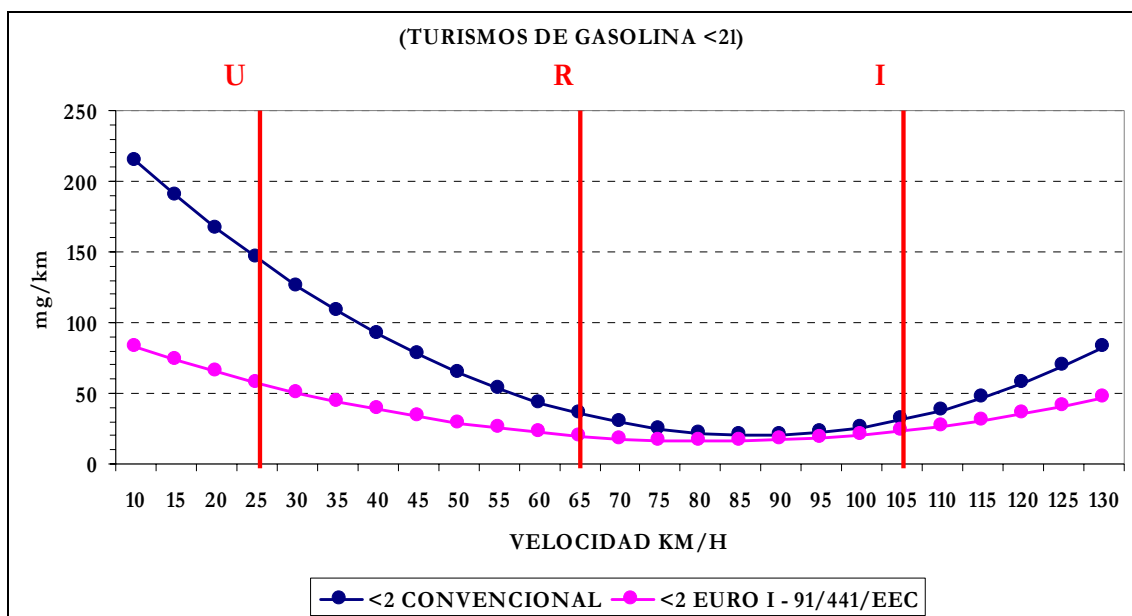
Figura 3.7.7 (continuación).- Funciones de emisión de N_2O Figura 3.7.7 (continuación).- Funciones de emisión de CH_4 

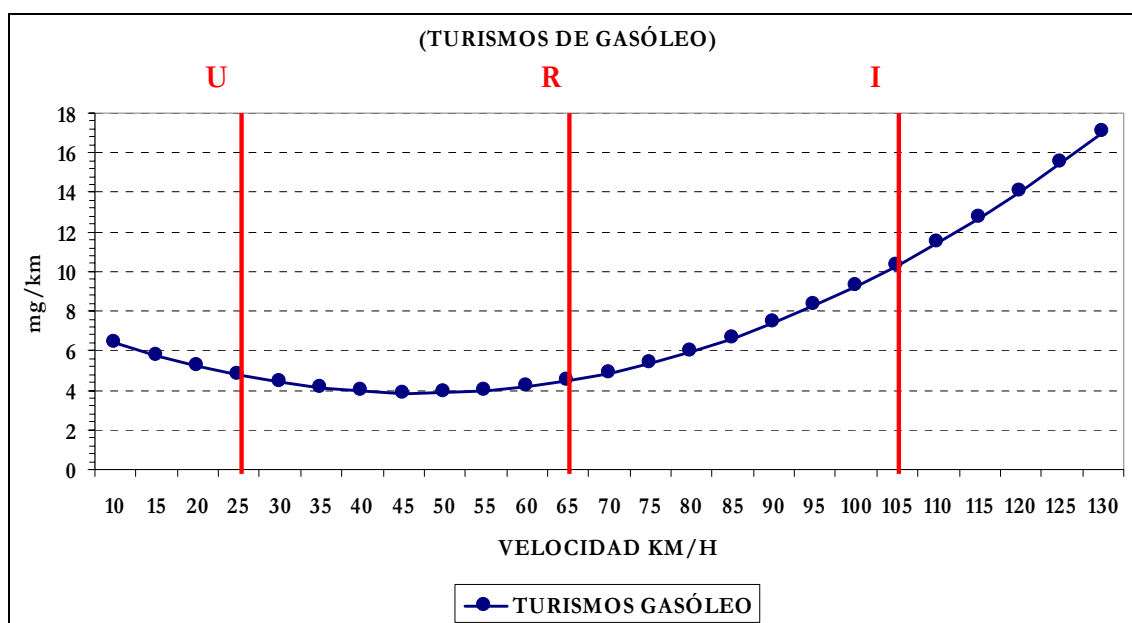
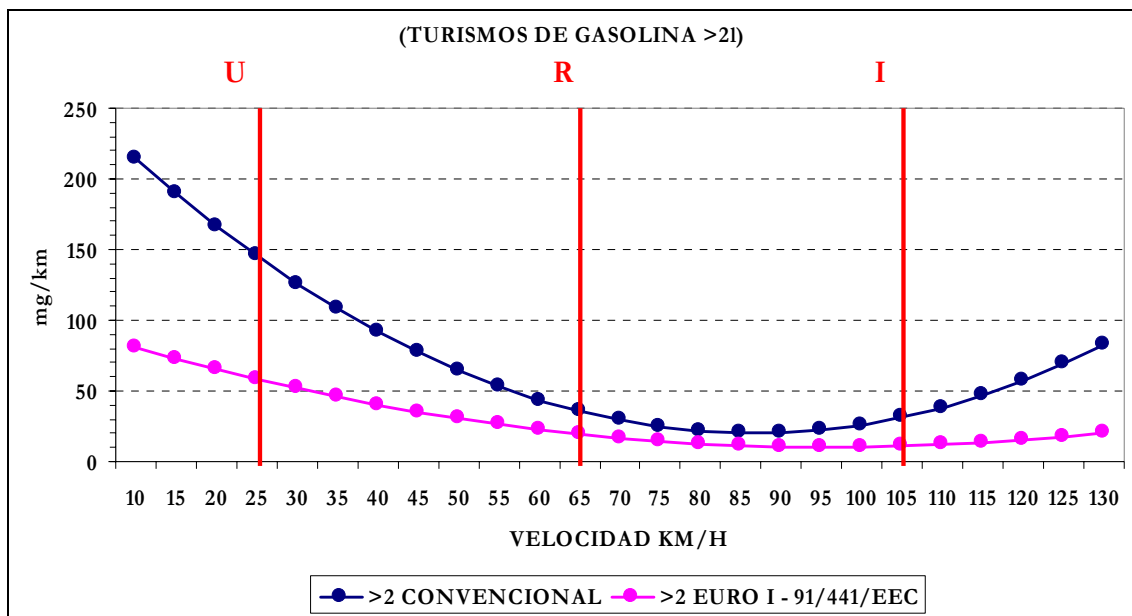
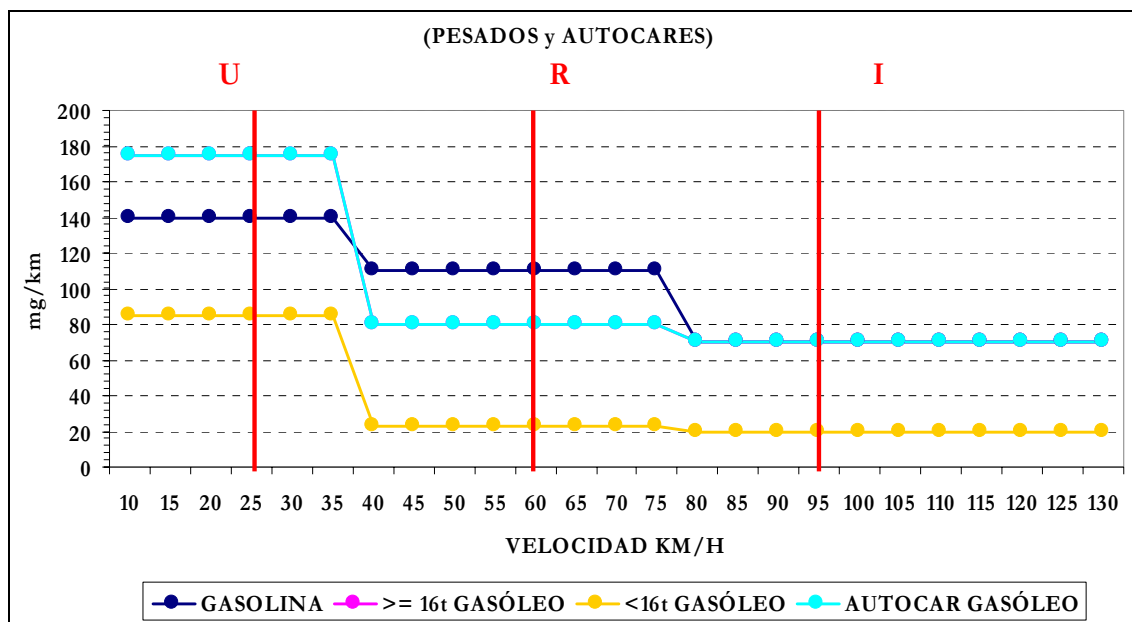
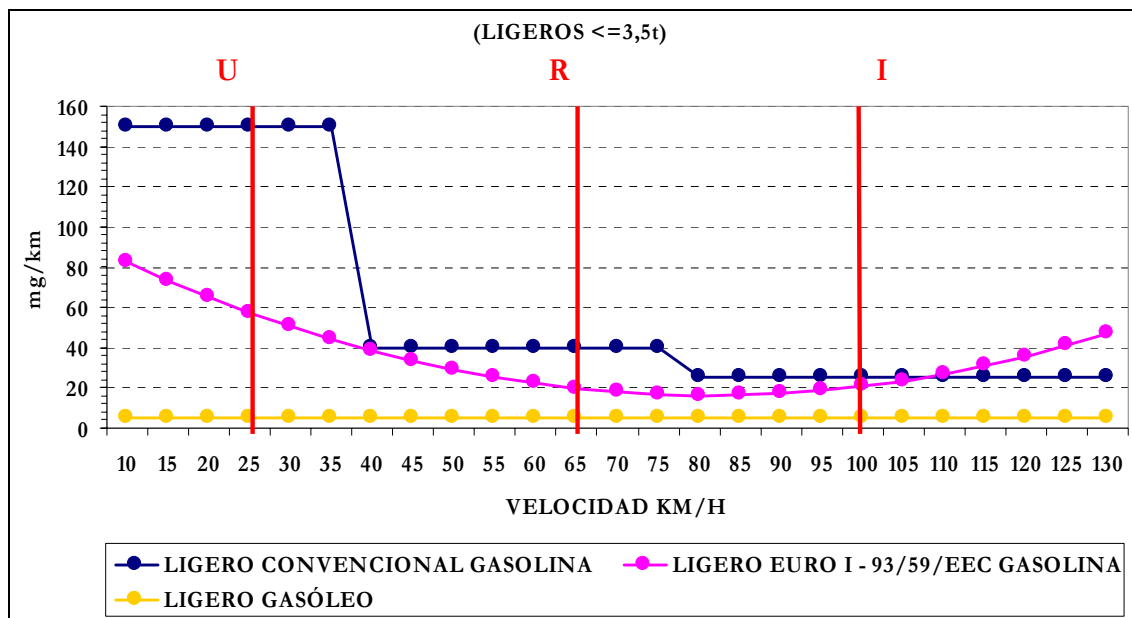
Figura 3.7.7 (continuación).- Funciones de emisión de CH₄

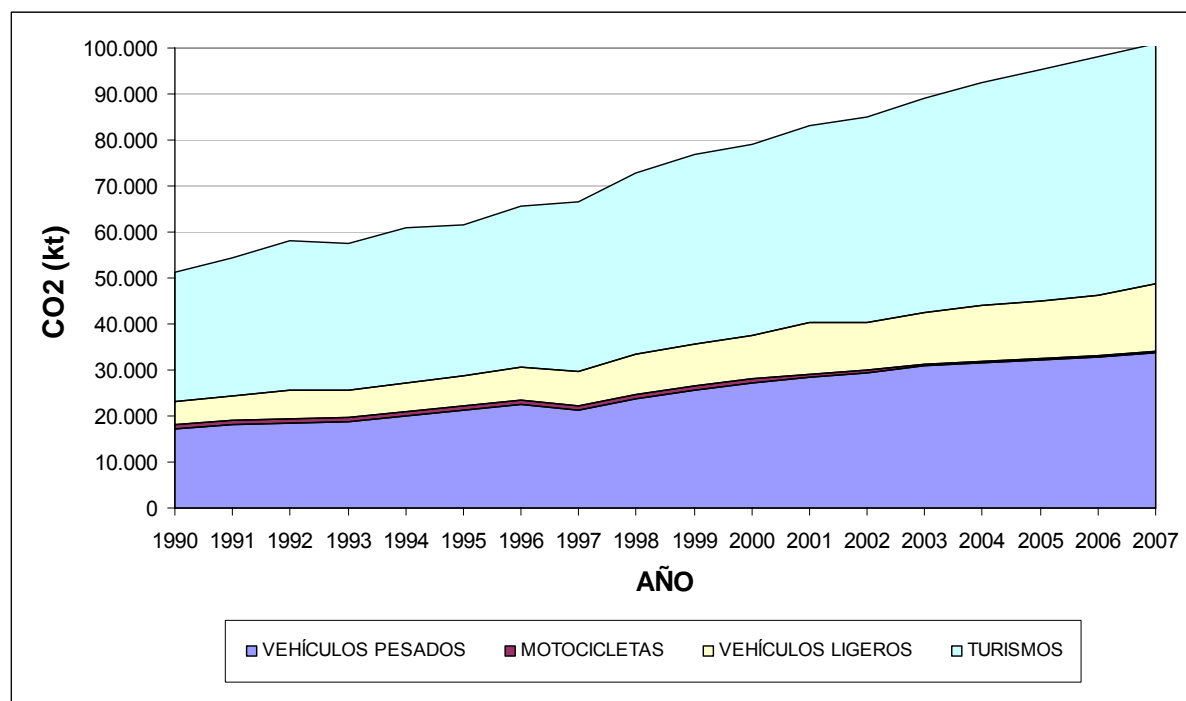
Figura 3.7.7 (continuación).- Funciones de emisión de CH₄

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 CO₂-eq 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	27.319	720	9.560	41.551	79.148
2001	28.385	723	11.223	42.758	83.089
2002	29.510	538	10.391	44.590	85.029
2003	30.880	510	11.198	46.530	89.118
2004	31.420	429	12.223	48.290	92.362
2005	32.169	426	12.497	50.369	95.461
2006	32.782	354	13.114	51.811	98.062
2007	33.854	201	14.629	52.179	100.863

Figura 3.7.8.- Emisiones de CO₂-eq 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 CO₂ se han combinado las contribuciones debidas al contenido de carbono del combustible y a la fracción de oxidación del carbono a CO₂, resultando unas incertidumbres del 2,1% para la gasolina y del 2,2% para el gasóleo de automoción.

Por lo que respecta al N₂O 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

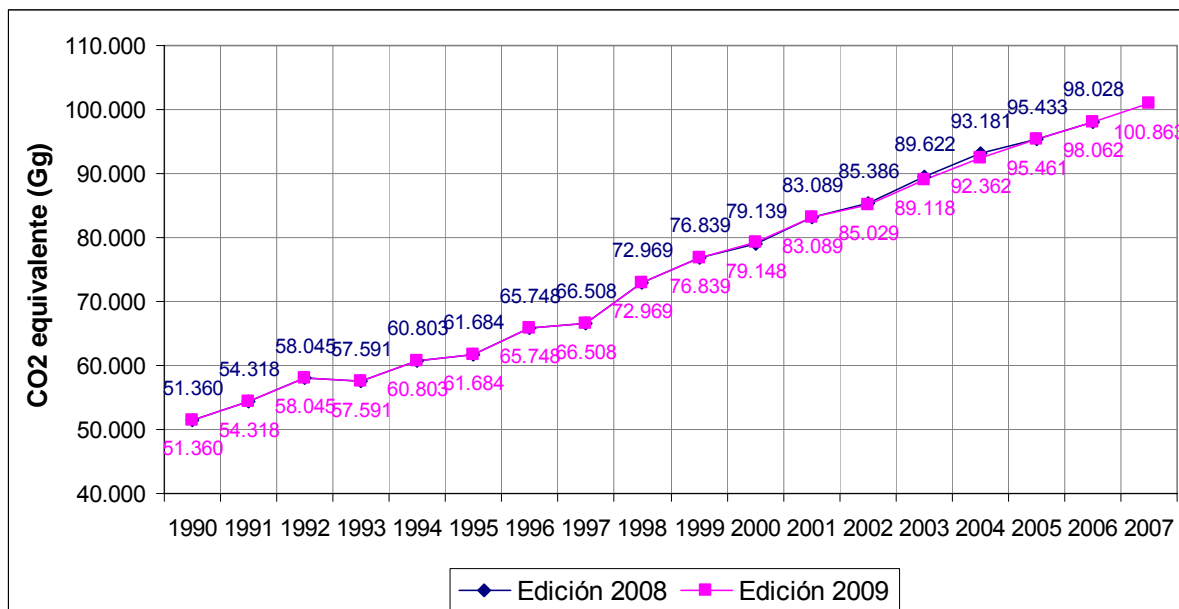
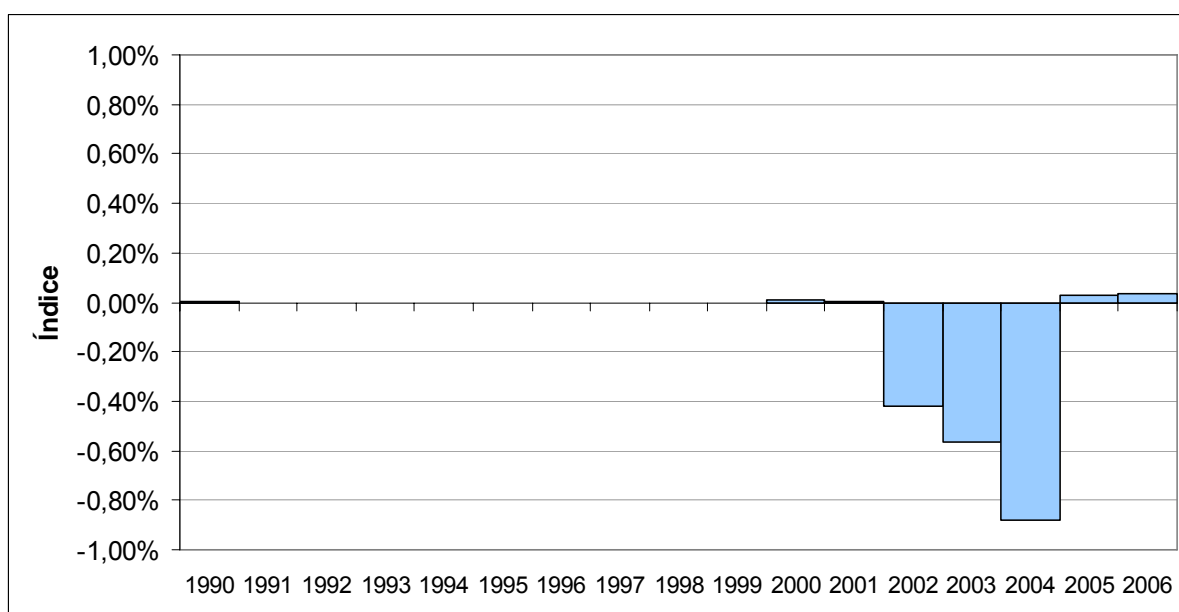
Como tarea de control de calidad en esta categoría se realiza una contrastación con la fuente original de los recorridos en determinadas provincias para el tráfico en las carreteras de diversa competencia administrativa (carreteras estatales, autonómicas y provinciales).

3.7.5.- Realización de nuevos cálculos

El cambio principal efectuado ha sido el del desglose de la fracción fósil y renovable, tanto en gasóleo como en gasolina, que se realiza desde el año 2002 en que consta la incorporación de fracciones renovables para estos combustibles.

En términos de CO₂-eq, las modificaciones realizadas suponen variaciones al alza en los años 2000 (9,1 Gg), 2005 (27,9 Gg) y 2006 (33,9 Gg), mientras que se produce un descenso en los años 2002 (356,5 Gg), 2003 (504,0 Gg) y 2004 (818,9 Gg), lo que en términos relativos supone variaciones entre el -0,88% de 2005 y el 0,03% de 2006.

En la figura 3.7.9 se muestra la evolución comparada de valores absolutos de las emisiones de CO₂ entre los resultados de la edición actual con los resultados de la edición anterior, mientras que en la figura 3.7.10 se presenta la diferencia porcentual de dichas emisiones entre ambas ediciones del inventario.

Figura 3.7.9.- Emisiones de CO₂-eq. Comparación Eds 2009 vs 2008**Figura 3.7.10.- Emisiones de CO₂-eq. Diferencia porcentual Eds 2009 vs 2008**

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 (próxima incorporación de la versión COPERT IV) 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 y la Dirección General de Tráfico del Ministerio del Interior, se propone avanzar en la estimación del parque efectivo circulante que transite por las carreteras (tráfico interurbano y rural). Obviamente esta estimación no se puede realizar a nivel individualizado sino por conjuntos que se consideren estadísticamente representativos. El efecto final se espera que sea 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. A más largo plazo se planea también la recogida de información directa de indicadores de tráfico en núcleos urbanos.

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 sean 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 entre esos gases el CO₂ 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 CO₂-eq. En esta misma tabla se presentan el índice de evolución temporal (base 100 año 1990) de las emisiones de CO₂-eq, y las contribuciones de las emisiones de CO₂-eq de esta categoría sobre el total del inventario y del sector energía.

Tabla 3.8.1.- Emisiones (Cifras en Gg)

	1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
CO₂							
Fuelóleo	1.234	1.259	1.661	1.693	1.768	1.944	2.294
Gasóleo	266	307	712	726	745	819	966
Total	1.500	1.565	2.374	2.419	2.513	2.763	3.260
CH₄							
Fuelóleo	0,07	0,07	0,09	0,10	0,10	0,11	0,13
Gasóleo	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03
Total	0,08	0,08	0,12	0,12	0,12	0,14	0,16
N₂O							
Fuelóleo	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06
Gasóleo	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Total	0,04	0,04	0,06	0,06	0,06	0,07	0,08

Tabla 3.8.2.- Emisiones de CO₂-eq: valores absolutos, índices y ratios

	1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
CO ₂ -eq (Gg)	1.513	1.580	2.395	2.440	2.536	2.788	3.290
Índice CO ₂ -eq	100,0	104,4	158,3	161,3	167,6	184,2	217,4
% CO ₂ -eq sobre total inventario	0,53	0,49	0,58	0,57	0,57	0,64	0,74
% CO ₂ -eq sobre energía	0,71	0,66	0,76	0,74	0,73	0,83	0,95

3.8.2.- Metodología

Para estimar el consumo de combustibles realizado en esta actividad se han utilizado los balances energéticos nacionales¹⁷ y la información facilitada por la Asociación de Navieros Españoles (ANAVE). En función de la disponibilidad de información de ANAVE deben distinguirse los siguientes sub-periodos en cuanto al tratamiento de la información:

- la información de base para el periodo 1993-2002 se ha derivado de la explotación estadística desarrollada a partir de la encuesta cursada por la entidad Puertos del Estado a las compañías navieras asociadas en ANAVE;
- la sub-serie anterior fue completada y extendida a los años precedentes (1990-1992) proyectando los datos disponibles de consumos;
- para los años 2002 a 2004, al no estar disponible la citada encuesta, la información agregada por tipo de combustible fue proporcionada directamente por ANAVE; y
- a partir de 2005, al no estar disponible la información anteriormente proporcionada por ANAVE, se han estimado los consumos de combustibles a partir de un factor de consumo medio por unidad TRB (Toneladas de Registro Bruto). El factor de consumo se ha derivado de la serie de consumo energético para esta actividad y de la información publicada en el Anuario Estadístico del Ministerio de Fomento relativa a los arqueos de los buques mercantes en cabotajes.

En cuanto al desglose por tipo de combustible se ha procedido, por sub-periodos como se indica a continuación:

- En el periodo 1990-2004, se ha tomado como referencia para el gasóleo 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); y, por lo que respecta al consumo de fuelóleo, se ha tomado 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.
- A partir de 2005 el desglose por tipo de combustible se ha estimado aplicando una contribución media de gasóleo y de fuelóleo sobre la energía total calculada según el reparto en años precedentes.

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).

¹⁷ Véase la publicación "Energy Statistics of OECD Countries" de la AIE.

Tabla 3.8.3.- Consumo de combustibles (Cifras en TJ_{PCI})

Tipo	1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
Fuelóleo	16.072	16.393	21.638	22.048	23.033	25.323	29.879
Gasóleo	3.659	4.223	9.806	9.992	10.256	11.276	13.304
Total	19.731	20.617	31.444	32.040	33.289	36.599	43.183

Para la estimación de las emisiones de CO_2 se ha utilizado un factor de emisión derivado del contenido de carbono del combustible; para las emisiones de CH_4 se ha asumido que representan un 5% del total de emisiones de COV; y para el N_2O se han tomado factores seleccionados de EMEP/CORINAIR. Para el NO_x , COVM y CO se ha utilizado la información del estudio “*Marine Exhaust Emissions Research Programme*” de Lloyds Register, mientras que para el SO_2 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_2 (t/t)	CH_4 (kg/t)	N_2O (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 a partir del año 2003 la estimación ha tenido que realizarse mediante extrapolación al haberse producido 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 y gasóleo 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, para lo cual se está contactando con las entidades relevantes implicadas en el tráfico marítimo.

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. En relación con lo comentado en las últimas líneas del párrafo anterior, se dará prioridad al control y verificación de los datos de base en coordinación con las entidades relevantes implicadas en el tráfico marítimo.

3.8.5.- Realización de nuevos cálculos

En la presente edición se ha efectuado una leve modificación en los consumos de combustibles imputados al tráfico marítimo para 2006 como resultado de la revisión en la fuente de referencia consultada, el Anuario Estadístico del Ministerio de Fomento, de la variable extensiva, unidades TRB, para dicho año. Los cambios en las cifras estimadas de consumo para 2006 provocan un incremento de 0,1 Gg (inferior a 0,01%) en las emisiones de CO₂-eq para el tráfico marítimo con respecto a la edición anterior. En la figura 3.8.1 se muestra la evolución comparada de valores absolutos de las emisiones de CO₂ entre los resultados de la edición actual con los resultados de la edición anterior, mientras que en la figura 3.8.2 se presenta la diferencia porcentual de dichas emisiones entre ambas ediciones del inventario.

Figura 3.8.1.- Emisiones de CO₂-eq. Comparación Eds 2009 vs 2008

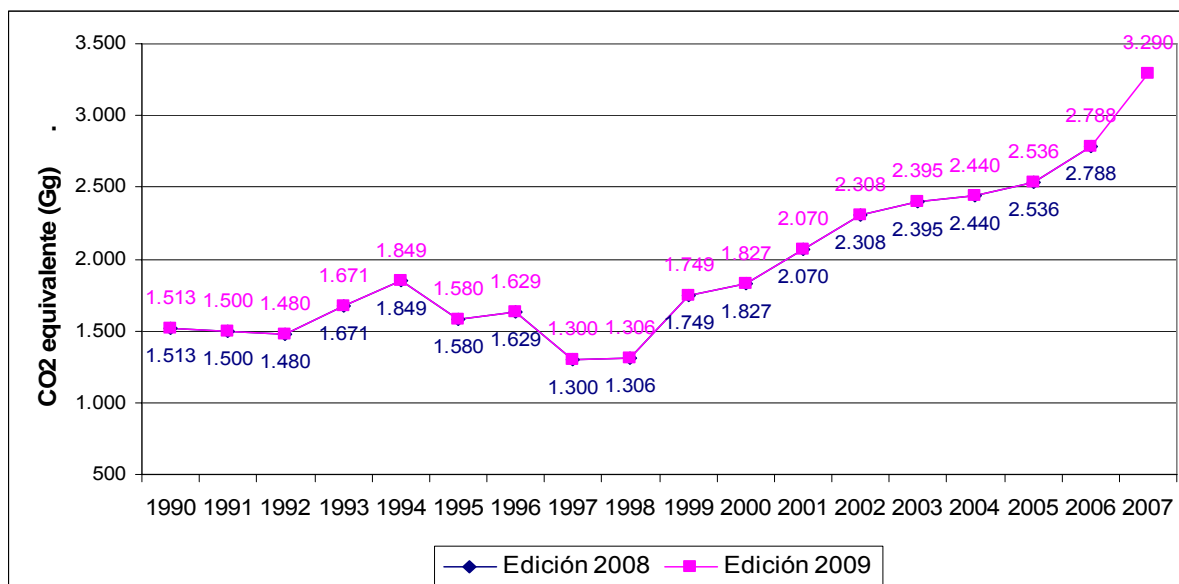
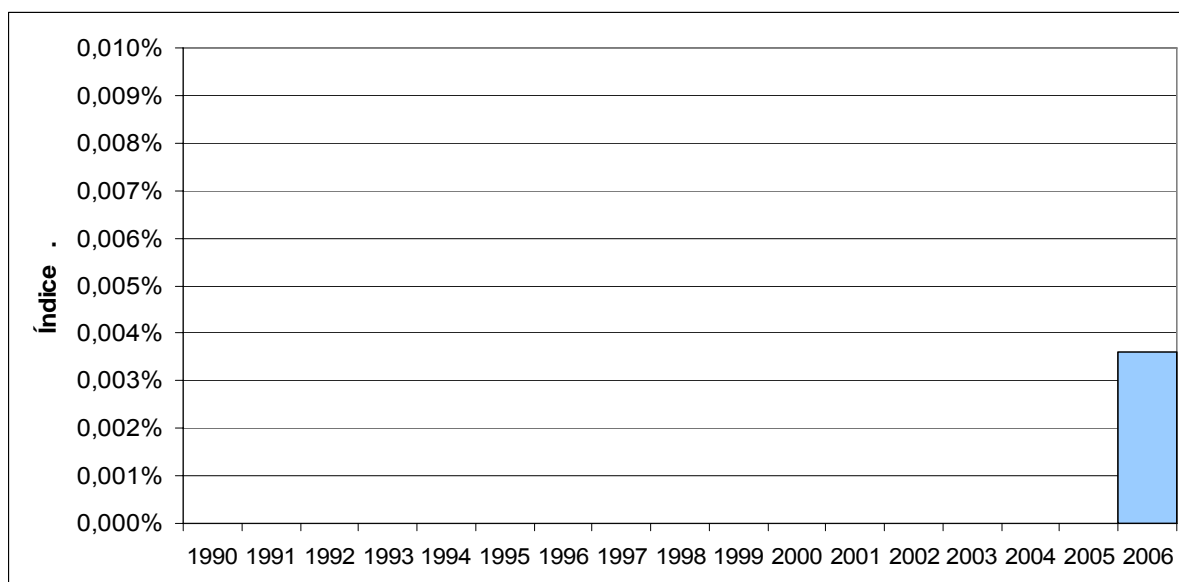


Figura 3.8.2.- Emisiones de CO₂-eq. Diferencia porcentual Eds 2009 vs 2008

3.8.6.- Planes de mejora

Reconocida la incertidumbre actualmente asociada al consumo de combustibles, gasóleo y fuelóleo, se está promoviendo un proyecto de colaboración, actualmente en fase de planteamiento, tanto con la Dirección General de Marina Mercante, 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.

3.9.- Combustión en otros sectores (1A4)

3.9.1.- Descripción de la actividad

Esta categoría 1A4 recoge las emisiones generadas en las actividades de combustión de los sectores no industriales, entre los que se incluyen los sectores comercial, institucional, residencial, así como la combustión en la agricultura, silvicultura y pesca.

En la tabla 3.9.1 se presentan las emisiones de gases de efecto invernadero por tipo de combustible, siendo el CO₂, para las tres grandes clases de combustibles fósiles (sólidos, líquidos y gaseosos), y el CH₄, para el consumo agregado, los gases que confieren a esta fuente su naturaleza de clave (véase el epígrafe 3.1 de este capítulo). En la tabla 3.9.2 se complementa la información anterior expresando el conjunto de las emisiones en términos de CO₂-eq. En esta misma tabla se presentan el índice de evolución temporal (1990 como año de referencia) de las emisiones de CO₂-eq, y las contribuciones de las emisiones de CO₂-eq de esta categoría sobre el total del inventario y del sector energía. En dichas tablas no figuran las emisiones de CO₂ 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.¹⁸

Tabla 3.9.1.- Emisiones (Cifras en Gg)

	1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
CO₂							
Líquidos	21.680	23.939	27.470	27.893	27.688	25.875	24.910
Sólidos	2.282	1.440	536	544	552	545	553
Gaseosos	1.319	2.982	9.098	10.019	10.839	10.378	11.283
Biomasa	10.096	9.398	9.223	9.204	9.204	9.204	9.227
Total	25.281	28.360	37.104	38.456	39.079	36.798	36.747
CH₄							
Líquidos	1,03	1,21	1,35	1,36	1,35	1,26	1,19
Sólidos	7,49	5,75	2,06	2,06	2,06	2,06	2,06
Gaseosos	0,06	0,14	0,53	0,60	0,68	0,70	0,77
Biomasa	30,44	27,75	27,30	27,30	27,30	27,30	27,30
Total	39,02	34,85	31,24	31,32	31,38	31,32	31,32
N₂O							
Líquidos	0,55	0,57	0,59	0,60	0,60	0,57	0,55
Sólidos	0,05	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Gaseosos	0,02	0,05	0,15	0,16	0,18	0,17	0,19
Biomasa	0,34	0,33	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32
Total	0,97	0,97	1,08	1,10	1,11	1,07	1,07

Tabla 3.9.2.- Emisiones de CO₂-eq: valores absolutos, índices y ratios

	1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
CO ₂ -eq (Gg)	26.400	29.392	38.094	39.454	40.081	37.788	37.737
Índice CO ₂ -eq	100,0	111,3	144,3	149,4	151,8	143,1	142,9
% CO ₂ -eq sobre total inventario	9,16	9,21	9,29	9,26	9,09	8,73	8,53
% CO ₂ -eq sobre energía	12,43	12,21	12,11	11,90	11,54	11,21	10,93

En la tabla 3.9.3 se muestra las emisiones de CO₂-eq para cada uno de los sectores que componen esta categoría (1A4a Comercial e Institucional, 1A4b Residencial y 1A4c Agricultura, Silvicultura y Pesca). Asimismo, se presenta para cada sector el índice de evolución temporal (1990 como año de referencia) de las emisiones de CO₂-eq, las contribuciones de las emisiones de CO₂-eq al total del inventario, así como la contribución de las emisiones de cada sector al total de la categoría 1A4.

¹⁸ En la fase de elaboración del presente informe se ha detectado un error en la determinación del consumo final en el sector comercial-institucional y consumo de biomasa en cogeneración. Esta anomalía ha sido ya registrada y será subsanada en la próxima edición del inventario.

Tabla 3.9.3.- Emisiones de CO₂-eq por sector: valores absolutos, índices y ratios

	1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
1.A.4.a Comercial e institucional							
CO ₂ -eq (Gg)	3.787	5.513	8.801	9.166	9.613	8.776	8.305
Índice CO ₂ -eq	100,0	145,6	232,4	242,0	253,8	231,7	219,3
% CO ₂ -eq sobre total inventario	1,3%	1,7%	2,1%	2,2%	2,2%	2,0%	1,9%
% CO ₂ -eq sobre 1.A.4	14,3%	18,8%	23,1%	23,2%	24,0%	23,2%	22,1%
1.A.4.b Residencial							
CO ₂ -eq (Gg)	13.961	14.916	19.497	20.340	20.503	18.931	19.255
Índice CO ₂ -eq	100,0	106,8	139,7	145,7	146,9	135,6	137,9
% CO ₂ -eq sobre total inventario	4,8%	4,7%	4,8%	4,8%	4,6%	4,4%	4,4%
% CO ₂ -eq sobre 1.A.4	52,9%	50,7%	51,2%	51,6%	51,2%	50,1%	51,2%
1.A.4.c Agricultura, silvicultura y pesca							
CO ₂ -eq (Gg)	8.652	8.963	9.795	9.947	9.962	10.076	10.076
Índice CO ₂ -eq	100,0	103,6	113,2	115,0	115,1	116,5	116,5
% CO ₂ -eq sobre total inventario	3,0%	2,8%	2,4%	2,3%	2,3%	2,3%	2,3%
% CO ₂ -eq sobre 1.A.4	32,8%	30,5%	25,7%	25,2%	24,9%	26,7%	26,8%

En las figuras 3.9.1 y 3.9.2, se muestra la representación gráfica de la información de la tabla anterior. La figura 3.9.1 presenta la evolución de las emisiones de CO₂-eq para cada uno de los sectores que componen la categoría 1A4 a lo largo del periodo inventariado, mientras que la figura 3.9.2 muestra la contribución de cada sector al total de la categoría 1A4.

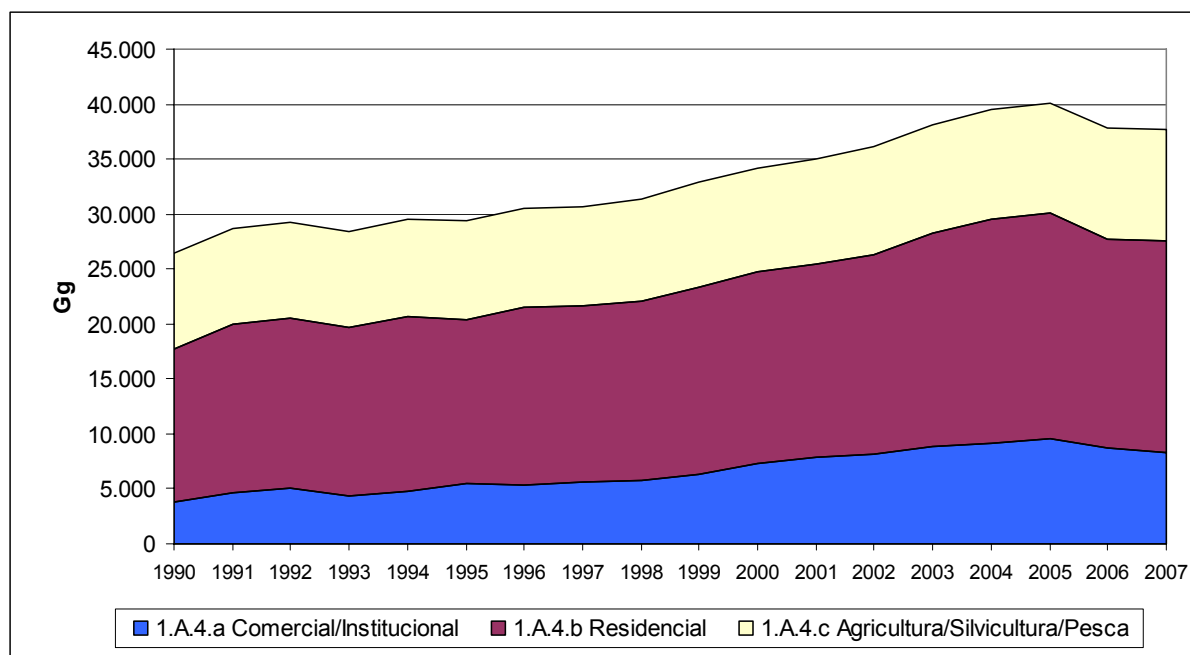
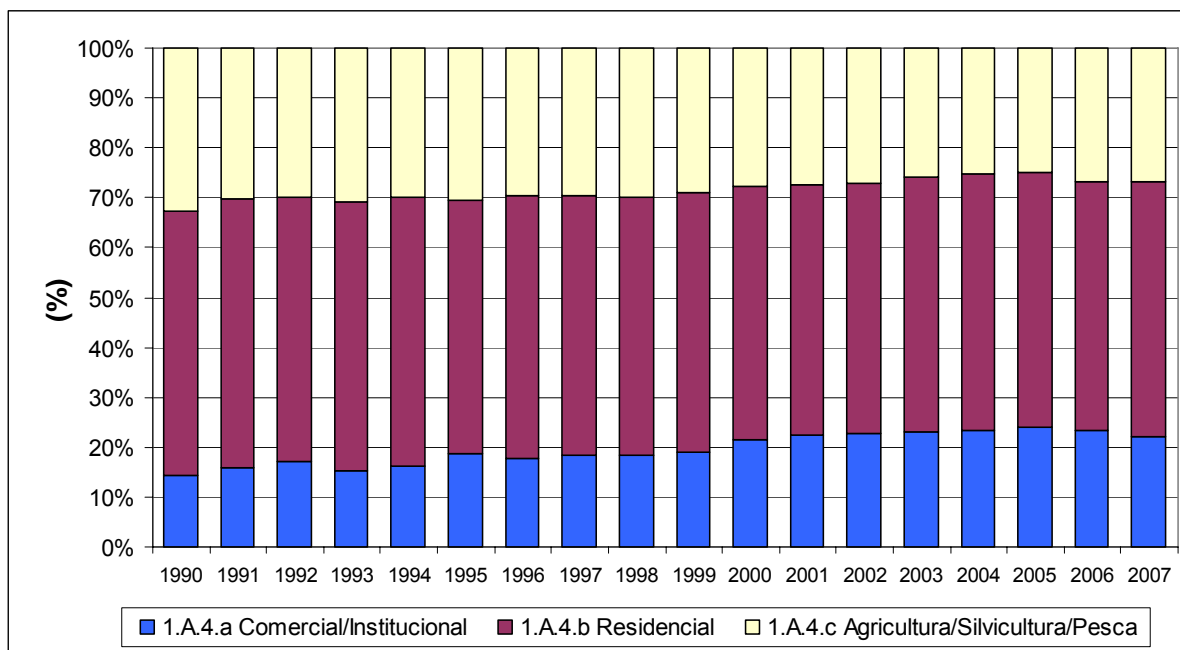
Figura 3.9.1.- Evolución de las emisiones de CO₂-eq por sector

Figura 3.9.2.- Porcentaje de las emisiones de CO₂-eq por sector respecto al total de la categoría 1.A.4



3.9.2.- Metodología

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

- 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 subsectores, 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 agrícola¹⁹, y en la superficie de regadío que figura en el “Anuario de Estadística Agroalimentaria” del MAPA.

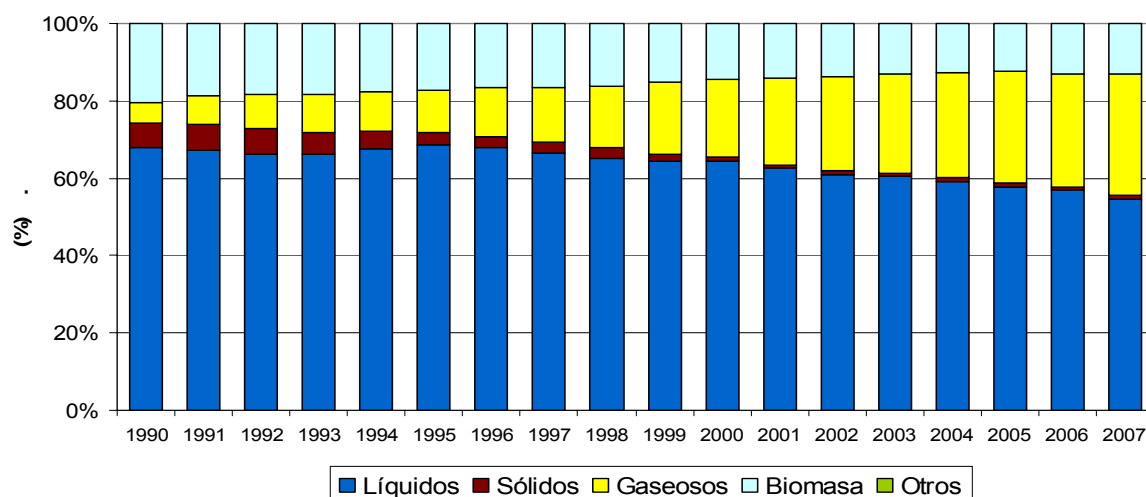
En la tabla 3.9.4 se presentan los consumos de combustibles, expresados en términos de energía (terajulios de poder calorífico inferior, TJ_{PCI}), estimados para esta categoría.

¹⁹ Documento de trabajo para “Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética 2004-2012 del Sector Agricultura y Pesca”, edición de julio de 2003.

Tabla 3.9.4.- Consumo de combustibles: combustión en otros sectores (Cifras en TJ_{PCI})

Tipo	1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
Líquidos	307.894	337.310	385.451	391.541	388.508	363.078	350.047
Gasolina	262	264	227	212	224	224	224
Queroseno	4.791	2.298	43				
Gasóleo	190.683	217.145	281.442	289.938	289.239	272.953	267.043
Fuelóleo	11.035	25.632	19.899	15.998	15.799	13.108	6.900
G.L.P.	100.576	90.859	80.573	82.391	80.420	74.019	73.088
Coque de petróleo	488	520	390	390	358	358	325
Gas de refinería	59	592	2.876	2.611	2.468	2.416	2.466
Sólidos	28.353	15.685	6.017	6.182	6.322	6.199	6.356
Hulla y antracita	15.443	12.743	4.551	4.551	4.551	4.551	4.551
Lignito negro	924						
Aglomerados de hulla	152						
Gas manufacturado	11.834	2.943	1.466	1.631	1.771	1.648	1.805
Gaseosos	23.974	53.243	162.468	178.906	193.558	185.314	201.477
Gas natural	23.974	53.243	162.468	178.906	193.558	185.314	201.477
Biomasa	91.783	85.421	83.845	83.674	83.674	83.674	83.881
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	0	636	170				207
Total	452.003	491.659	637.781	660.303	672.062	638.265	641.760

En la figura 3.9.3 se muestra la distribución de los consumos de combustibles a lo largo del periodo inventariado. Como puede apreciarse se produce un incremento notable del consumo de gas natural, cuya contribución relativa pasa del 5,3% en el año 1990 al 31,4% del año 2007, si bien el predominio en el consumo energético sigue correspondiendo a los combustibles líquidos (por encima del 54,5% en 2007)²⁰.

Figura 3.9.3.- Distribución del consumo de combustibles, sobre base TJ_{PCI}

²⁰ En esta participación de los combustibles líquidos se está computando el consumo de las actividades de la pesca y la maquinaria móvil agrícola y forestal.

Para la estimación de las emisiones de CO₂ se han aplicado factores de emisión por defecto a partir de características estándares de los combustibles. En cuanto a la estimación de las emisiones de CH₄ y N₂O se han utilizado 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 ha seguido para la estimación de los demás contaminantes considerados en el CRF (SO₂, NO_x, COVNM y CO).

En las tablas 3.9.5 a 3.9.9 se presentan los factores de emisión utilizados en la estimación de las emisiones distinguiendo por tipo de instalación.

Tabla 3.9.5.- Factores de emisión. Calderas

	CO ₂ (t/TJ)	CH ₄ (kg/TJ)	N ₂ 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 IPCC, tabla 1-1, para el CO₂ de la biomasa

Manual de Referencia 1996 IPCC (Tabla 1-8) para el N₂O de la hulla y antracita, lignito negro, madera y residuos de madera, carbón vegetal y residuos agrícolas.

CITEPA, para el N₂O del coque de petróleo, los GLP, el gas manufacturado (en este caso asimilado a otros combustibles gaseosos) y del biogás.

API Compendium para el N₂O del fuelóleo, del gasóleo y del gas natural ("Uncontrolled boilers and heaters")

(1) Años 1990 y 1991 55 kg CO₂/GJ; 1992 y siguientes: 56 kg CO₂/GJ.

Tabla 3.9.6.- Factores de emisión. Turbinas de gas

	CO ₂ (t/TJ)	CH ₄ (kg/TJ)	N ₂ 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 N₂O del fuelóleo.

API Compendium para el N₂O 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 CO₂/GJ; 1992 y siguientes: 56 kg CO₂/GJ.

Tabla 3.9.7.- Factores de emisión. Motores estacionarios

	CO ₂ (t/TJ)	CH ₄ (kg/TJ)	N ₂ 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 N₂O del fuelóleo.

API Compendium para el N₂O 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 CO₂/GJ; 1992 y siguientes: 56 kg CO₂/GJ.

Tabla 3.9.8.- Factores de emisión. Maquinaria agrícola y forestal

	CO ₂ (t/t)	CH ₄ (kg/t)	N ₂ O (kg/t)
Gasolina	3,183	7,670	0,0781
Gasóleo	3,138	0,170	0,0864

Fuente: CO₂: Libro Guía EMEP/CORINAIR. Parte B. Capítulo 810, ecuación (2).

CH₄: Libro Guía EMEP/CORINAIR. Parte B. Capítulo 810, Tablas 8.1 y 8.2.

N₂O: 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 3.9.9.- Factores de emisión. Pesca marítima

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

Fuente: CO₂: Libro Guía EMEP/CORINAIR. Parte B. Capítulo 810, ecuación (2).

CH₄: Estudio "Marine Exhaust Emissions Research Programme", asumiendo para los COV un contenido de metano del 5%.

N₂O: Libro Guía EMEP/CORINAIR (edición agosto 2002). Parte B, Capítulo 842, Tabla 8.2

3.9.3.- Incertidumbre y coherencia temporal

Con respecto a las variables de actividad (consumo de combustibles), la disponibilidad de información resulta heterogénea atendiendo a las distintas clases de combustibles, juzgándose muy limitada para el caso de los carbones y los productos petrolíferos y de mayor exhaustividad y fiabilidad con relación al gas natural.

Para los consumos de carbones y de productos petrolíferos, la información de base, proveniente de las estadísticas de almacenistas e importadores de carbón y de los datos facilitados por los operadores y distribuidores de productos petrolíferos, se complementa por el equipo del inventario con estimaciones de requerimientos energéticos por cruce de tipo de instalación (combustión estacionaria en instalaciones de calefacción y motores, pesca marítima y maquinaria móvil) y subsector de esta categoría (sector comercial-institucional, sector residencial, agricultura, silvicultura y pesca). Para el caso de los carbones, el procedimiento de estimación integra adicionalmente un análisis de la evolución de la mezcla de combustibles para cada subsector. En conclusión, y atendiendo a la clasificación expuesta en la Guía 2006 IPCC (tabla 2.15), se considera que los consumos estimados de estas dos clases de combustibles proceden de un "sistema menos desarrollado" cruzado con "extrapolación"; por tal motivo, se han tomado un coeficiente de incertidumbre del 20% para los carbones y del 15% para productos petrolíferos, valor medio y límite inferior, respectivamente, del rango propuesto en la citada guía para este sistema de captura (rango: 15%-25%).

En cuanto al consumo de gas natural se cuenta con información que, compilada por segmentos sectoriales y de cantidad en cuanto a tipos de tarifa, se considera corresponde a un "sistema estadístico bien desarrollado" y prácticamente exhaustivo, si bien existe una

cierta indefinición en la combinación de la combinación de consumo imputable a electricidad en cogeneración y resto de consumos por actividades sectoriales. Es por ello que, en definitiva, se ha optado por tomar para el coeficiente de incertidumbre un valor del 5%, límite superior del rango reflejado en la Guía 2006 IPCC para este tipo de sistema cruzado con encuesta (rango: 3-5%).

La incertidumbre del consumo de combustibles fósiles, expresado en energía, para esta categoría se estima del 10%, considerando una media ponderada de los valores propuestos para los combustibles fósiles consumidos en esta categoría (25% para sólidos, 15% para líquidos y 5% para gaseosos). En cuanto a la biomasa, la imprecisión en las fuentes de las variables de actividad lleva a estimar su incertidumbre en un 100% según se deriva de la información presentada en la tabla 2.15 de la Guía 2006 IPCC para el cruce de “sistema estadístico menos desarrollado” con “extrapolación”.

Por lo que a los factores de emisión de CO₂ se refiere, la incertidumbre asociada es el resultado de la combinación de los coeficientes estimados para el contenido de carbono del combustible y para la fracción de oxidación del carbono a CO₂. Así, las incertidumbres de los factores de emisión para los carbones se cifran en un 15,1%, a partir de un 15% en el contenido de carbono y un 1,5% en el factor de oxidación. Para los combustibles líquidos, dominados en esta categoría por el gasóleo, el coeficiente se cuantifica del 2,2%, resultante de tomar un valor del 2% en el contenido de carbono y un 1% en el factor de oxidación. Por último, se ha asignado para el gas natural una incertidumbre del 1,4% en el contenido de carbono, cifra deducida de la composición molar facilitada por la principal compañía de este gas, y una incertidumbre del 0,5% en el factor de oxidación, resultando de dicha combinación un coeficiente del 1,5% en el factor de emisión.

Por lo que respecta al factor de emisión de CH₄ la incertidumbre se estima en torno al 100%, tomando como referencia el rango propuesto (-50% a 150%) en la tabla 2.12 de la Guía 2006 IPCC.

En lo que a la coherencia temporal se refiere, cabe hacer notar que, aunque los datos de consumo asociados a combustión estacionaria provienen de los balances energéticos nacionales publicados por la AIE y EUROSTAT, complementados con estadísticas nacionales de producción y consumos en cogeneración facilitados por el Instituto de Diversificación y Ahorro Energético (IDAE), la erraticidad mostrada por las series de los balances no siempre ha podido ser adecuadamente justificada (esta erraticidad no se refleja en la variable de actividad asociada a la maquinaria móvil, determinada con ayuda de patrones de actividad (véase apartado 3.9.2)). Al objeto de minimizar discrepancias, no justificadas, con la evolución de las variables socioeconómicas determinantes en cada subsector, se ha procedido a revisar las series de energía consumida, total y por tipo de combustible, para cada subsector, revisando cifras reportadas en los balances.

3.9.4.- Control de calidad y verificación

Los controles de calidad y verificación que se han aplicado en esta categoría a las actividades de maquinaria móvil agro-forestal y para la pesca marítima, están basados en cuanto a tasas de actividad (horas de operación en el año) y en cuanto a parámetros del algoritmo de estimación de consumos (coeficientes de paso de parque registrado a parque

efectivo y ratios de consumo específico (por CVh) en juicios de experto, al no disponerse en general de estadísticas de contraste.

Para las restantes actividades (combustión estacionaria) las variables de actividad se han derivado de los balances energéticos y de información complementaria de estadísticas sectoriales para el caso de los motores de riego y cogeneración en el subsector servicios. Tal y como se ha indicado en el apartado anterior, para el caso del consumo final, no destinado a la generación de electricidad, se han analizado las series energéticas por subsector, valorando su afinidad con la tendencia de las respectivas variables socioeconómicas representativas.

3.9.5.- Realización de nuevos cálculos

A continuación se describen las principales variaciones efectuadas en esta categoría en la presente edición con respecto a la edición pasada.

Combustión estacionaria en el sector comercial-institucional. La revisión de la coherencia temporal de las series 1990-2007 de consumos publicados en los balances ha motivado modificaciones de las cifras relativas a consumos finales imputados a este sector en la edición anterior del inventario.

Otra modificación en la serie de consumos ha estado motivada por una revisión de la estimación de combustibles empleados en la cogeneración. En la edición pasada se combinaba la información de la estadística nacional de cogeneración relativa al consumo imputable a la generación eléctrica con las cifras de consumo final publicadas en los balances nacionales. Mientras, en la edición actual se ha adoptado como fuente exclusiva de información para cogeneración (total consumo en cogeneración, imputable tanto a electricidad como a calor) la estadística nacional de cogeneración, estimándose el consumo restante a partir del consumo final tras descontar la partida destinada a generación de calor no vendido. Este cambio ha inducido variaciones al alza en aquellos combustibles que, siendo informados de ellos en la estadística, no aparecen consideradas en los balances nacionales dentro del consumo final del sector²¹.

Dentro de la última modificación citada, se encuentra una revisión de la distribución de los consumos en cogeneración por tipo de instalación inespecífica. Esta nueva partición conlleva una variación en las emisiones de contaminantes cuyos niveles de emisión dependen, no sólo del tipo de combustible, sino también de la clase de instalación en la que se consume, como son el metano y el óxido nitroso.

- Combustión estacionaria en el sector agrícola: Se ha revisado el tipo de gasóleo consumido en este sector y, con ello, ciertas características del combustible, como es el poder calorífico. Estimándose el consumo en instalaciones fijas, excluidos motores de regadío, en proporción a la masa de combustible imputado a la maquinaria móvil

²¹ Tal y como ya se ha comentado en el apartado 3.9.1 (ver nota a pie de página), en la etapa de redacción de este documento se ha descubierto un error en la estimación de los consumos del sector para los años 1990-2007, cuantificado según años entre un-3% y 2% de la energía total consumida por el sector, y, por tanto, de un nivel similar en las emisiones de CO₂-eq.

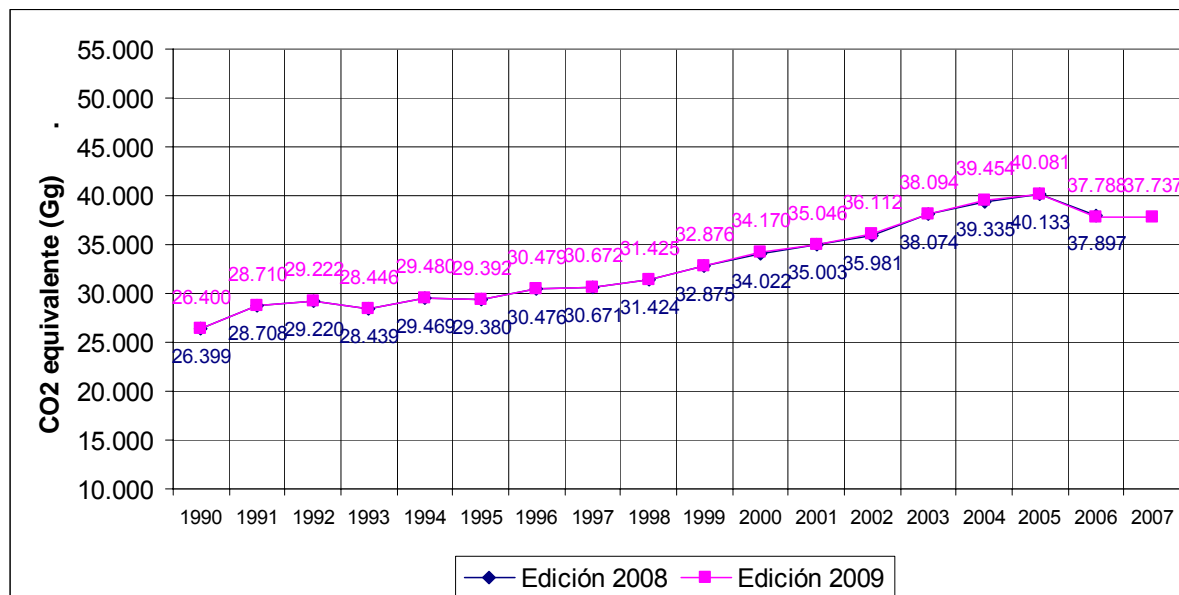
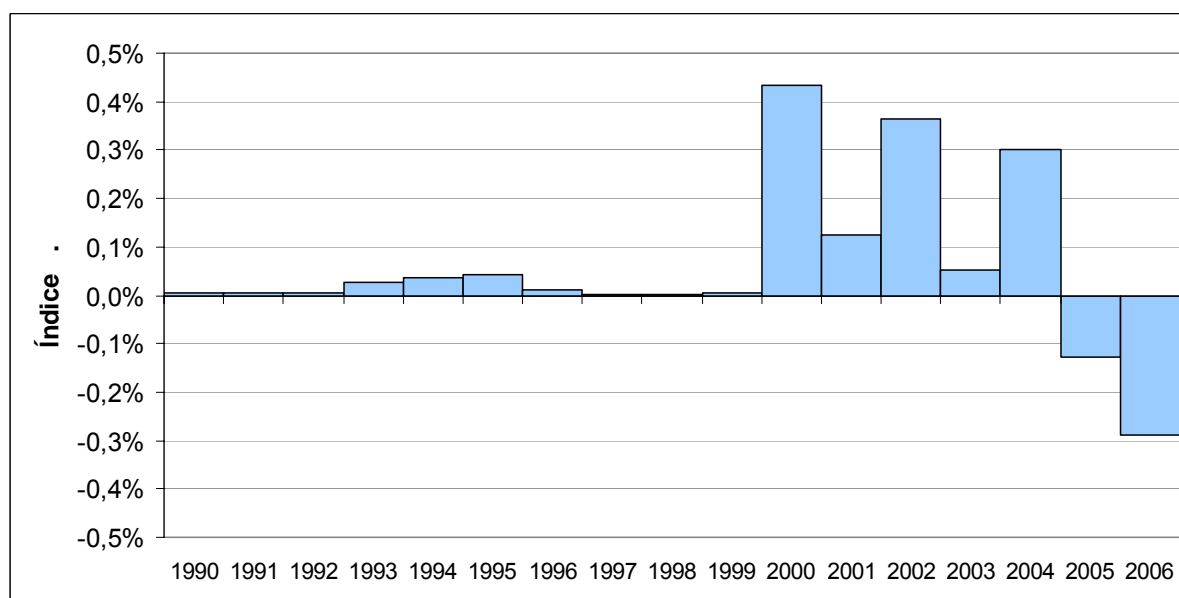
agrícola, una variación en su poder calorífico se propaga a la energía consumida de gasóleo en dichas instalaciones, variable de actividad considerada en el cálculo de las emisiones, y, por consiguiente, a las propias emisiones para todo el periodo 1990-2007.

Motores de regadío: Se ha revisado el gasóleo estimado para 2006 al estar disponible en el Anuario 2007 de Estadística Agroalimentaria del MAPA, publicado en la presente edición, la información de base (superficies de regadío) relativa a dicho año.

- Maquinaria agrícola: Se ha corregido un error de transcripción cometido en las estimaciones para 2005 al reproducir en los procedimientos de cálculo del consumo de combustible, para cosechadoras de cultivos distintos de cereales, las cifras de potencia registrada en 2004.
- Maquinaria móvil forestal: Se ha modificado el consumo de combustibles en unidades destinadas a operaciones de tala o arrastre de madera estimado para los años 2005 y 2006 al estar disponible en la presente edición la información de base (volumen de madera cortada publicado en el Anuario de Estadística Agroalimentaria del MAPA) correspondiente a 2005, la cual se propaga a años posteriores.

Asimismo, para esta actividad se han revisado los factores de emisiones aplicados a las unidades de gasolina. Mientras en ediciones pasadas la maquinaria de gasolina destinada a tareas forestales se había asimilado a la maquinaria móvil industrial de gasolina, adoptando los factores propuestos por el Libro Guía EMEP/CORINAIR para esta última maquinaria, en la presente edición se ha enjuiciado más apropiado aplicar los factores sugeridos por dicha fuente para la actividad forestal atendiendo a las características técnicas (potencia) de estas unidades. Esta rectificación ha afectado principalmente a las estimaciones de gases indirectos (COVNM, NO_x y CO) para todos los años del periodo 1990-2006.

La comparación de resultados de las emisiones de CO₂-eq de esta categoría entre las ediciones actual y anterior del inventario se muestra en términos de valores absolutos en la figura 3.9.4 y en términos relativos (diferencia porcentual) en la figura 3.9.5. Como puede observarse en esta última figura, la variación relativa como consecuencia de los nuevos cálculos efectuados en esta actividad se sitúa entre -0,29% (año 2006) y 0,43% (año 2000).

Figura 3.9.4.- Emisiones de CO₂-eq. Comparación Eds 2009 vs 2008**Figura 3.9.5.- Emisiones de CO₂-eq. Diferencia porcentual Eds 2009 vs 2008**

3.9.6.- Planes de mejora

Para futuras ediciones del inventario se proyecta una revisión, centrada especialmente en la maquinaria móvil agroforestal, de la metodología (integrando información sobre estándares de requerimiento energético y otros parámetros relevantes para los algoritmos de estimación de las emisiones) en la cual se considere la progresiva renovación del parque

y la consiguiente penetración de tecnologías destinadas a limitar las emisiones en este tipo de maquinaria según normativa vigente. Esta línea de trabajo, emprendida en la presente edición en colaboración con la Dirección General de Agricultura del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, actualmente se encuentra en proceso de desarrollo..

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)²².

La producción bruta de carbón en la minería ha experimentado un descenso sostenido prácticamente lineal, pasando de 43.120 kt en 1990 a 20.000 kt en 2007 (caída del 53,6% 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 la producción de coque de carbón, la serie refleja hasta 1999 una evolución general descendente, iniciándose a partir de dicho año una recuperación parcial de la actividad productiva nacional hasta situarse en niveles próximos a los alcanzados en 1992. La comparación con las cifras estimadas para 1990 concluye una reducción del 14,6% en 2006, al pasar de 3.211 kt en 1990 a 2.742 kt en 2007.

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 1998 como por su tendencia en el periodo 1991-2007. 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 CO2-eq)

	1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
CO ₂	17,63	13,38	72,03	72,80	89,91	124,94	93,53
CH ₄	1.817,54	1.469,26	1.043,15	991,62	938,87	929,69	884,27

²² 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.

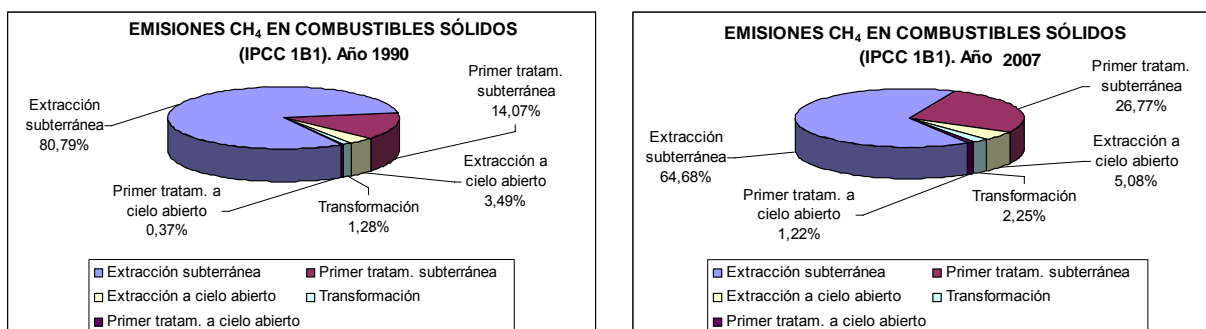
Total CO₂-eq	1.835,17	1.482,64	1.115,18	1.064,42	1.028,78	1.054,63	977,80
--------------------------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	---------------

La minería del carbón es la fuente predominante de CH₄, con una participación que supera el 97,7% de las estimaciones de dicho contaminante en la categoría 1B1. Por modo de operación, 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 CH₄ en esta categoría han descendido en el año 2007 un 51,8% con respecto a 1990, debido principalmente a la bajada del mismo orden que se produce en la actividad de la minería subterránea (53,1%). 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: 20,7% para la minería a cielo abierto y 14,6% para la transformación de combustibles sólidos.

Tabla 3.10.2.- Emisiones de CH₄ (Cifras en Gigagramos de CO₂-eq)

Categoría IPCC		1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
1B1a.i	Minería subterránea <i>del cual</i>	1.724,03	1.380,09	962,04	905,10	859,18	852,42	808,73
	Extracción	1.468,32	1.135,52	717,45	664,81	625,96	619,66	571,99
	Primer tratamiento	255,71	244,58	244,60	240,29	233,22	232,77	236,74
1B1a.ii	Minería a cielo abierto <i>del cual</i>	70,25	71,50	61,46	65,95	59,83	56,69	55,68
	Extracción	63,46	63,20	51,74	54,69	48,92	47,33	44,90
	Primer tratamiento	6,78	8,30	9,72	11,27	10,91	9,36	10,77
1B1b	Transformación combust. sólidos	23,26	17,66	19,64	20,57	19,86	20,58	19,87
1B1	Combustibles sólidos	1.817,54	1.469,26	1.043,15	991,62	938,87	929,69	884,27

Figura 3.10.1.- Principales actividades emisoras de CH₄



3.10.2.- Aspectos metodológicos

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 con especificidades metodológicas.

3.10.2.1.- Emisiones de CH₄

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 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 IPCC²³. Con la elección de esta metodología se pretende reemplazar los factores por defecto asociados al enfoque de nivel 1²⁴ 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 AITEMIN²⁵. 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 metano²⁶;
- 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 por IPCC²⁷ 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;

²³ Véase Manual Referencia 1996 IPCC, ecuación 1 (apartado 1.7.2.2) y ecuación 3 (apartado 1.7.2.3).

²⁴ 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.

²⁵ AITEMIN (Asociación de Investigación Tecnológica de Equipos Mineros), "Medición de la concentración de grisú en capa en diversas cuencas carboníferas españolas", 1989.

²⁶ 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%.

²⁷ Los rangos sugeridos en el Manual de Referencia 1996 IPCC para la metodología de nivel 1 son 10-25 m³ CH₄/tonelada de carbón extraído para minería subterránea (ecuación 1, apartado 1.7.2.2) y, para minería a cielo abierto, 0,3-2 m³ CH₄/tonelada (ecuación 2, apartado 1.7.2.3.)

- 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_4 por tipo de carbón y actividad

	Factores de emisión de CH ₄				Unidades.
	Hulla	Antracita	Lignito Negro	Lignito Pardo	
PRODUCCIÓN					
Contenido CH ₄ (Cielo Abierto)	0,7	0,1	0,5	0,1	m ³ CH ₄ /t carbón
FE (Cielo Abierto)	469	67	335	67	g CH ₄ /t producción bruta
Contenido CH ₄ (Subterránea)	7	1	5	NA	m ³ CH ₄ /t carbón
FE (Subterránea)	4.690	670	3.350	NA	g CH ₄ /t producción bruta
TRATAMIENTO					
FE (Cielo Abierto)	46,9	6,7	33,5	6,7	g CH ₄ /t consumida
FE (Subterránea)	469	67	335	NA	g CH ₄ /t consumida
ALMACENAMIENTO					
FE	469	67	335	6,7	g CH ₄ /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. Por carencias de información tampoco ha sido posible evaluar las emisiones potenciales en minas abandonadas²⁸.

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:

²⁸ Se hace notar que los factores de emisión de CH_4 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.

- 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.
- 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 balances energéticos de la Agencia Internacional de la Energía disponibles, complementada con el cuestionario internacional de carbones que elabora el MITYC. 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 2003 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 anuales de hulla y de antracita asignadas al periodo 1990-2003.

- 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: CARBUNION²⁹, Red Eléctrica Española³⁰, y de las estadísticas nacionales del carbón elaboradas por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio³¹. 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 éste 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 CH₄/t coque)³².

²⁹ 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.

³⁰ Red Eléctrica Española, en su estadística "Informe de explotación del sistema eléctrico", publica las existencias en centrales térmicas por tipo de carbón y planta.

³¹ El Ministerio de Industria, Turismo y Comercio facilita los datos de depósitos en minas por clase de carbón.

³² Libro Guía EMEP/CORINAIR (ed. 1996), capítulo B146, Tabla 4, referencia [6] (Polonia, 1992).

La producción de coque se desarrolla fundamentalmente dentro de plantas siderúrgicas integrales³³, 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” del MITYC, la cantidad agregada obtenida de los cuestionarios.

3.10.2.2.- Emisiones de CO₂

Aunque las emisiones fugitivas de CO₂ 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 CO₂ en las actividades mineras³⁴, a las actividades de apertura y extinción en hornos de coque. Véase Anexo 3 para una descripción de sus aspectos metodológicos.

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%³⁵.

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 2000 IPCC (tabla 2.14, apartado 2.6.1.6)³⁶.

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

³³ En la actualidad en España existen 2 coquerías localizadas en el sector siderúrgico.

³⁴ CO₂ 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)

³⁵ 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).

³⁶ Minería a cielo abierto: factor de 2; subterránea: rango del 50 al 75%; y actividades posteriores: 50%.

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 en el 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/CORINAIR³⁷.

Con relación a la consistencia de las series, se hace notar que los factores de emisión de metano, al nivel en que son aplicados³⁸, 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

Para esta actividad, no se han realizado nuevos cálculos en la presente edición (1990-2007) con relación a la edición pasada (1990-2006).

³⁷ 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.

³⁸ En el caso concreto de la minería, primer tratamiento y almacenamiento, la estimación se realiza por tipo de carbón y tipo de minería.

3.10.6.- Planes de mejoras

Se plantea la introducción en el inventario de información individualiza por planta de las coquerías no emplazadas en siderurgia integral mediante el cuestionario que estas instalaciones, sometidas al régimen de Comercio de Derechos de Emisión, facilitarán a través de sus respectivas comunidades autónomas a la Administración Central. 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 (véase también el comentario del epígrafe 3.4.6).

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 transformación³⁹.

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 natural⁴⁰, distinguiendo por tipo de operación y clase de combustible.

³⁹ 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 siderurgia, pues las emisiones de esta última se encuadran en la categoría 2C1.

⁴⁰ 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.

- 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 antorchas⁴¹.

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 1B2 se ha identificado como fuente clave por su nivel de emisiones de CO₂ a lo largo del periodo inventariado, por su tendencia de emisiones de CO₂ en los años 1991 y 1993-1994, y por la tendencia de metano en 1991-1992. Otro gas de efecto invernadero emitido es el N₂O, cuyos niveles de emisión, significativamente inferiores en términos de CO₂-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.

Tabla 3.11.1.- Emisiones de CO₂-eq (Cifras en Gigagramos)

	1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
CO ₂	1.760,36	1.902,09	1.917,79	2.180,58	2.151,79	2.279,56	2.279,56
CH ₄	631,02	817,67	689,34	829,21	906,04	618,55	618,55
N ₂ O	0,0313	0,0203	0,0695	0,0356	0,0743	0,1017	0,1017
Total CO₂-eq	2.391,41	2.719,78	2.607,20	3.009,82	3.057,91	2.898,21	2.898,21

Las principales fuentes de CO₂ en petróleo y gas natural son los procesos de la industria de refino de petróleo (categoría IPCC 1B2a.iv Refino/Almacenamiento). El craqueo catalítico fluido, a pesar de ir descendiendo su participación, constituye la principal fuente emisora, representando en 2007 el 60,0% de las emisiones estimadas para la categoría 1B2. Alejadas de estos porcentajes se sitúan otros procesamientos de productos petrolíferos⁴², con una participación relativa del 19,5%, en 2007, y las antorchas de gas en refinerías, que incrementan significativamente su aportación en el último año del periodo hasta alcanzar el 20,5% de las emisiones⁴³. Así, según se concluye de la tabla 3.11.2, la emisión de CO₂ en la categoría 1B2 registra un incremento del 41,0% en 2007 respecto a 1990, resultado del aumento observado en el refino y almacenamiento de productos, cifrado en un 24,9%, y del ascenso sobresaliente en las antorchas, que ha sido estimado en un 183,5% (leve descenso del -0,3% para las antorchas de petróleo y 195,1% para la

⁴¹ Para el gas natural la información disponible de quema en antorchas se refiere exclusivamente a las plantas de regasificación y almacenamientos subterráneos.

⁴² En la categoría de otros procesamientos de productos petrolíferos se estiman emisiones de CO₂ generadas en la calcinación de coque y en la producción de hidrógeno.

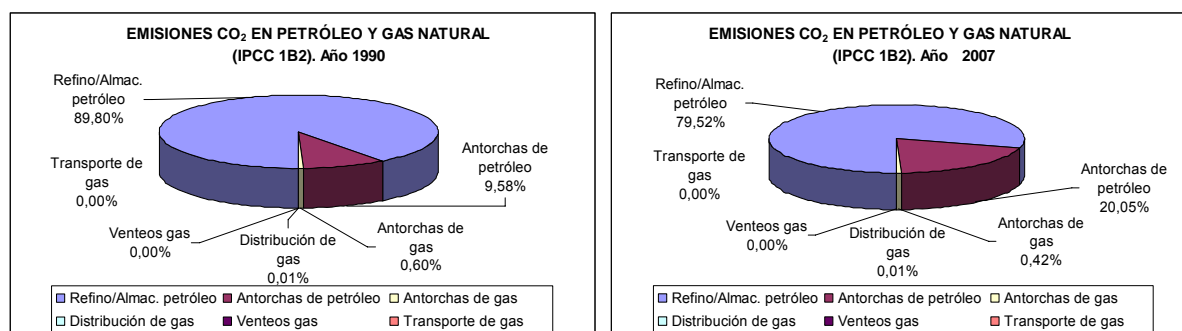
⁴³ Pendiente de una contrastación posterior, el incremento de las emisiones parece estar relacionado con una mejora del método de estimación, que anteriormente estaba en buena parte referida al crudo procesado y, desde un pasado reciente se empieza ya a disponer de información específica de volúmenes y composición de los gases quemados en antorchas (esta mejora de la información en los años recientes plantea el reto de su extrapolación al pasado para garantizar la coherencia temporal de la serie).

incineración en antorchas de petróleo). 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 CO₂ en la categoría IPCC 1B2.

Tabla 3.11.2.- Emisiones de CO₂ (Cifras en Gigagramos)

Categoría IPCC	1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
1B2a.iv Refino/Almac. petróleo	1.580,79	1.710,92	1.740,41	1.969,92	1.934,03	2.018,04	1.973,98
1B2b.iii Transporte de gas	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00
1B2b.iv Distribución de gas	0,21	0,01	0,25	0,29	0,20	0,27	0,17
1B2c.ii Venteos gas	0,07	0,00	0,13	0,20	0,18	0,05	0,01
1B2c.i Antorchas de petróleo	168,70	184,47	153,78	198,26	192,71	227,69	497,78
1B2c.ii Antorchas de gas	10,58	6,69	23,21	11,89	24,66	33,49	10,55
1B2 Petróleo y gas natural	1.760,36	1.902,09	1.917,79	2.180,58	2.151,79	2.279,56	2.482,49

Figura 3.11.1.- Principales actividades emisoras de CO₂



El procesamiento de crudo en las 10 refinerías existentes en España, de procedencia exterior en su práctica totalidad, experimenta una tendencia general al alza, con variaciones interanuales moderadas, pasando de 53.556 kt en 1990 a 61.374 kt en 2007, lo cual representa un aumento del 14,6%.

Cabe reseñar que la evolución de las emisiones en antorchas de petróleo en los primeros años del periodo 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). La creciente disponibilidad de información específica en el sector del refino con relación a las emisiones en antorchas ha determinado la evolución mostrada por la serie de emisiones en los últimos años del periodo, en los cuales se aprecia la erraticidad propia de esta variable de actividad.

El segundo contaminante en importancia, representando aproximadamente una cuarta parte de las emisiones de CO₂-eq estimadas para esta categoría IPCC (rango del 18 a 32% de las emisiones totales), es el metano. Las emisiones de este contaminante se cifran para 2007 en 560 Gg de CO₂-eq lo cual constituye, frente a los 631 Gg estimados para 1990, un descenso del 11,2%. 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 86,3% en 2007, o venteado en el sistema de transporte, con un 4,8% en

2007. 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 metodológicos

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 ^(a)		Contaminante	
	Tipo de proceso	Descripción	CO ₂	CH ₄
1B2a.iv Refino/Almac. petróleo	Separación	Destilación al vacío		√
	Conversión	Coquización retardada		NE ^(c)
		Calcinación de coque	√	
		Craqueo catalítico en lecho fluido ^(b)	√	√ ^(d)
	Tratamiento	Hidrotratamientos	√	
		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	Fuente emisora		Contaminante	
	Tipo de red/ instalación	Descripción	CO ₂	CH ₄
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	√	√
	Transporte	Almacenamientos subterráneos	√	√

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 CO₂

Las emisiones de CO₂ 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 de 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 CO₂ 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"^{44 45}, referido en lo sucesivo como "Referencia 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 coque⁴⁶. De acuerdo a la clasificación expuesta en el Manual de 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 CO₂ 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 "Referencia 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.

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 2000 IPCC, apartado

⁴⁴ "Refino de petróleo, gas natural y petroquímica". Fundación Fomento Innovación Industrial. 1997.

⁴⁵ 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.

⁴⁶ 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.

2.7.1.1, siendo completado con las declaraciones de CO₂ emitido por parte de las propias refinerías.

El factor de emisión empleado es de 3,15 kg CO₂ 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% de C en el crudo y de 0,1% del carbono total del crudo⁴⁷, 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"⁴⁸.

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 CO₂ 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 de 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 información, recogida vía cuestionario a las empresas gestoras de las distintas instalaciones de la red, comprende los volúmenes anuales de gas natural emitidos y cantidades incineradas por planta (caso de estaciones compresoras, almacenamiento subterráneo y plantas de regasificación) y las pérdidas de gas natural a nivel agregado para los gasoductos⁴⁹.

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.

⁴⁷ Fracción de carbono emitido valoración facilitada por expertos del programa EMEP/CORINAIR.

⁴⁸ "La composición del petróleo es muy variada... Los elementos preponderantes son el carbono (84-87% en peso)." (pág.30).

⁴⁹ Las instalaciones cubiertas para el año 2007 son: 6 plantas de regasificación, 11 estaciones de compresión y 2 almacenamientos subterráneos.

La información solicitada vía cuestionario relativa a las emisiones se complementa con una composición molar media anual del gas natural transportado, lo cual permite estimar, para cada empresa, un contenido medio anual de CO₂ 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 CO₂ y carbono en el gas natural
(% en masa)

	CO ₂	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	1,11%	74,42%
2005	0,78%	75,01%
2006	1,02%	74,66%
2007	0,62%	74,73%

Nota: Elaboración a partir de las características químicas medias anuales facilitadas por la principal empresa de transporte.

Las emisiones de CO₂ generadas en venteos o fugas de gas natural se han calculado aplicando el contenido de CO₂ 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 CO₂ = $(44/12) \cdot (\%C \text{ total}/100) \cdot 0,995$).⁵⁰

Se hace notar que, en el CRF Reporter, se ha tomado el gas natural total suministrado⁵¹ como variable socioeconómica para la categoría 1B2biii (Transporte de gas natural) por criterios de homogeneidad con la variable solicitada para la distribución de gas

⁵⁰ Las empresas gestoras de plantas de regasificación y, parcialmente, de almacenamientos subterráneos han facilitado información específica a nivel de empresa de las composiciones medias anuales del gas natural adquirido, la cual ha sido aplicada a los respectivos volúmenes de gas natural declarados. En su defecto se han asimilado las características proporcionadas por la principal empresa de transporte.

⁵¹ 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.

natural (1B2biv), 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 observada tanto en la serie de valores absolutos (pérdidas) como porcentuales (ratio de pérdidas), en contraste con el crecimiento exponencial experimentado en el suministro de gas natural, 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 natural⁵².

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 el desarrollo del procedimiento de cálculo se han tenido en cuenta estudios de la principal empresa distribuidora de gas natural emprendidos con el propósito de contrastar los factores de emisión propuestos en su procedimiento de control interno de emisiones⁵³ para acometidas, ERM y conductos, diferenciados en este último caso por material de tubería y presión. Los informes facilitados por dicha empresa proporcionan tanto un análisis comparativo con factores bibliográficos como resultados empíricos obtenidos en un estudio de campo⁵⁴ específicamente diseñado en el ámbito de investigación de la empresa distribuidora ante la repercusión de la fuente emisora. El procedimiento de determinación empírica se centró en 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 en su procedimiento de control y los sugeridos en literatura para dicha presión y material.

El método de estimación desarrollado en el inventario 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 CO₂ emitido se ha aplicado la composición media anual del gas natural facilitada por la principal empresa nacional de transporte (véase subapartado 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

⁵² Los venteos en las plantas de regasificación han contribuido en el periodo 1990-2006 entre el 71,4% y el 97,4% del volumen total de gas natural emitido en el sistema de transporte nacional. Para 2007 el volumen venteado en estas instalaciones experimenta un descenso significativo, lo cual repercute, consecuentemente, en su participación relativa, que se reduce hasta el 32,1%..

⁵³ “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.

⁵⁴ 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).

en las líneas de distribución: del 55% en el caso de las acometidas⁵⁵ y del 2% para las ERM⁵⁶.

Tabla 3.11.6.- Factores de emisión de gas natural por tipo de tubería (m^3N/km de red)⁽¹⁾

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. Asumiendo 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.

En la serie de las pérdidas de gas natural asociadas al sistema de distribución se evidencian tres periodos: de 1990 a 1992 y de 2001 a 2007 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 una evolución decreciente 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.

⁵⁵ 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").

⁵⁶ 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 2005.

Se hace notar que la variable socioeconómica solicitada en el CRF Reporter es la energía consumida de combustibles gaseosos⁵⁷, 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 bajada en las propias emisiones en los primeros años de este periodo y un continuo descenso en los ratios, de gas natural emitido a lo largo de todos los años.

3.11.2.2.- Emisiones de CH₄

Las emisiones de CH₄ 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 ambos casos de la metodología simple expuesta en el Libro Guía de EMEP/CORINAIR⁵⁸.

La referencia para los factores de emisión de metano es el Manual CORINAIR⁵⁹, del cual se recopilaban factores de emisiones de COV⁶⁰, y sus coeficientes de especiación entre CH₄ y COVNM⁶¹.

La variable de actividad para ambos tipos de combustible es la cantidad nacional extraída, dato recopilado de estadísticas nacionales elaboradas por el MITYC, "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

⁵⁷ 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).

⁵⁸ Véase capítulo B521, capítulo 4, del citado documento (ed. 2005)

⁵⁹ Manual CORINAIR (1992). "Default Emission Factors Handbook". Segunda edición. CITEPA, parte 6, apartados 5.2 y 5.3, referentes a COV.

⁶⁰ El factor de COV para gas natural incluye las emisiones por desulfuración.

⁶¹ Parte 1, tabla 4.7 del Manual CORINAIR.

cuestionarios internacionales de productos petrolíferos remitidos a los organismos internacionales, AIE y EUROSTAT.

c) Destilación al vacío: El Libro Guía EMEP/CORINAIR desarrolla una metodología específica para esta actividad emisora, método detallado⁶², cuyos requerimientos de información se adecuan 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/CORINAIR⁶³, el cual recopila factores de THC (hidrocarburos totales) en términos de volumen de alimentación al vacío (m^3 alimentación). Para determinar el factor de emisión de metano se ha asumido una especiación del 1% de CH_4 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 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 2000 IPCC, apartado 2.7.1.1, tomando como variable de actividad el crudo procesado.

El factor de emisión utilizado, de 2 g/ m^3 alimentación en refinería, proviene del propuesto para THC en el Libro Guía EMEP/CORINAIR⁶⁴, 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/CORINAIR⁶⁵. Para la conversión a masa de crudo, se ha empleado la densidad referida en la publicación "Refino"⁶⁶, 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 y en almacenamientos subterráneos de gas natural: El procedimiento empleado de cálculo se ha basado en la metodología

⁶² Véase capítulo B411, apartado 5, del citado documento (ed. 2005).

⁶³ Factor de THC sin control = 0,144 kg/ m^3 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).

⁶⁴ Véase capítulo B923, apartado 8, tabla 2, del citado documento (edición 1996).

⁶⁵ U.S. EPA Chief.

⁶⁶ Valor indicado en la página 670 del citado documento.

simplificada descrita en el Libro Guía EMEP/CORINAIR⁶⁷, consistente en aplicar un factor por defecto al volumen de gas incinerado.

El factor de emisión elegido, 211 g/mil m³N, ha sido calculado a partir del factor recomendado en el Libro Guía EMEP/CORINAIR⁶⁸ (0,2 g/m³S) y un factor de conversión de m³ estándares a normales de 288/273 (15°C para la temperatura estándar).

El volumen, o masa, de gas quemado en antorchas es un dato directo de las empresas englobadas en el sector transporte de gas natural, información facilitada a nivel de planta vía cuestionario.⁶⁹

f) Red de transporte y de distribución de gas natural (excluidas antorchas):
Véanse los apartados respectivos correspondientes a emisiones de CO₂.

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 natural⁷⁰. 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

⁶⁷ Véase capítulo B926, apartado 4, del citado documento (edición 1996)

⁶⁸ 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.

⁶⁹ Para la conversión a volumen de las cantidades de gas incinerado expresadas originalmente en términos de masa se han aplicado las densidades medias anuales específicas de planta y, en su defecto, los valores proporcionados por la principal compañía de transporte.

⁷⁰ El factor de metano asociado a la distribución de gas natural, principal fuente emisora de este contaminante en la categoría 1B2 de IPCC, está basado en el contenido de tal componente en el gas natural, según composición facilitada por la principal compañía de transporte de gas natural.

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. En el caso concreto de las antorchas en refinería, no debe olvidarse la mejora en la estimación que ha sido propiciada por la disponibilidad de información específica de volúmenes y composición de los gases quemados en antorchas.

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 literatura, como ocurre con ciertos procesamientos del crudo (destilación atmosférica o endulzamiento de destilados); c) carecer de variables socioeconómicas, como las emisiones fugitivas por prospección⁷¹ o venteos en las ERM asociadas a la red de transporte.

3.11.4.- Control de calidad y verificación

Se mantienen contactos con la principal empresa distribuidora de gas natural para la contrastación de los factores de emisión de gas natural en las líneas de distribución. En el análisis se considera también el examen comparado con la situación de otros países. De estas contrastaciones y análisis se derivan estimaciones 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 1990-2006, presenta la nueva edición del inventario con relación a la edición anterior.

Revisión de los datos de actividad en unidades de calcinación, proceso de la refinería contemplado dentro de la subcategoría 1B2aiv. Tras cotejar la serie disponible de alimentación en el calcinador de coque de una refinería con una información actualizada para el periodo 1990-2001, se han rectificado los datos correspondientes a los años 1990, 1994, 1995 y 1999. La modificación de la variable de actividad se traslada a las estimaciones de CO₂ para dichos años, registrándose unas diferencias

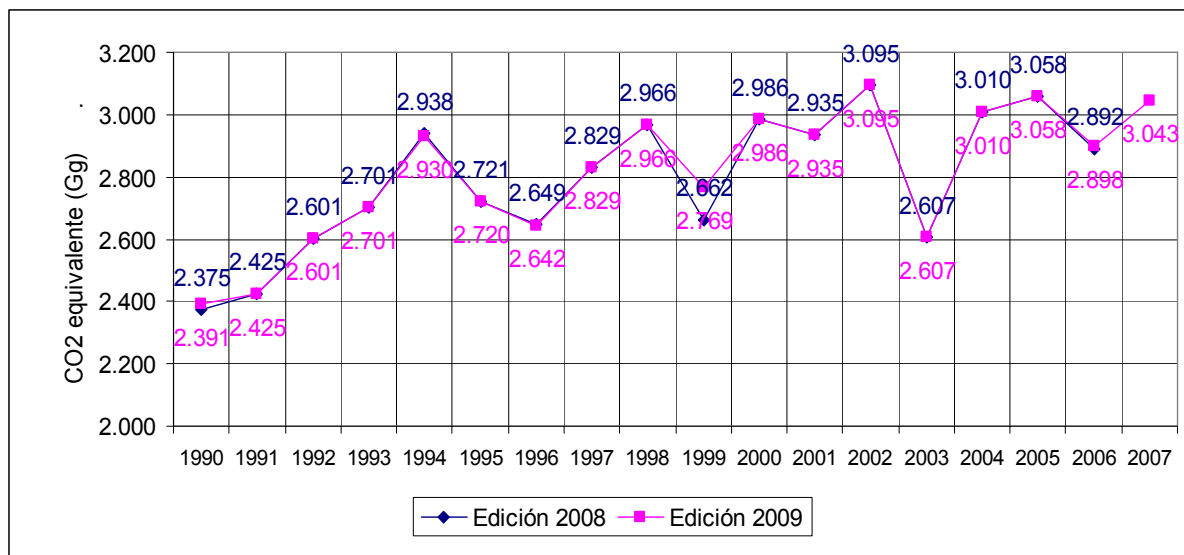
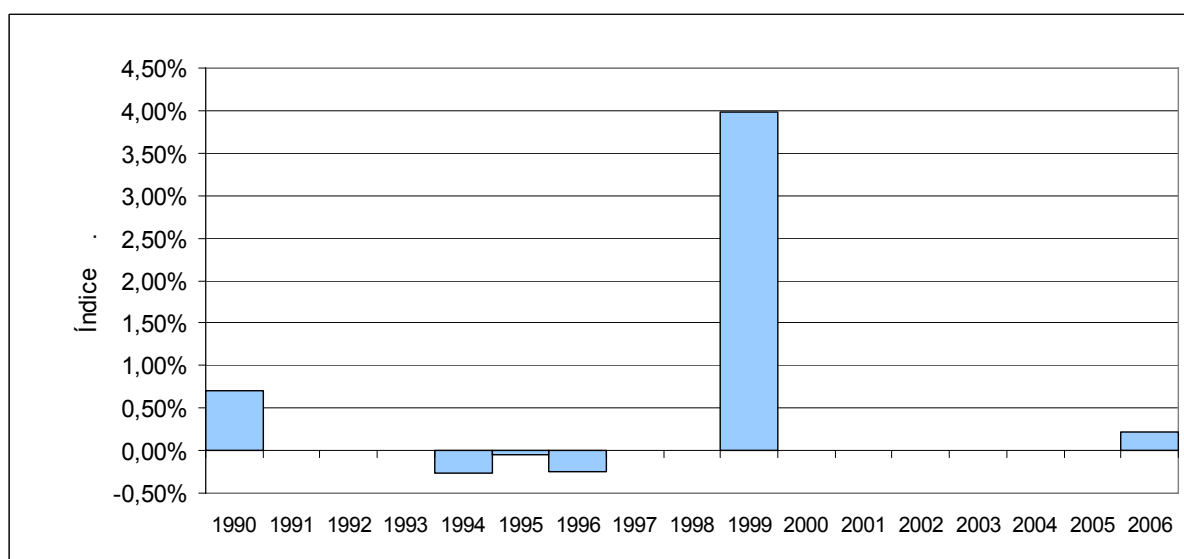
⁷¹ En la presente edición, atendiendo las recomendaciones del equipo revisor de la SCMCC con respecto al inventario elaborado en la edición pasada, se ha abordado un análisis de los procesos emisores y emisiones asociadas a las actividades prospectivas y extractivas en campos de petróleo y gas mediante consultas a los operadores de las explotaciones. Hasta el momento presente se ha obtenido información de uno de los operadores, estando pendiente su incorporación en el inventario a la completitud de información requerida para la estimación del conjunto del sector.

en valor absoluto (y variación relativa al CO₂-eq total de la categoría 1B2) de: 16,6 Gg (0,7%) para 1990; -8,0 Gg (-0,3%) para 1994; -1,4 Gg (-0,1%) para 1995; -6,6 Gg (-0,2%) para 1996 y, para 1999, 106,1 Gg (-4,0%) con relación a las estimaciones de la edición pasada.

- Revisión de las pérdidas de gas natural en la red de distribución (subcategoría 1B2bii Distribución) estimadas para 2006. En la edición actual se ha combinado la información relativa a la existencia de estructura de la red gasista con la información de la distribución efectiva de gas natural, excluyendo del cálculo aquellas comunidades autónomas que, a pesar de disponer de una red de tuberías instaladas, no se tuviera constancia de desarrollarse en ellas una distribución sistematizada de gas natural. Esta modificación conlleva una reducción del 1,1% en el dato aplicado para 2006 con respecto a la edición pasada y, en términos de CO₂-eq, una disminución en las emisiones de 5,3 Gg (-0,2% del CO₂-eq total en la categoría 1B2).
- Rectificado el dato de actividad empleado para 2006 en las antorchas de petróleo (subcategoría 1B2ci Antorchas). Se ha corregido la cifra de crudo procesado en una refinería imputada para 2006 que, por error, se había replicado del año anterior. Esta modificación afecta a las emisiones de metano, que experimenta, en términos de CO₂-eq, un descenso de 0,002 Gg (inferior a -0,001% del CO₂-eq total de la categoría 1B2) respecto a lo estimado en la edición pasada.
- Modificación del volumen de gas incinerado (subcategoría 1B2cii Antorchas) para los años 1999, 2001 y 2006. Cabe destacar la revisión abordada para 2006, resultado de una rectificación sustancial por parte de la propia empresa gestora en la cifra de gas incinerado por una planta de regasificación. Esta corrección, que ha supuesto un incremento del 53,7% en los datos de actividad en antorchas de gas para 2006, representa, en términos de CO₂-eq, un aumento de 12,1 Gg (0,4% de las emisiones estimadas para el conjunto de la categoría 1B2).

Para los años 1999 y 2001 se han realizado cambios de menor relevancia (inferiores a +/-0,01%) en las cantidades de gas incinerado tras constatarse errores de transcripción cometidos en ediciones pasadas. La actualización de estas cifras no contribuye a una variación significativa en las emisiones estimadas, ya sea en términos absolutos o relativos (0,002% para 1999 y -0,01% para 2001), respecto a la edición pasada.

En las figuras 3.11.2 y 3.11.3 se muestra la repercusión del conjunto de modificaciones arriba comentadas sobre CO₂-equivalente en términos absolutos y porcentuales.

Figura 3.11.2.- Emisiones de CO₂-eq. Comparación Eds 2009 vs 2008**Figura 3.11.3.- Emisiones de CO₂-eq. Diferencia porcentual Eds 2009 vs 2008**

3.11.6.- Planes de mejoras

El sector de suministro del gas es un mercado en proceso de progresiva liberalización. En ediciones próximas del inventario se seguirá investigando la relación de nuevas empresas suministradoras a medida que se vayan incorporando al mercado gasista, solicitando la información pertinente.

Se proyecta completar la información de operadores de la explotación petrolífera y gasista, incorporando la estimación de dichas actividades en el inventario, aunque ya se avanza que será de una cuantía muy reducida.

3.12.- Industrias de la producción y transformación de la energía (1A1)

3.12.1.- Descripción de la actividad

Esta categoría 1A1 constituye una fuente clave para el N₂O por su contribución a la tendencia en los años 1994 y 1995. En la tabla 3.12.1 se presentan las emisiones de N₂O expresadas en masa de CO₂-eq, complementándose esta información con el índice de evolución temporal (base 100 año 1990) de dichas emisiones y su contribución a las emisiones de CO₂-eq del total del inventario y del sector energía.

Tabla 3.12.1.- Emisiones de N₂O: valores absolutos, índices y ratios

	1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
N ₂ O (Gg de CO ₂ -eq)	283	558	679	703	751	725	739
Índice CO ₂ -eq	100,0	197,4	240,4	248,7	265,7	256,5	261,5
% CO ₂ -eq sobre total inventario	0,10	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
% CO ₂ -eq sobre energía	0,13	0,23	0,22	0,21	0,22	0,21	0,21

3.12.2.- Metodología

La variable de actividad utilizada en este conjunto de actividades es el consumo de combustibles. Dado que en los epígrafes 3.2, 3.3 y 3.4 ya se han mostrado los consumos correspondientes a cada una de las sub-categorías aquí contempladas, y que asimismo ha sido tratada la información sobre los aspectos metodológicos de las estimación de las emisiones, se obvia aquí la presentación de los mismos.

3.12.3.- Incertidumbre y coherencia temporal

Con respecto a la incertidumbre de las variables de actividad (consumo de combustibles), se remite a lo expuesto a los correspondientes apartados de los epígrafe 3.2, 3.3 y 3.4. En cuanto a los factores de emisión de N₂O, y según figura en la tabla 2.12 de la Guía 2006 IPCC, la incertidumbre se estima en un orden de magnitud.

3.12.4.- Control de calidad y verificación

Véase lo reseñado en los apartados correspondientes al control de calidad y verificación de los epígrafes 3.2, 3.3 y 3.4.

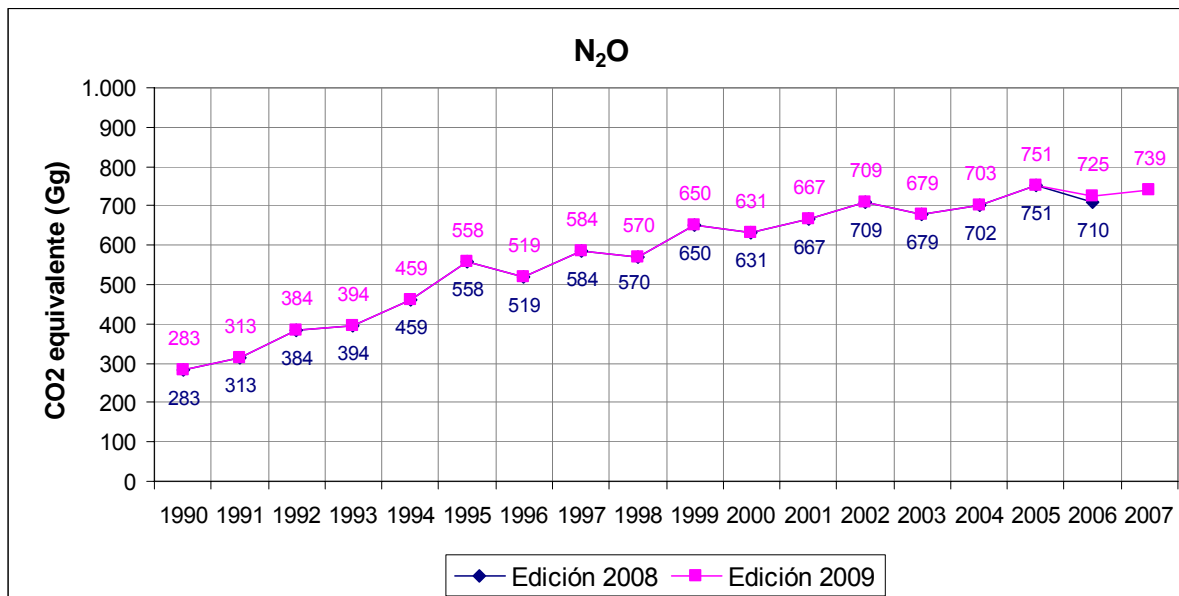
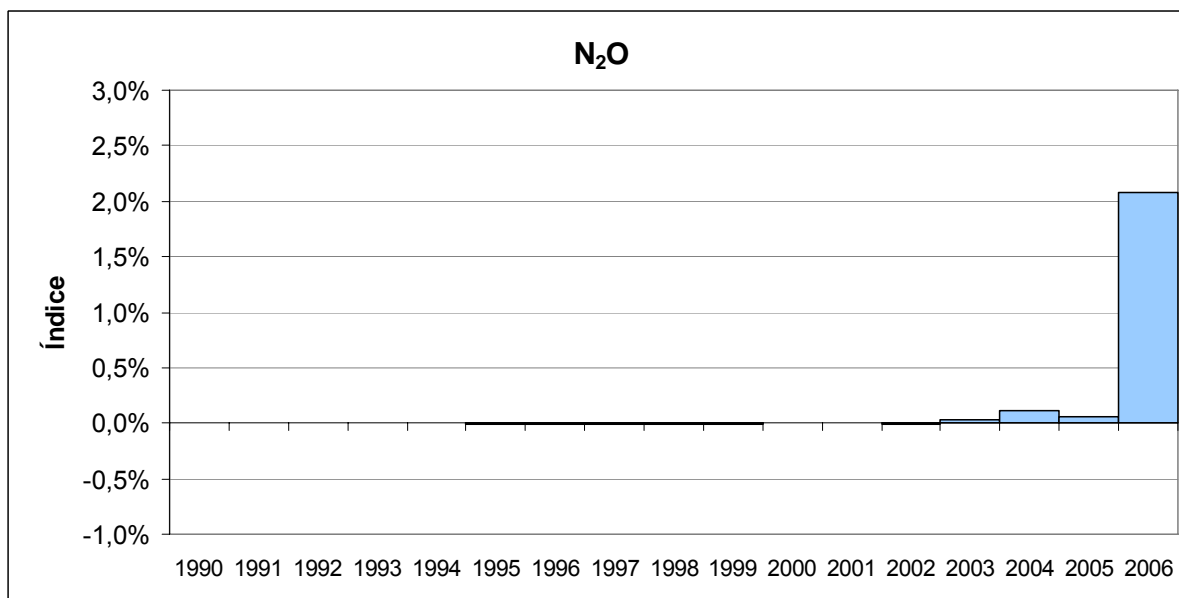
3.12.5.- Realización de nuevos cálculos

A continuación se describen los principales cambios realizados en la estimación de las emisiones de N₂O en esta categoría de actividad con respecto a las estimaciones dadas en la edición anterior.

- Se ha revisado el poder calorífico inferior del fuelóleo utilizado en una central térmica en el año 2005, lo que afecta al consumo de dicho combustible expresado en unidades energéticas (TJ).
- Para los años 2005 y 2006 se ha revisado la información sobre consumo de combustibles de las plantas productoras de electricidad de menor potencia que operan en régimen ordinario, según los datos aparecidos en el Anexo V de la Estadística de la Energía Eléctrica (elaborada por el MITYC), los cuales no se encontraban disponibles en la edición previa del inventario para el año 2006, mientras que se ha dispuesto de una edición revisada para el año 2005.
- Se han eliminado los consumos de biogás de los años 2002 a 2005 de una planta que figuraba en el citado Anexo V de la Estadística de la Energía Eléctrica tras haberse detectado que existía una doble contabilización de dichos consumos.
- En la categoría 1A1b se ha corregido un error en la base de datos tras haberse detectado la omisión de las emisiones N₂O en el año 2006 en una refinería.
- Dentro de las actividades recogidas bajo la categoría 1A1c se ha revisado el consumo de gas natural (combustión inespecífica) en los años 2004 y 2006.

En conjunto estas modificaciones suponen una variación de las emisiones de N₂O poco significativas a lo largo del periodo inventariado (incrementos en términos de CO₂-eq inferiores a 3 Gg en el año de mayor relevancia).

La comparación de resultados de las emisiones de N₂O expresadas en términos de CO₂-eq entre las ediciones actual y anterior del inventario se muestra en términos absolutos en la figura 3.12.1 y en términos relativos (diferencia porcentual) en la figura 3.12.2. 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 CO₂-eq como consecuencia de los nuevos cálculos efectuados es prácticamente inapreciable, con la excepción del año 2006 en el que la variación relativa es del 2,08%.

Figura 3.12.1.- Emisiones de N₂O. Comparación Eds 2009 vs 2008**Figura 3.12.2.- Emisiones de N₂O. Diferencia porcentual Eds 2009 vs 2008**

3.12.6.- Planes de mejoras

Véase los planes de mejora reseñados en los apartados correspondientes de los epígrafes 3.2, 3.3 y 3.4.

3.13.- 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 CO₂ 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:

- 1A1 – Combustión estacionaria en el sector energía: emisiones de CH₄
- 1A2 – Combustión estacionaria en la industria: emisiones de CH₄ y N₂O
- 1A3a – Aviación civil: emisiones de CH₄ y N₂O.
- 1A3b – Transporte por carretera: emisiones de CH₄.
- 1A3d – Tráfico marítimo nacional: emisiones de CH₄ y N₂O.
- 1A3c y 1A3e – Ferrocarriles y otros transportes: emisiones de CO₂, CH₄ y N₂O.
- 1A4 – Combustión estacionaria en otros sectores: emisiones de N₂O
- 1B1 – Emisiones fugitivas en minería y tratamiento de carbón: CO₂⁷².

⁷² En esta actividad no se ha estimado las emisiones fugitivas de CO₂ 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.

4.- PROCESOS INDUSTRIALES

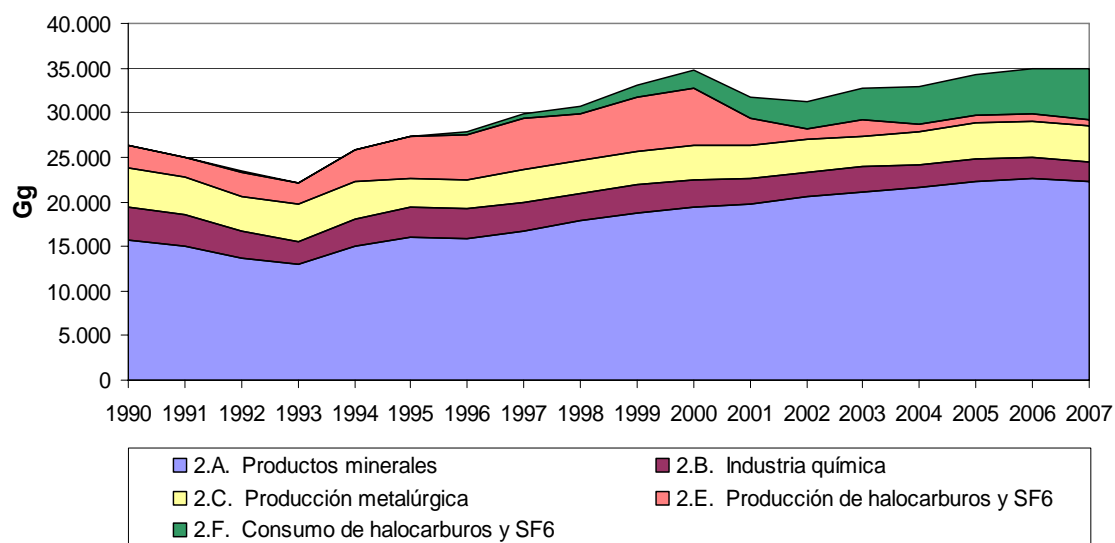
4.1.- Panorámica del sector

Las emisiones de los procesos industriales representan en el año 2007 un 7,88% de las emisiones totales del inventario, en términos de CO₂ equivalente (CO₂-eq), lo que supone una reducción de la contribución con respecto al año 1990 en el los procesos industriales representaban un 9,13% del total. Por otro lado, el nivel de las emisiones de CO₂-eq en este sector ha registrado un incremento del 32,4% en el año 2007 con respecto al año 1990, pasando de 26.314 gigagramos (Gg) de CO₂-eq en 1990 a 34.852 Gg en el año 2007. En la tabla 4.1.1 se presentan en términos de CO₂-eq las emisiones 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 1990-2007.

Tabla 4.1.1.- Emisiones de CO₂-eq (Cifras en Gg)

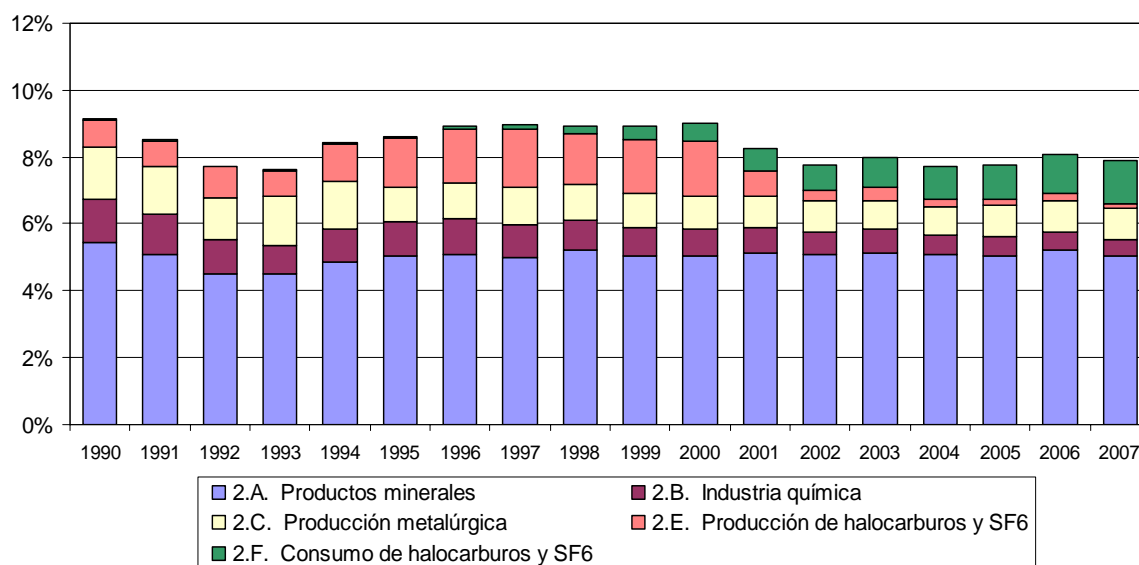
	1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
2.A Productos minerales	15.659	16.114	21.123	21.606	22.224	22.617	22.345
2.B Industria química	3.768	3.239	2.780	2.551	2.642	2.307	2.152
2.C Producción metalúrgica	4.417	3.304	3.501	3.680	4.076	4.097	4.054
2.D Otras industrias	0	0	0	0	0	0	0
2.E Producción de halocarburos y SF ₆	2.403	4.638	1.749	787	681	863	707
2.F Consumo de halocarburos y SF ₆	67	116	3.568	4.237	4.698	5.123	5.595
Procesos Industriales	26.314	27.411	32.722	32.860	34.322	35.008	34.852

Figura 4.1.1.- Evolución de las emisiones de CO₂-eq

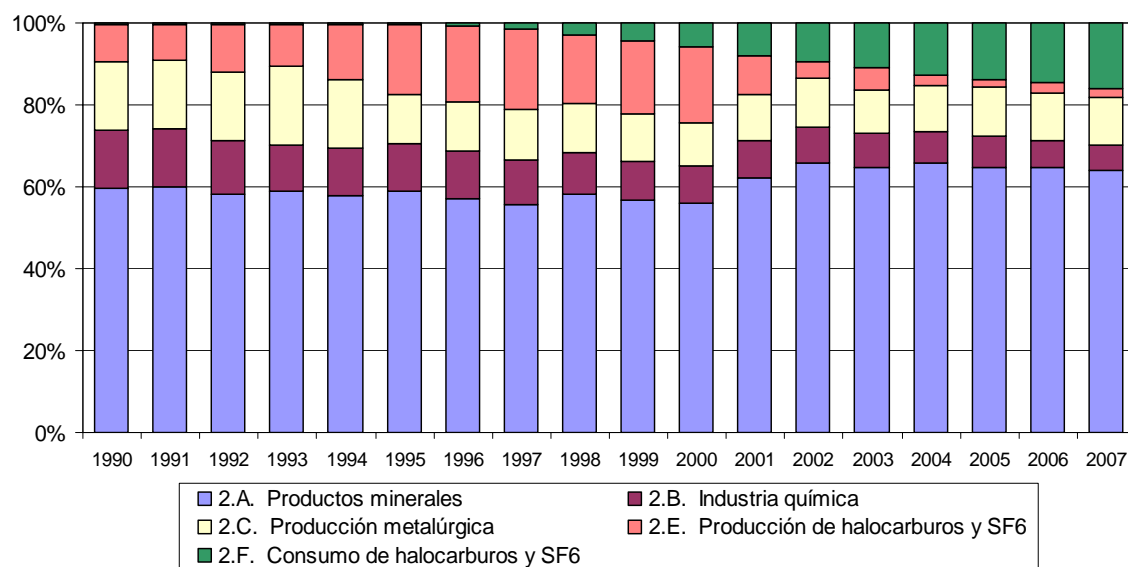


En la figura 4.1.2 se muestra la contribución de las distintas categorías fuente de este sector a las emisiones totales de CO₂-eq a lo largo del periodo 1990-2007. Como puede observarse la contribución conjunta del sector es en todos los años inferior al 10% del total de emisiones, produciéndose un descenso a partir del año 2000 causado por el incremento de las emisiones de CO₂-eq de los restantes sectores, si bien se observan variaciones moderadas al alza en la contribución en los años 2003 y 2006.

Figura 4.1.2.- Porcentaje de las emisiones de CO₂-eq por categoría respecto al total del inventario



En la figura 4.1.3 se muestra la distribución por categoría fuente de las emisiones de CO₂-eq del sector de procesos industriales. Como puede observarse en la figura, los productos minerales constituyen la principal fuente emisora de este sector (64,11% en el año 2007), seguido por el consumo de halocarburos y SF₆ y la producción metalúrgica (16,05% y 11,63% respectivamente en el año 2007). También puede apreciarse la evolución de las distintas categorías, donde las mayores tasas de variación se producen en el consumo de gases fluorados, cuya presencia en el año 1990 es prácticamente testimonial, y en la producción de halocarburos, donde se registra un incremento de las emisiones de CO₂-eq 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 CO₂-eq por categoría respecto al total del sector

En lo que sigue de este capítulo se examinan en detalle las fuentes clave de procesos industriales. Para el periodo 1990-2007 se han identificado las siguientes fuentes clave:

- Producción de cemento (2A1) por su nivel de emisión CO₂ y por su tendencia para todo el periodo 1990-2007.
- Uso de piedra caliza y dolomita (2A3) por su nivel de emisión de CO₂ en los años 1996-2007 y por su tendencia en el periodo 1991-1993.
- Producción de ácido nítrico (2B2) por su nivel de emisión de N₂O para el periodo 1990-2003 y por su tendencia en todo el periodo 1990-2007.
- Producción de hierro y acero (2C1) por su nivel de emisión de CO₂ en todo el periodo 1990-2007 y por su tendencia en los años 1991-1992 y 1994-2007.
- Producción de aluminio (2C3) por su tendencia en las emisiones de PFC en los años 1990, 1999-2003 y 2005-2006.
- 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 2001-2007.
- Consumo de halocarburos y SF₆ (2F) por su nivel de emisión conjunto de HFC y PFC en los años 2000-2007 y por su tendencia en el periodo 1997-2007.
- Uso de SF₆ 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 clave¹, así como los valores absolutos en términos de CO₂-eq, referidos todos ellos al año 2007.

Tabla 4.1.2.- Fuentes clave: contribución al nivel y a la tendencia

Actividad IPCC		Gas	CO ₂ -eq (Gg) (2007)	Contribución Nivel (2007)			Contribución Tendencia (2007)		
Código	Descripción			%	Fuente clave	Nº orden	%	Fuente clave	Nº orden
2A1	Producción de cemento	CO ₂	17.305	3,91	SI	8	0,79	SI	22
2A3	Uso de piedra caliza y dolomía	CO ₂	2.129	0,48	SI	27	0,12	NO	41
2-2A1-2A2- 2A3-2C1	Otros procesos industriales	CO ₂	3.461	0,78	SI	20	0,24	NO	32
2B2	Producción de ácido nítrico	N ₂ O	1.359	0,31	NO	31	1,33	SI	16
2C1	Producción de hierro y acero	CO ₂	2.363	0,53	SI	25	0,63	SI	23
2C3	Producción de aluminio	PFC	124	0,03	NO	57	0,50	NO	26
2E1	Fabricación de HCFC-22	HFC	423	0,10	NO	46	2,92	SI	10
2F	Consumo de halocarburos y SF ₆	HFC y PFC	5.255	1,19	SI	19	2,31	SI	12
2F8	SF ₆ en equipos eléctricos	SF ₆	340	0,08	NO	48	0,08	NO	46

Explicación de la tendencia

Las emisiones de CO₂-eq en este sector están claramente dominadas por la contribución que tienen los procesos de descarbonatación en las industrias de productos minerales, y más concretamente en la actividad de fabricación del cemento, cuya contribución se aproxima e incluso supera en algunos años el 50% de las emisiones de CO₂-eq del sector. Así, la tendencia que puede observarse en la figura 4.1.1 es pareja en gran medida a la evolución socioeconómica que se produce en la producción del cemento (clínker), con un decrecimiento en el periodo 1990-1993 y una evolución creciente a partir del año 1994. Cabe mencionar que el decrecimiento de las emisiones en el intervalo 1990-1993 por la disminución de la producción de cemento refleja asimismo el valle del ciclo en la actividad económica general del país.

En cuanto a la industria química, la evolución muestra una cierta estabilidad con un decrecimiento de las emisiones a lo largo del periodo inventariado como consecuencia del cierre de diversas plantas de producción, especialmente de fabricación de ácido nítrico y amoníaco.

En la industria metalúrgica se observa asimismo una evolución relativamente estable, si bien dentro del sector se ha producido un cambio tecnológico significativo en la fabricación de acero haciéndose cada vez más dominante la producción de acero en hornos eléctricos con respecto al acero producido en hornos de oxígeno básico.

Por último la contribución a la tendencia de las actividades de producción y uso de gases fluorados es claramente notoria a partir del año 1995, con un incremento sustantivo

¹ Orden determinado por la contribución de las emisiones de la categoría al nivel o a la tendencia

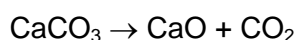
de las emisiones debidas al uso de estos gases y un descenso en las actividades de producción de HFC, esta última marcada fundamentalmente por la puesta en servicio de una instalación para disminuir la emisión de HFC-23 en la fabricación de HCFC-22 a partir del año 2002, lo que queda claramente reflejado en la figura 4.1.1.

En las secciones 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 (si bien en algunos casos se han agrupado dos o más fuentes clave por conveniencia de la exposición). En todo caso, se hace también en la sección final 4.11 una presentación (si bien más resumida) de las fuentes no claves del sector.

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 CO₂ 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 CO₂ 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 deCO₂-eq. En esta misma tabla se presentan el índice de evolución temporal (base 100 año 1990) de las emisiones deCO₂-eq, y las contribuciones de las emisiones de CO₂-eq de esta categoría sobre el total del inventario y sobre el sector Procesos Industriales.

Tabla 4.2.1.- Emisiones de CO₂ (Cifras en Gg)

1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
12.534	12.622	16.371	16.631	17.141	17.322	17.305

Tabla 4.2.2.- Emisiones de CO₂-eq: valores absolutos, índices y ratios

	1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
CO ₂ -eq (Gg)	12.534	12.622	16.371	16.631	17.141	17.322	17.305
Índice CO ₂ -eq	100,0	100,7	130,6	132,7	136,8	138,2	138,1
% CO ₂ -eq sobre total inventario	4,35	3,95	3,99	3,90	3,89	4,00	3,91
% CO ₂ -eq sobre procesos industriales	47,63	46,05	50,03	50,61	49,94	49,48	49,65

4.2.2.- Metodología

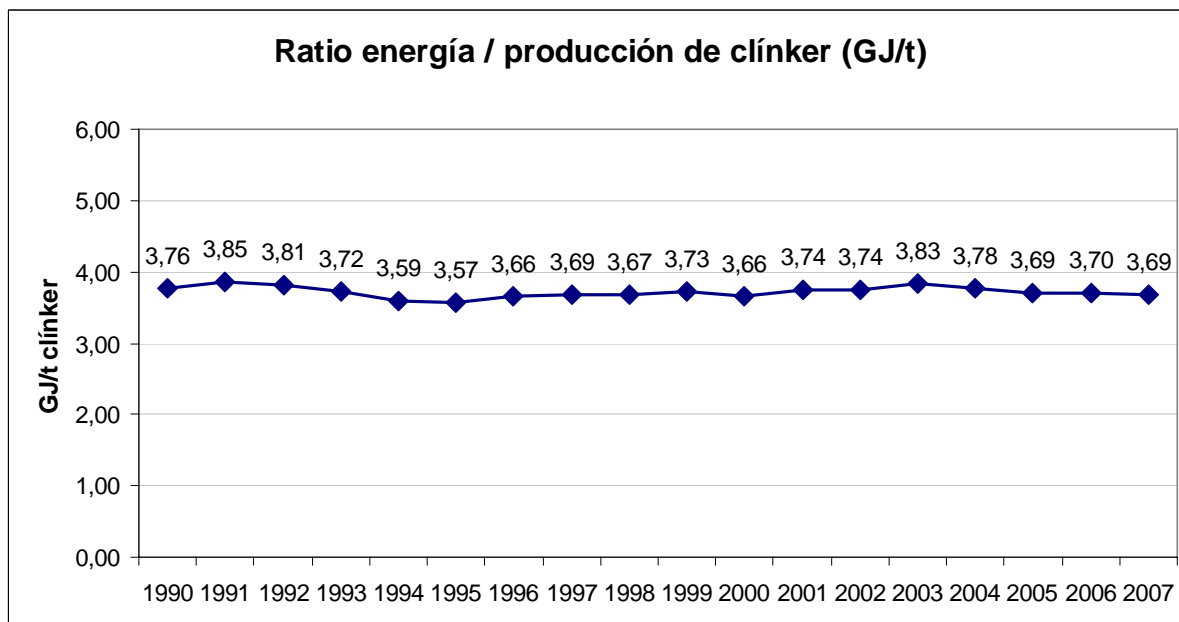
La estimación de las emisiones de CO₂ correspondientes a esta actividad se ha realizado utilizando el método de nivel 2 de IPCC, mediante la aplicación de un factor de emisión a las cantidades de clínker producido.

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 1999-2007. 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	2003	2004	2005	2006	2007
23.211.731	23.373.454	30.316.646	30.798.002	31.742.484	32.078.063	32.045.543

Al poner en relación la producción de clínker con el consumo energético realizado en las fábricas de cemento cuya evolución se muestra en la figura 4.2.1, puede observarse que el requerimiento energético (GJ/t de clínker producido) a lo largo del periodo analizado mantiene una tendencia bastante estable, oscilando dicho requerimiento entre 3,57 GJ/t (año 1995) y 3,85 GJ/t (año 1992).

Figura 4.2.1.- Evolución del requerimiento energético

Para la estimación de las emisiones de CO₂ 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 CO₂ provenientes de la descarbonatación de 540 kg CO₂/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):

$$\text{Factor de emisión [t CO}_2\text{/t clínker]} = 0,785 \cdot (\text{Salida CaO [t CaO/t clínker]} - \text{Entrada CaO [t CaO/t material de entrada]}) + 1,092 \cdot (\text{Salida MgO [t MgO/t clínker]} - \text{Entrada MgO [t MgO/t material de entrada]})$$

siendo 0,785 y 1,092 las fracciones estequiométricas de CO₂/CaO y de CO₂/MgO respectivamente. Los valores medio, mínimo y máximo así obtenidos son los siguientes:

	CaO	MgO	Factor de emisión (t CO ₂ /t clínker)
Media de 12 fábricas	65,66	1,93	0,540
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).

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 2000 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%.

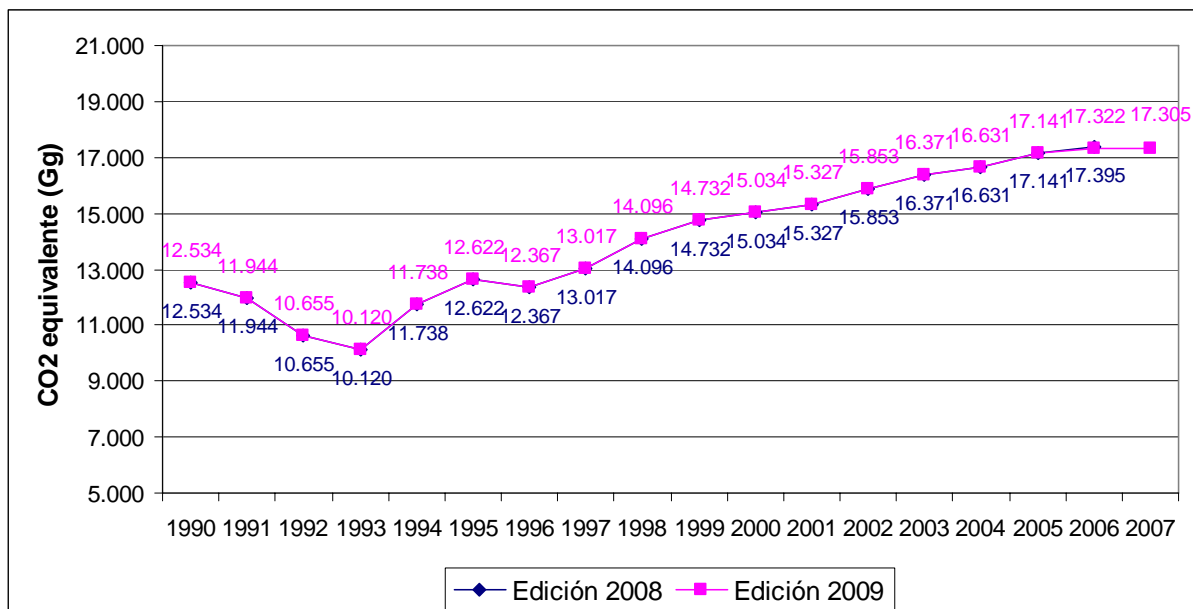
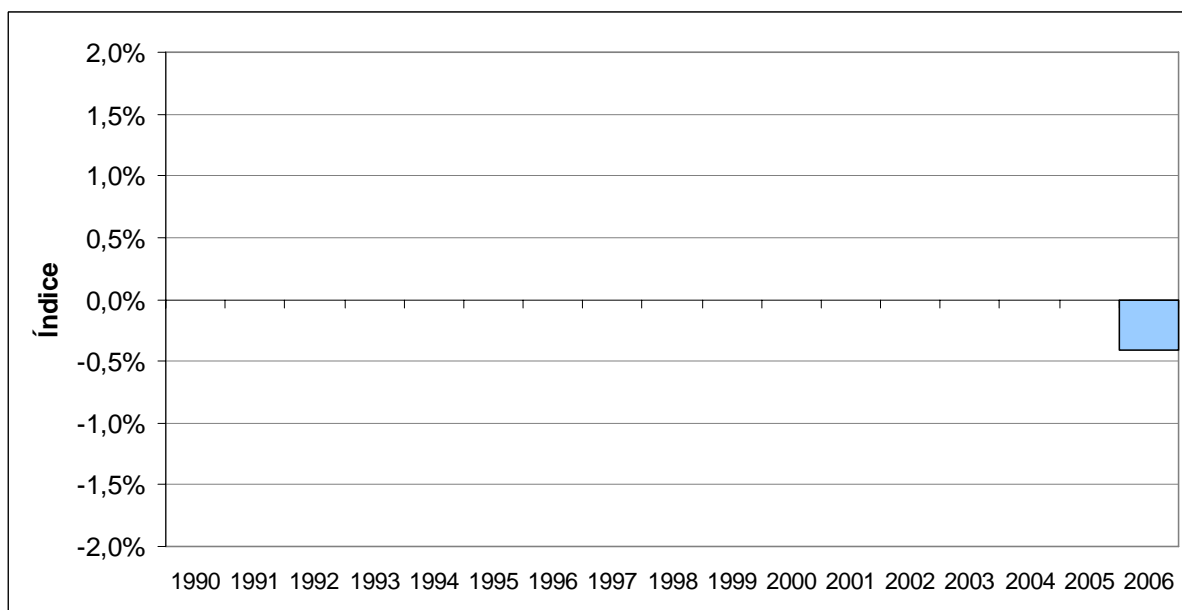
Por lo que respecta a la pauta temporal la serie se considera coherente al cubrir el conjunto de plantas del sector en el periodo inventariado y provenir la información directamente de las plantas habiendo sido gestionada por la asociación empresarial del sector.

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

Las variaciones originadas por los nuevos cálculos provienen de la revisión de los datos de producción de clínker correspondientes al año 2006, lo que supone un descenso en las emisiones de CO₂ de 72,4 Gg. La comparación de resultados de las emisiones de CO₂-eq entre las ediciones actual y anterior del inventario se muestra en términos de valores absolutos en la figura 4.2.2 y en términos relativos (diferencia porcentual) en la figura 4.2.3. Como puede observarse, la variación relativa de las emisiones de CO₂-eq de esta categoría en el año 2006 es de -0,42%.

Figura 4.2.2.- Emisiones de CO₂-eq. Comparación Eds 2009 vs 2008**Figura 4.2.3.- Emisiones de CO₂-eq. Diferencia porcentual Eds 2009 vs 2008**

4.2.6.- Planes de mejora

De cara al futuro se prevé a través de contactos con la asociación empresarial OFICEMEN obtener factores específicos por planta que pudieran mejorar la precisión del factor genérico de CO₂ por descarbonatación que se utiliza ahora para el conjunto del sector.

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 CO₂ 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 CO₂-eq. En esta misma tabla se presentan el índice de evolución temporal (base 100 año 1990) de las emisiones de CO₂-eq, y las contribuciones de las emisiones de CO₂-eq de esta categoría sobre el total del inventario y del sector Procesos Industriales.

Tabla 4.3.1.- Emisiones de CO₂ (Cifras en Gg)

1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
1.220	1.234	2.081	2.204	2.293	2.473	2.129

Tabla 4.3.2.- Emisiones de CO₂-eq: valores absolutos, índices y ratios

	1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
CO ₂ -eq (Gg)	1.220	1.234	2.081	2.204	2.293	2.473	2.129
Índice CO ₂ -eq	100,0	101,1	170,5	180,6	187,9	202,6	174,4
% CO ₂ -eq sobre total inventario	0,42	0,39	0,51	0,52	0,52	0,57	0,48
% CO ₂ -eq sobre procesos industriales	4,64	4,50	6,36	6,71	6,68	7,06	6,11

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 CO₂ 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 para el periodo 1990-2005,

12,64% para el año 2006 y 11,62% para el año 2007 (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 CO₂ 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	2003	2004	2005	2006	2007
Piedra caliza	2.576.034	2.601.865	4.451.133	4.700.899	4.900.099	5.325.312	4.538.656
Dolomita	182.388	237.195	283.395	310.313	314.408	292.401	302.911

La estimación de las emisiones de CO₂ 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 ₂ (kg/t)
Piedra caliza (CaCO ₃)	440
Dolomita (CaMg(CO ₃) ₂)	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 CO₂. 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 CO₂ 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 CO₂ 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 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 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 2000 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 los 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 la 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 se consigue 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

No se han realizado nuevos cálculos en esta actividad.

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.

En el caso concreto de la fabricación de ladrillos y tejas se propone como mejora utilizar (contando con su disponibilidad) coeficientes provinciales de contenido carbonatos en las arcillas utilizadas en la fabricación de estos productos.

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 con aprovechamiento energético 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). Sí se incluyen sin embargo, siguiendo las indicaciones del equipo revisor de la SCMCC, las emisiones procedentes de la quema de gases en antorchas en las plantas siderúrgicas integrales y que no conllevan un aprovechamiento energético.

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 2007 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 en 2007 la producción de acero al oxígeno el 22% de la producción total y la producción de acero en hornos eléctricos el 78% restante.

En la tabla 4.4.1 se muestran las emisiones de gases de efecto invernadero para esta actividad, siendo el CO₂ 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 CO₂-eq. En esta misma tabla se presentan el índice de evolución temporal (base 100 año 1990) de las emisiones de CO₂-eq, y las contribuciones de las emisiones de CO₂-eq de esta categoría sobre el total del inventario y del sector Procesos Industriales.

Tabla 4.4.1.- Emisiones (Cifras en Gg)

Contaminante	1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
CO ₂	2.491	1.326	1.826	1.951	2.298	2.353	2.363
CH ₄	1,0	0,7	0,7	0,7	0,8	0,6	0,7
N ₂ O	0,005	0,001	0,002	0,001	0,002	0,002	0,002

Tabla 4.4.2.- Emisiones de CO₂-eq: valores absolutos, índices y ratios

	1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
CO ₂ -eq (Gg)	2.513	1.342	1.841	1.967	2.314	2.367	2.379
Índice CO ₂ -eq	100,0	53,4	73,3	78,2	92,1	94,2	94,7
% CO ₂ -eq sobre total inventario	0,87	0,42	0,45	0,46	0,52	0,55	0,54
% CO ₂ -eq sobre procesos industriales	9,55	4,90	5,63	5,98	6,74	6,76	6,83

4.4.2.- Metodología

La estimación de las emisiones de CO₂ en los procesos de fabricación de sinter, arrabio y acero 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 mismo 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 antorchas, la estimación de las emisiones de CO₂ se basa en el contenido de carbono de cada gas incinerado y en los factores de oxidación, tal y como se detalla más adelante en este mismo epígrafe.

En cuanto a las emisiones de CH₄, tan sólo se han estimado las correspondientes a la carga de los hornos altos y a las antorchas. Para la primera de estas actividades se ha utilizado el factor propuesto en el Manual CORINAIR² (parte 1, epígrafe 6.2.3) para el total de compuestos orgánicos volátiles de 0,2 kg/t de arrabio, con un porcentaje de CH₄ del 90% y un 10% de COVNM; mientras que para las antorchas se han aplicado factores de emisión seleccionados de las diferentes guías metodológicas sobre la variable de actividad energía (GJ) en términos de PCI (poder calorífico inferior) de cada uno de los gases incinerados.

Por último, las emisiones de N₂O que figuran en esta categoría corresponden exclusivamente a las producidas en las antorchas, y se han estimado, al igual que para el CH₄, aplicando factores de emisión sobre la variable de actividad.

Como variables 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, y para las antorchas las cantidades de gases incinerados expresadas en términos de energía (terajulios de poder calorífico inferior, TJ_{PCI}). Las producciones de sinter, arrabio y acero en hornos de oxígeno básico, así como los combustibles incinerados en las antorchas, 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 1994-2007 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	2003	2004	2005	2006	2007
Acero	13.162.544	12.817.855	16.580.455	17.978.623	17.842.351	18.331.755	18.979.255
Sinter	6.946.968	4.747.019	4.999.365	5.466.542	5.507.000	5.272.000	5.559.000
Arrabio	5.588.228	4.158.830	3.837.132	4.095.004	4.187.000	3.578.000	4.142.000

² "Default Emission Factors Handbook" (1992). Second Edition. Edited by CITEPA for DG-XI CEC.

A continuación se detalla para cada uno de estos procesos la metodología seguida para estimar las emisiones de CO₂.

a) Producción de acero en hornos de oxígeno básico

Las emisiones del CO₂ 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 CO₂ 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 2000³, mientras que para el periodo 1990-1999, al no disponer de esta información, se han obtenido las emisiones totales de CO₂ 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 tercera planta siderúrgica integral existente en el periodo 1990-1994, se han estimado las emisiones de CO₂ 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 las de la planta desaparecida.

³ Cabe indicar que para los años 2005, 2006 y 2007 la información de ambas plantas ha sido presentada, por lo que respecta al balance de carbono de los distintos procesos realizados, de forma agregada (como una sola planta y sumando los contenidos de carbono de distintos materiales de entrada y salida, sin distinguir por tipo de proceso realizado)

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
ENTRADA	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	
	TOTAL ENTRADA					t C	
SALIDA	Chatarra + cascarilla	t		% C		t C	
	Acero	t		% C		t C	
	Gas de acería recuperado	kNm ³		% C/Nm ³		t C	
	Gas de acería antorcha	kNm ³		% C/Nm ³		t C	
	Emisiones difusas de partículas al agua	t		% C		t C	
	Emisiones difusas de partículas al aire	t		% C		t C	
	TOTAL SALIDA					t C	

Diferencia en masa de carbono	t C	
--------------------------------------	------------	--

Emisión CO₂	kt CO₂	
-------------------------------	--------------------------	--

Factor de emisión CO₂ implícito	(kg/t acero)	
---	---------------------	--

b) Producción de acero en hornos eléctricos

Para las acerías eléctricas el cómputo de las emisiones de CO₂ de proceso se realiza sobre la base de la contribución, en términos de balance de carbono, del consumo auxiliar de combustibles (carbón coquizable, antracita, mezcla de carbones, coque de petróleo, coque siderúrgico, gas natural); y de otras materias auxiliares (electrodos de grafito, dolomita, ...). Para otros flujos de materiales se ha asumido 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 UNESID⁴.

c) Arrabio

Para las coladas de arrabio se han estimado las emisiones del CO₂ 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 CO₂ en esta actividad).

⁴ Este supuesto del equilibrio de otros materiales en términos de carbono deberá ser revisado a la luz de las nuevas guías de la normativa de CO₂ certificado de comercio de derechos de emisión (Decisión 2007/589/CE)

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 (véase nota 3). Para el periodo 1990-1999, al no disponer de esta información, se han obtenido las emisiones totales de CO₂ 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
ENTRADA	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	
	TOTAL ENTRADA					t C	
SALIDA	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 ³		g C/Nm ³		t C	
	Emisiones difusas de partículas al agua	t		% C		t C	
	Emisiones difusas de partículas al aire	t		% C		t C	
	TOTAL SALIDA					t C	

Diferencia en masa de carbono	t C	
--------------------------------------	------------	--

Emisión CO₂	kt CO₂	
-------------------------------	--------------------------	--

Factor de emisión CO₂ implícito	(kg/t arrabio)	
---	-----------------------	--

d) Sínter

Para estimar las emisiones totales de CO₂ 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 CO₂ 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 (véase nota 3). Para el periodo 1990-1999, al no disponer de esta información, se han obtenido las emisiones totales de CO₂ 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
ENTRADA	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 ³		g C/Nm ³		t C	
	TOTAL ENTRADA					t C	
SALIDA	Sínter	t		% C		t C	
	Emisiones difusas de partículas al aire	t		% C		t C	
	TOTAL SALIDA					t C	
OTRAS SALIDAS							
	CO chimenea (no se resta)			% C		t C	

Diferencia en masa de carbono	t C	
--------------------------------------	------------	--

Emisión CO₂	kt CO₂	
-------------------------------	--------------------------	--

Factor de emisión CO₂ implícito	(kg/t sinter)	
---	----------------------	--

e) Antorchas

Para la estimación de las emisiones de CO₂ de las antorchas de las plantas siderúrgicas integrales se da preferencia al procedimiento de cálculo que parte del contenido de carbono de cada gas incinerado, y se complementa el cálculo estequiométrico elevado a masa de CO₂ con la inclusión de los factores de oxidación (véase la ecuación [3.2.1] y la explicación con más detalle del algoritmo expuesto en el epígrafe 3.2.2). En aquellos casos en los que no se ha podido disponer de los datos necesarios para aplicar este algoritmo se han utilizado factores de emisión por defecto a partir de características estándar de los combustibles. En cuanto a las emisiones de CH₄ y N₂O, se han aplicado factores de emisión seleccionados de las diferentes guías metodológicas y de fuentes institucionales (CITEPA⁵) sobre la variable de actividad energía (GJ) en términos de PCI de cada uno de los gases incinerados. En la tabla 4.4.7 se presentan los factores de emisión utilizados en la estimación de las emisiones.

⁵ CITEPA. "Facteurs d'émission du protoxyde d'azote pour les installations de combustion et les procédés industriels". Etude bibliographique. Sébastien Cibick et Jean-Pierre Fontelle. Février 2002.

Tabla 4.4.7.- Antorchas en siderurgia. Factores de emisión

	CO ₂ (t/TJ)	CH ₄ (kg/TJ)	N ₂ O (kg/TJ)
G.L.P.	64,08	0,9	2,5
Gas de coquería	41,3-45 (1)	2,5	1,75
Gas de horno alto	242,9-293,5 (1)	0,3	1,75
Gas de acería	181,3-191,5 (1)	0,3	2,5
Gas natural	56	1,4	2,5

Fuente: Para el CH₄ Libro Guía EMEP/CORINAIR. Parte B. Capítulo 332, Tabla 8.2 y Capítulo 111, Tabla 27, asimilando los factores de emisión a los de las actividades contempladas en dichos capítulos
CITEPA, para el N₂O.

(1) El rango de factores de CO₂ indicado se ha obtenido por balance de masas a partir de las características facilitadas de los combustibles en cuestión en el periodo inventariado.

4.4.3.- Incertidumbre y coherencia temporal

El proceso con incertidumbre más elevada en esta fuente clave es el de la incineración en antorchas, en el que las incertidumbres se estiman en un 30% para la variable de actividad (teniendo en cuenta que algunos de los volúmenes de gas quemado en antorchas son estimados), y en un 10% para el factor de emisión (habida cuenta del conocimiento parcial sobre la composición de los gases incinerados).

Para el resto de procesos considerados se ha asumido de forma conjunta 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, 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, por la dificultad de recopilar retrospectivamente 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 CO₂ 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 CO₂ 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

No se han realizado nuevos cálculos en esta actividad.

4.4.6.- Planes de mejora

Una actuación para la mejora en este sector es el planteamiento de recogida de información individualizada por planta para todas las acerías 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. Asimismo se revisará en colaboración con UNESID el balance de carbono de otros materiales entrantes y salientes en la producción de acero en hornos eléctricos, balance que hasta ahora se suponía que estaba en equilibrio de carbono, pero que a la vista de la nueva información disponible es razonable revisar este supuesto (véase nota 4).

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 CO₂, 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 CO₂ 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 CO₂ (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 CO₂ de esta categoría sobre el total de emisiones de CO₂-eq del inventario y del sector Procesos Industriales respectivamente.

Tabla 4.5.1.- Emisiones de CO₂ (Cifras en Gg)

1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
2.635	2.922	3.332	3.374	3.543	3.488	3.461

Tabla 4.5.2.- Emisiones de CO₂-eq: valores absolutos, índices y ratios

	1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
CO ₂ -eq (Gg)	8.923	10.953	10.858	10.425	10.980	11.219	11.303
Índice CO ₂ -eq	100,0	122,7	121,7	116,8	123,0	125,7	126,7
% CO ₂ -eq sobre total inventario	3,10	3,43	2,65	2,45	2,49	2,59	2,56
% CO ₂ -eq sobre procesos industriales	33,91	39,96	33,18	31,73	31,99	32,05	32,43

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 1996 IPCC (apartado 2.6.1) las emisiones de CO₂ 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 CO₂, 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 1996 IPCC de 415 kg CO₂/tonelada de carbonato sódico.

b) Productos Minerales: Otros

La estimación de las emisiones de esta actividad se ha 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 CO₂ se producen como consecuencia de la descarbonatación 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 considerados⁶.

Tabla 4.5.3.- Otros productos minerales. Producciones y consumos (Cifras en Gg; miles de m² para las baldosas)

	1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
Producciones							
Baldosas porosas	100.900	176.314	232.446	234.049	237.181	241.898	241.315
Baldosas no porosas	100.900	182.486	350.954	361.451	372.019	366.502	343.385
Consumos							
Carbonato de bario	1,55	1,73	1,25	0,87	0,79	16,31	0,64
Carbonato de litio	-	-	-	-	0,001	0,02	0,01
Carbonato de potasio	0,65	0,75	0,69	0,75	0,72	0,71	0,69
Carbonato de magnesio	317,19	436,23	423,49	455,07	463,48	469,86	478,07
Carbonato de hierro	4,00	4,62	5,70	5,62	4,61	4,91	4,44
Carbón	0,03	0,07	0,05	0,23	0,59	0,48	0,93

Nota.- Para las baldosas se presenta el dato expresado en miles de m² tal y como lo informa la fuente original.

Para cada uno de los tipos de carbonato utilizados, se obtiene el factor de emisión de CO₂ a partir de su composición molecular correspondiente. En el caso del uso de carbón como agente reductor, el factor de emisión de CO₂ 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 CO₂

	Factor	Unidad
Por producción		
Baldosas porosas	735	kg/miles m ²
Baldosas no porosas	87,5	kg/miles m ²
Por consumo		
Carbonato de bario	223,016	kg/t
Carbonato de litio	595,603	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 – 3.600	kg/t

⁶ La producción de baldosas se expresa en miles de m².

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 activo en el año 2006.

Tabla 4.5.5.- Producción de amoníaco (Cifras en toneladas)

1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
572.985	550.597	524.619	490.763	541.812	488.131	525.835

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 CO₂.

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 1.108-1.294 kg CO₂/tonelada de amoníaco si se utiliza gas natural y en el rango 1.420-1.430 kg CO₂/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 2003-2007 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	2003	2004	2005	2006	2007
Carburo de silicio	C	C	C	C	C	C	C
Carburo cálcico	43.604	43.600	40.900	40.900	40.900	40.900	40.900

C = Confidencial

Para el carburo cálcico los factores de emisión aplicados han sido los propuestos en la sección 2.11.2 del Manual de Referencia 1996 IPCC de 1,8 t CO₂/tonelada de carburo

cálcico y de 11,6 kg CH₄/tonelada de carburo cálcico. Para el carburo de silicio se omite la presentación de los factores de emisión 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	2003	2004	2005	2006	2007
Ferrosilicio	37.589	38.131	66.485	67.340	64.166	62.348	66.561
Ferromanganeso	49.512	57.368	125.638	158.749	154.771	142.625	152.201
Silicomanganeso	55.091	88.607	125.651	114.826	142.903	151.347	162.194

Sin embargo, para la estimación de las emisiones de CO₂ 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 (a partir del año 2001), y que varían en función de las materias primas utilizadas. El promedio 2001-2004 de los factores es el que se ha aplicado a todos los años de la serie 1990-2004, pues en la edición anterior del inventario tal promedio era el considerado más representativo. En 2005-2007 se han aplicado los factores específicos facilitados para estos años.

f) Producción de aluminio

La metodología de estimación de las emisiones de CO₂ 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 CO₂ (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	2003	2004	2005	2006	2007
12.060	18.820	29.203	33.315	37.043	33.620	35.843

En cuanto al factor de emisión aplicado, la propia planta productora ha suministrado el factor de 6.666 kg CO₂/tonelada de silicio metal tomado como representativo para el periodo

1990-2004; mientras para los años 2005, 2006 y 2007 los factores facilitados asimismo por la planta son respectivamente de 6.602, 6.476 y 6.479 kg CO₂/tonelada⁷.

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 controlar la información de manera individualizada a nivel de planta y tener así en consideración las particularidades que hubiera en cada instalación.

4.5.5.- Realización de nuevos cálculos

A continuación se describen los cambios realizados en la estimación de las emisiones de este conjunto de actividades. Se presentan aquí los nuevos cálculos realizados aunque no afectan directamente a las emisiones de CO₂, que es el gas que confiere a esta fuente su naturaleza de clave.

- En la actividad 2A7 se han revisado las cifras de producción de baldosas (tanto porosas como no porosas) para todo el periodo 1990-2006, de acuerdo con la nueva información facilitada por la Asociación Española de Fabricantes de Azulejos, Pavimentos y Baldosas Cerámicas (ASCER). Esta revisión supone un descenso de las emisiones de CO₂ en todo el periodo citado que oscila entre 5,5 Gg y 28,9 Gg.
- En la producción de carburo de calcio (actividad 2B4) se ha incluido para todo el periodo inventariado la estimación de las emisiones de CH₄ de acuerdo con las indicaciones de la SCMCC. Si bien esta modificación afecta a las emisiones de CH₄ (gas que no confiere a este conjunto de actividades la caracterización de fuente clave), sí afecta en términos de emisiones de CO₂-eq, con incrementos que varían entre 6,8 y 11 Gg de CO₂-eq.

⁷ El factor de emisión por defecto propuesto por IPCC de 4.300 kg CO₂/tonelada de silicio metal (Sección 2.13.4.2, Tabla 2.15, del Manual de Referencia 1996 IPCC)

- En la producción de negro de humo (actividad 2B5) se ha modificado la variable de actividad (cifras de producción) correspondiente a los años 2004, 2005 y 2006 de acuerdo con la nueva información facilitada por la única empresa fabricante de este producto existente en dichos años. Si bien esta modificación afecta a las emisiones de CH₄ (gas que no confiere a este conjunto de actividades la caracterización de fuente clave), sí afecta en términos de emisiones de CO₂-eq, con incrementos en estas emisiones de 6,5 Gg (2004), 8,2 Gg (2005) y 7,7 Gg (2006).
- Se ha actualizado la producción correspondiente al año 2006 de una de las plantas fabricantes de etileno (actividad 2B5) de acuerdo con la nueva información aportada por la propia planta. Al igual que en la actividad anterior, esta modificación afecta a las emisiones de CH₄, y en términos de CO₂-eq supone un descenso de 0,01 Gg.

En la figura 4.5.1 se muestra la evolución comparada de valores absolutos de las emisiones de CO₂ (gas que confiere a este conjunto de actividades su naturaleza de clave) 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 CO₂ como consecuencia de los nuevos cálculos efectuados en las emisiones de CO₂ en este conjunto de actividades supone un descenso que oscila entre 0,3 Gg de CO₂ y 28,9 Gg de CO₂.

Figura 4.5.1.- Emisiones de CO₂-eq. Comparación Eds 2009 vs 2008

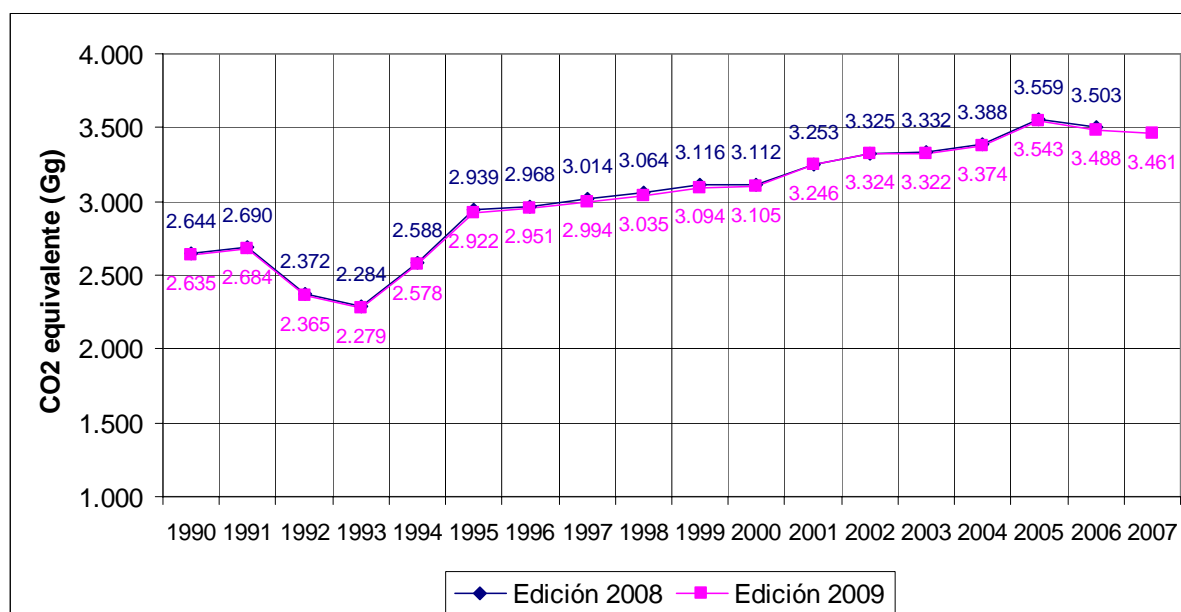
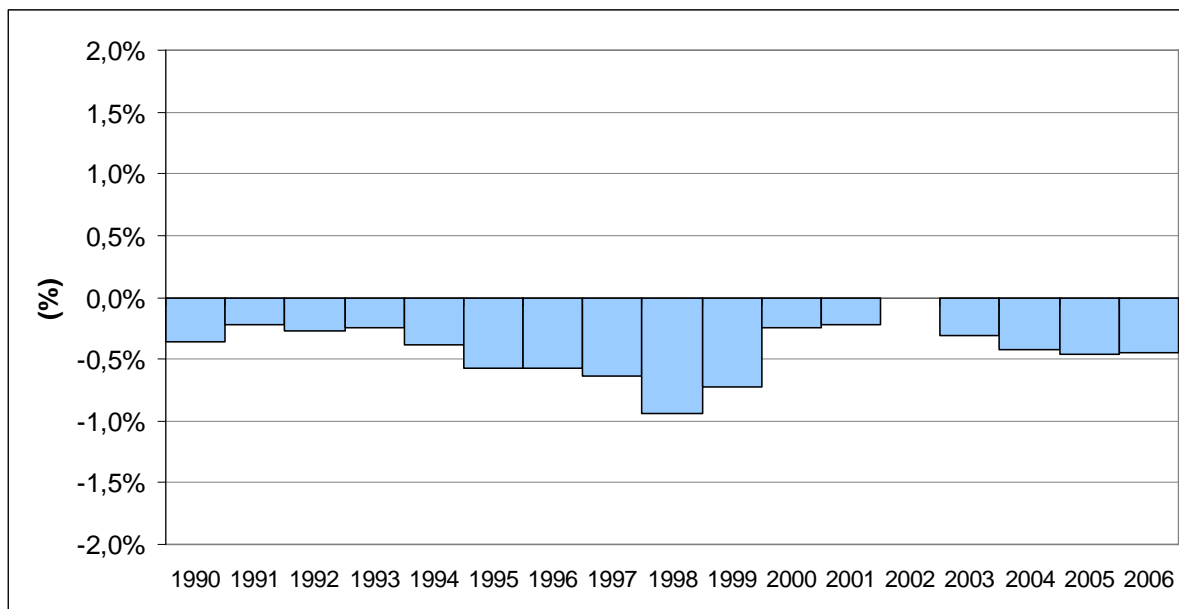


Figura 4.5.2.- Emisiones de CO₂-eq. Diferencia porcentual Eds 2009 vs 2008

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. En esta línea se dará prioridad a las actividades de fabricación de ferroaleaciones y de producción de carburos de calcio y de silicio.

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 (NO₂), 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 NO₂ 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 había en 2007 cuatro plantas de

fabricación de ácido nítrico: una de baja presión, dos de media presión y una planta que utiliza los procesos de baja y de media presión.

En la tabla 4.6.1 se muestran las emisiones de N₂O 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 CO₂-eq. En esta misma tabla se presentan el índice de evolución temporal (base 100 año 1990) de las emisiones de CO₂-eq, y las contribuciones de las emisiones de CO₂-eq de esta categoría sobre el total del inventario y del sector Procesos Industriales.

Tabla 4.6.1.- Emisiones de N₂O (Cifras en Gg)

1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
9,3	7,7	6,3	5,8	6,0	5,0	4,4

Tabla 4.6.2.- Emisiones de CO₂-eq: valores absolutos, índices y ratios

	1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
CO ₂ -eq (Gg)	2.884	2.384	1.965	1.788	1.860	1.555	1.359
Índice CO ₂ -eq	100,0	82,7	68,1	62,0	64,5	53,9	47,1
% CO ₂ -eq sobre total inventario	1,00	0,75	0,48	0,42	0,42	0,36	0,31
% CO ₂ -eq sobre procesos industriales	10,96	8,70	6,01	5,44	5,42	4,44	3,90

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	2003	2004	2005	2006	2007
1.329.107	1.098.533	905.730	823.792	857.363	716.768	626.333

Para el caso del NO_x 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 N₂O se ha tomado el factor de emisión de 7 kg N₂O / t de ácido nítrico indicado inicialmente en la comunicación de FEIQUE facilitada al MITYC (abril 1998), y que ha sido corroborado 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 2000 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 2000 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 diez plantas en 1990 a cuatro en 2007, 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 MITYC⁸, 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

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).

⁸ Esta publicación está disponible hasta el año 2002.

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 1996 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 CO₂ 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 CO₂-eq. En esta misma tabla se presentan el índice de evolución temporal (base 100 año 1990 para el CO₂ y 1995 para los PFC) de las emisiones de CO₂-eq, y las contribuciones de las emisiones de CO₂-eq de esta categoría sobre el total del inventario y del sector Procesos Industriales. Cabe mencionar que las emisiones de CO₂ 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	2003	2004	2005	2006	2007
CO ₂ (Gg)	610	610	641	649	662	682	676
CF ₄ (t)	122,2	114,0	26,4	25,4	20,2	18,9	17,6
C ₂ F ₆ (t)	9,6	9,9	2,0	1,9	1,3	1,3	1,0

Tabla 4.7.2.- Emisiones de CO₂-eq: valores absolutos, índices y ratios

	1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
CO ₂ -eq (Gg)	1.493	1.442	831	831	805	816	800
Índice CO ₂ -eq	100,0	96,6	55,6	55,7	53,9	54,6	53,5
% CO ₂ -eq sobre total	0,52	0,45	0,20	0,20	0,18	0,19	0,18
% CO ₂ -eq sobre procesos industriales	5,67	5,26	2,54	2,53	2,35	2,33	2,29

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 2000 IPCC en el epígrafe 3.3 (ecuación 3.10 y Box 3.3 "Tabereaux approach"), 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 ₄ o C ₂ F ₆ (respectivamente) durante el efecto ánodo respecto al total de gases
CE	=	Eficiencia actual expresada como fracción en vez de como porcentaje
AEF	=	Número de efectos ánodo por cuba y día
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 2000 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_{PFC}/t aluminio) / (minutos de efecto ánodo/cuba-día) son los siguientes:

Tecnología	CF ₄	C ₂ F ₆
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 CO₂ 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 CO₂ 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 CO₂ 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 _a	=	Contenido de azufre en el ánodo cocido (%)

Ash_a = Contenido de cenizas en el ánodo cocido (%)

Imp_a = Flúor y otras impurezas en el ánodo cocido (%)

a.2.- Emisión de CO₂ 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)

H₂ = 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 CO₂ 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_{PC} = Contenido de azufre en el coque (% en peso)

Ash_{PC} = Contenido de cenizas en el coque (% en peso)

b) Pasta Söderberg

Metodología: IAI para pasta Söderberg

$$\begin{aligned} \text{Emisión CO}_2 \text{ (t)} = & [(\text{PC} \cdot \text{MP}) - (\text{BSM} \cdot \text{MP}/1000) - \\ & [\text{BC}/100 \cdot \text{PC} \cdot \text{MP} \cdot (\text{S}_p + \text{Ash}_p + \text{H}_2)/100] - \\ & [(\text{100} - \text{BC})/100 \cdot \text{PC} \cdot \text{MP} \cdot (\text{S}_c + \text{Ash}_c)/100]] \cdot 44/12 \end{aligned} \quad [4.7.5]$$

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 _P	=	Contenido de azufre en la brea (%)
Ash _P	=	Contenido de cenizas en la brea (%)
H ₂	=	Contenido de hidrógeno en la brea (%)
S _C	=	Contenido de azufre en el coque calcinado (%)
Ash _C	=	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 partir del año 2003 (salvo alguna excepción), habiéndose asumido los valores del año 2003 para el periodo 1990-2002.

Por otro lado, 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 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	2003	2004	2005	2006	2007
355.301	361.492	389.447	394.863	397.203	400.349	405.061

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 2000 IPCC.

En cuanto a las emisiones de CO₂ 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 destaca el seguimiento que se realiza del margen de oscilación interanual del contenido de carbono emitido como CO₂ 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 2000 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 CO₂-eq. En esta misma tabla se presentan el índice de evolución temporal (base 100 año 1995) de las emisiones de CO₂-eq, y las contribuciones

de las emisiones de CO₂-eq 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	2003	2004	2005	2006	2007
205,4	396,4	134,4	38,8	28,5	44,1	36,1

Tabla 4.8.2.- Emisiones de CO₂-eq: valores absolutos, índices y ratios

	1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
CO ₂ -eq (Gg)	2.403	4.638	1.572	454	334	517	423
Índice CO ₂ -eq	100,0	193,0	65,4	18,9	13,9	21,5	17,6
% CO ₂ -eq sobre total inventario	0,83	1,45	0,38	0,11	0,08	0,12	0,10
% CO ₂ -eq sobre procesos industriales	9,13	16,92	4,81	1,38	0,97	1,48	1,21

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 2000 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, 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 destaca 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 halocarburos y SF₆ (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 SF₆ 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 1995-2006. En la tabla 4.9.2 se muestran dichas emisiones en términos de CO₂-eq. En esta misma tabla se presentan el índice de evolución temporal (base 100 año 1995) de las emisiones de CO₂-eq, y las contribuciones de las emisiones de CO₂-eq 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	2005	2006	2007
2F1	HFC-125		3,7	10,4	19,1	29,6	41,6	53,9	66,3	78,7	91,2	103,8	116,3	129,0
	HFC-134a		58,8	139,5	259,8	412,4	576,1	737,6	903,1	1.078,4	1.245,5	1.416,3	1.587,9	1.748,3
	HFC-143a		4,3	12,2	22,3	34,4	48,3	62,7	77,0	91,5	106,0	120,5	135,1	149,8
	C ₃ F ₈		0,5	1,4	2,6	4,0	5,6	7,2	8,9	10,6	12,3	13,9	15,6	17,3
2F2	HFC-134a									9,3	65,7	77,9	76,7	72,0
	HFC-152a									177,5	186,7	170,2	113,4	89,2
2F3	HFC-23					0,1	0,2	0,3	0,7	4,0	9,3	10,9	14,8	16,7
	HFC-125	0,8	1,4	2,8	5,2	8,4	12,3	16,9	21,9	28,1	39,6	49,9	58,4	73,0
	HFC-227ea	0,3	0,6	2,7	6,2	15,7	33,2	51,6	67,5	86,7	100,4	108,2	112,5	121,9
	HFC-236fa					0,2	0,4	0,7	0,9	1,2	1,4	1,7	1,9	2,1
	C ₄ F ₁₀	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6
2F4	HFC-134a	1,6	3,4	3,6	93,7	204,2	230,1	220,2	159,9	124,7	138,7	121,9	98,7	94,8

Tabla 4.9.2.- Emisiones de CO₂-eq: valores absolutos, índices y ratios

	1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
CO ₂ -eq (Gg)	-	8	3.361	3.983	4.426	4.799	5.255
Índice CO ₂ -eq	-	100,0	42.511,0	50.375,3	55.989,6	60.708,8	66.472,8
% CO ₂ -eq sobre total inventario	-	0,002	0,82	0,93	1,00	1,11	1,19
% CO ₂ -eq sobre procesos industriales	-	0,03	10,27	12,12	12,90	13,71	15,08

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

Para estos sectores 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 1996 IPCC y en las secciones 3.7.4 y 3.7.5 de la Guía de Buenas Prácticas 2000 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 ha comenzado a materializarse en el año 2003 como sustituto de otros gases fluorados que agotan la capa de ozono. La información sobre los consumos de HFC ha sido facilitada por la Asociación Técnica del Poliuretano Aplicado (ATEPA) en el caso de las espumas rígidas de poliuretano, y por la Asociación Ibérica de Poliestireno Extruido (AIPEX). A partir de esta información se ha calculado el stock existente en cada año de cada tipo de gas en cada uno de estos sub-sectores.

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 7.6 de la Guía 2006 IPCC. En el caso del poliuretano (aplicado en celdas cerradas) se ha tomado de dicha tabla el factor de emisión de HFC-134a 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. Para el poliestireno extruido se ha tomado en el caso del HFC-134a un factor de emisión del 25% para el primer año y del 0,75% para la pérdida anual sobre el stock de gas remanente; mientras que para el HFC-152a el factor para el primer año es del 50% y del 25% para el stock de gas remanente.

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	2003	2004	2005	2006	2007
HFC-23	-	5,200	1.733,906	2.007,283	2.164,673	2.250,037	2.437,464
HFC-125	-	-	79,740	185,967	217,897	295,019	333,503
HFC-227ea	-	16,605	562,147	791,959	997,038	1.167,954	1.460,645
HFC-236fa	-	-	23,845	28,653	33,221	37,561	41,685
C ₄ F ₁₀	-	1,000	9,085	9,830	10,539	11,213	11,855

Para la estimación de las emisiones se ha asumido de acuerdo con la Sección 2.17.4.4 del Manual de Referencia 1996 IPCC y la Sección 3.7.6 de la Guía de Buenas Prácticas 2000 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 suma algebraica de producción nacional + importaciones - 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	2003	2004	2005	2006	2007
HFC-134a	-	3,240	134,624	142,871	100,886	96,477	93,215

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 1996 IPCC y la Sección 3.7.1 de la Guía de Buenas Prácticas 2000 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 2000 IPCC, y la aquí aplicada es la propuesta como metodología por defecto en el Manual de Referencia 1996 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

No se han realizado nuevos cálculos en esta actividad.

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.- SF₆ en equipos eléctricos (2F8)

4.10.1.- Descripción de la actividad

El SF₆ se utiliza como aislante en equipos eléctricos, pues 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 SF₆ 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 SF₆ 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 SF₆.

La contribución de esta categoría al total de emisiones de CO₂-eq 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 SF₆ 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 CO₂-eq. En esta misma tabla se presentan el índice de evolución temporal (base 100 año 1995) de las emisiones de CO₂-eq, y las contribuciones de las emisiones de CO₂-eq de esta categoría sobre el total del inventario y del sector Procesos Industriales.

Tabla 4.10.1.- Emisiones de SF₆ (Cifras en toneladas)

1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
2,80	4,53	8,69	10,63	11,37	13,54	14,22

Tabla 4.10.2.- Emisiones de CO₂-eq: valores absolutos, índices y ratios

	1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
CO ₂ -eq (Gg)	67	108	208	254	272	324	340
Índice CO ₂ -eq	61,8	100,0	191,7	234,4	250,7	298,7	313,8
% CO ₂ -eq sobre total inventario	0,02	0,03	0,05	0,06	0,06	0,07	0,08
% CO ₂ -eq sobre procesos industriales	0,25	0,40	0,63	0,77	0,79	0,92	0,98

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 SF₆ 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 2000 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 SF₆ en fabricación e instalación (Cifras en toneladas)

	1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
Pérdidas en fabricación	-	1,006	2,840	3,333	3,160	3,363	3,010
Pérdidas en instalación	-	0,055	0,107	0,270	0,090	0,080	0,120

- b) Para el tercer término, se aplica un factor de pérdida sobre el stock acumulado de SF₆ 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 2000 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 SF₆ 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 SF₆ 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 SF₆ almacenado en equipos eléctricos (Cifras en toneladas)

	1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
Equipos en funcionamiento							
Alta tensión	139,900	169,600	241,400	297,504	342,104	436,110	475,350
Media tensión	1,000	40,000	389,100	469,120	568,530	619,554	725,654
Equipos dados de baja	-	-	6,772	6,816	6,816	6,816	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 2000 IPCC). En cuanto al stock existente de SF₆ 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 (si bien para el año 2006 hubo que hacer una estimación sobre las pérdidas en fabricación e instalación de una empresa que ha dejado de facilitar información a SERCOBE). Por lo que respecta a la estimación de las existencias de SF₆ en equipos en operación debe mencionarse que la serie con información directa de 1995 a 2007 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

La cobertura se considera exhaustiva en lo referente a la estimación de las pérdidas de SF₆ en fabricación e instalación, así como de las emisiones de los equipos en funcionamiento. Sin embargo en cuanto a la retirada de equipos, al no disponerse de información precisa, se ha mantenido una estimación de las emisiones como si los equipos retirados hubieran sido almacenados y siguieran emitiendo con las mismas tasas que los equipos en funcionamiento.

4.10.5.- Realización de nuevos cálculos

No se han realizado nuevos cálculos en esta actividad.

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 SF₆ y sus eventuales tratamientos posteriores. En este sentido se está trabajando con SERCOBE, las empresas de producción, transporte y

distribución de electricidad, y con los principales sectores industriales de consumo de electricidad en alta tensión.

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)⁹. 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 CO₂ propuestos en el Manual de Referencia 1996 IPCC (tabla 2.2) son de 790 y 910 kg CO₂/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 CO₂ 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 CO₂/t producto para la cal viva y 913 kg CO₂/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 Development* (WBCSD) 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 CO₂/t de cal) propuesto en el Manual de Referencia 1996 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

⁹ Para las empresas no asociadas a ANCADE, las producciones son aproximadas según estimaciones realizadas por esta asociación.

adicional por si pudiera quedar sin computar algún centro de actividad con producción intermedia no contabilizada hasta el momento.

- La producción de halocarburos y SF₆, con la exclusión de la fabricación de HCFC-22 (categorías 2E2 y 2E3).

En esta categoría se incluyen las emisiones fugitivas en la fabricación de HFC-134a, HFC-227ea y HFC-32, que son las únicas especies de HFC que se producen en España. La estimación de las emisiones se realiza para las producciones de HFC-143a y HFC-227ea aplicando el factor de emisión por defecto (0,5%) propuesto en la Sección 2.16.2 del Manual de Referencia 1996 IPCC sobre la producción del compuesto HFC considerado, dado que únicamente se ha dispuesto de estimaciones cuantitativas facilitadas por una de las plantas a partir del año 2003, por lo que la utilización de esta estimación no sería homogénea temporalmente para todo el periodo considerado. En el caso de la producción de HFC-32 se ha dispuesto de estimaciones de emisiones de los gases asociados (HFC-23 y HFC-32) facilitadas por la única planta productora de HFC-32 a partir del año 2002 en que comenzó la producción, habiéndose incorporado dichas estimaciones en el inventario. La metodología de estimación aplicada es por tanto Tier 1, para las producciones de HFC-143a y HFC-227-ea, y Tier 2 para la producción de HFC-32.

Por último cabe hacer dos precisiones, con respecto a la relación de actividades que figuran en el CRF Reporter bajo la categoría 2A7. En primer lugar, la actividad "*Glass production*" se estimaba en ediciones anteriores al envío 2007 aplicando un factor de emisión por defecto a las toneladas de vidrio producido, habiéndose pasado ya desde el envío de 2007 a estimar las emisiones 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 mencionar que bajo la actividad denominada "*Magnesia production*" debería interpretarse como "*Magnesium carbonate*" ya que se trata de las emisiones de CO₂ producidas por la descarbonatación de dicho compuesto en las actividades 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 USO DE OTROS PRODUCTOS

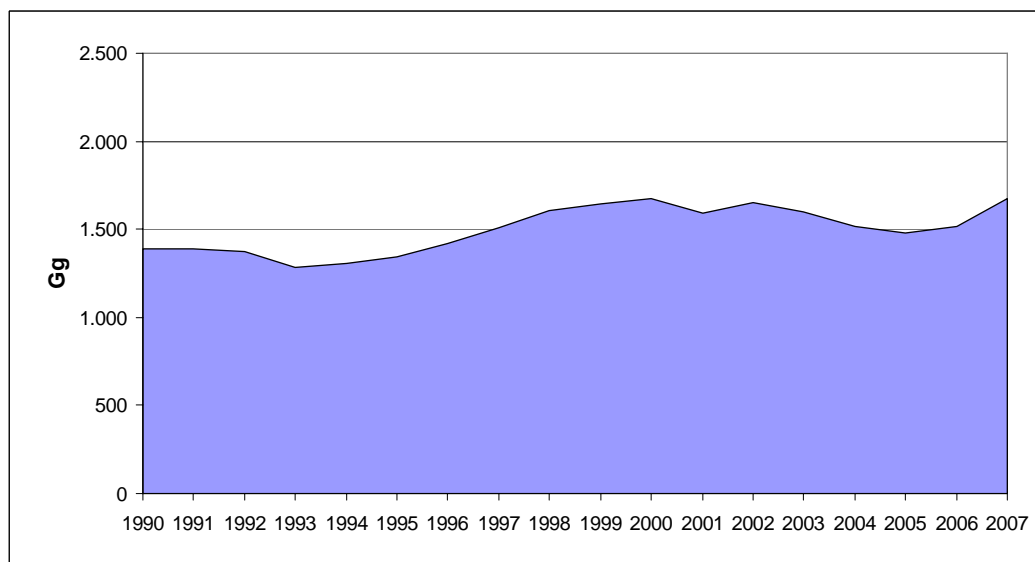
5.1.- Panorámica del sector

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 gran medida por la contribución a CO₂ final procedentes de las emisiones inmediatas de COVNM. En concreto en el año 2007 representan, en términos de CO₂ equivalente (CO₂-eq), un 0,38% de las emisiones totales del inventario, lo que supone una reducción en la contribución con respecto al año 1990 en el que representaban un 0,48% del total. Por otro lado, las emisiones de CO₂-eq en este sector han registrado un incremento del 20,6% en el año 2007 con respecto al año 1990, pasando de 1.388 Gigagramos (Gg) de CO₂-eq en 1990 a 1.674 Gg en el año 2007. En la tabla 5.1.1 se presentan en términos de CO₂-eq las emisiones por el uso de disolventes y otros productos, representándose en la figura 5.1.1 la evolución de dichas emisiones a lo largo del periodo 1990-2007.

Tabla 5.1.1.- Emisiones de CO₂ equivalente (Cifras en Gg)

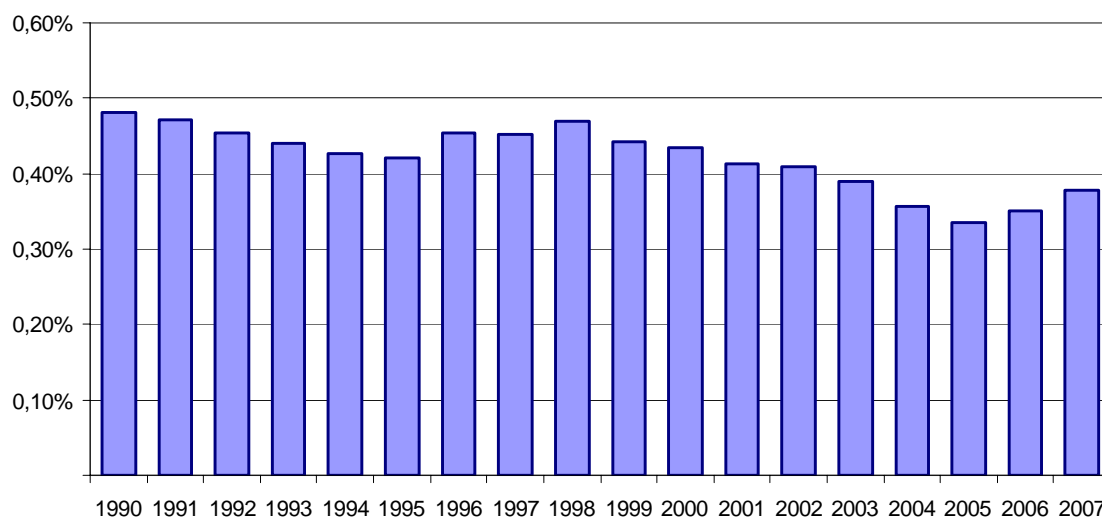
	1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
3 Uso de disolventes y otros productos	1.388	1.344	1.596	1.518	1.482	1.517	1.674

Figura 5.1.1.- Evolución de las emisiones de CO₂ equivalente



Como puede observarse en la figura 5.1.2 la importancia relativa de esta categoría en el inventario es muy reducida (inferior al 0,5% a lo largo del periodo inventariado), constituyendo, sin embargo, una fuente clave por su tendencia en las emisiones de CO₂ para el periodo 1994-1995, si bien su contribución a la tendencia en dichos años es inferior al 0,7%.

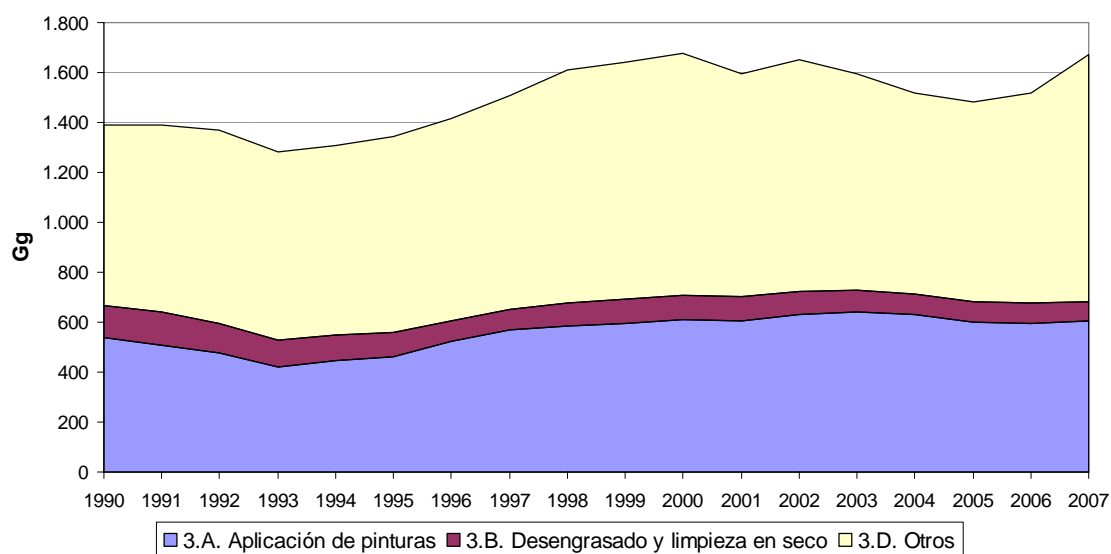
Figura 5.1.2.- Porcentaje de las emisiones de CO₂-eq por categoría respecto al total del inventario



Explicación de la tendencia

La tendencia de las emisiones de CO₂-eq en este sector está determinada, en orden de importancia, por las sub-categorías 3D (Otros usos de disolventes y N₂O y actividades relacionadas), 3A (Aplicación de pintura) y 3B (Limpieza en seco y desengrasado). En la figura 5.1.3 se muestra la evolución de las emisiones de CO₂-eq de estas subcategorías.

Figura 5.1.3.- Evolución de las emisiones de CO₂-eq



Por lo que a la sub-categoría 3D se refiere, la contribución mayoritaria corresponde al uso de N_2O para anestesia, variable que presenta un acusado descenso en su nivel de actividad a partir del año 2002 con un repunte al alza en el año 2006 que se acentúa en el año 2007, lo que influye notoriamente en la tendencia de esta categoría dado que la contribución de esta actividad a las emisiones de CO_2 -eq se sitúa entre el 16,4% y el 32,0% a lo largo del periodo inventariado. En cuanto a las actividades de aplicación de pintura (sub-categoría 3A), se produce un descenso en el consumo de pinturas en el periodo 1990-1993 seguido de un posterior incremento sostenido hasta el año 2004, un ligero descenso en el año 2005, continuando con una tendencia al alza en el consumo a partir del año 2006. Sin embargo el incremento de los consumos se ve compensado con la disminución de las cantidades de compuestos orgánicos volátiles en las pinturas (mayor uso de pinturas al agua sustituyendo a las pinturas con base disolvente), lo que incide claramente en las emisiones de COVNM, produciéndose un descenso de las emisiones pese al mayor consumo de pintura.

5.2.- Uso de disolventes y otros productos (3)

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) que se traducen en emisiones finales de CO_2 , así como otros productos que tienen un potencial de calentamiento directo (N_2O y eventualmente emisiones inmediatas de CO_2 , si bien estas últimas no se ha constatado hasta ahora en esta categoría del 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_2O 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_2 y N_2O , las emisiones finales de CO_2 provenientes de la oxidación de las emisiones (inmediatas) de COVNM correspondiente a las categorías 3A, 3B y 3D.

En cuanto al uso de N_2O , 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, complementada con aportaciones y consultas realizadas con IIASA y EGTEI¹.

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 plantas 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); Asociación Nacional de Poliestireno Expandido (ANAPE); Asociación de la Industria del Poliuretano Rígido (IPUR); Consorcio Nacional de Industriales del Caucho (COFACO); Asociación Nacional de Empresas para el Fomento de las Oleaginosas y su Extracción (AFOEX); Asociación Nacional de Empresas de Protección de la Madera (ANEPROMA). Asimismo, se ha 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.

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 CO₂ final se realiza utilizando el siguiente algoritmo:

$$\text{Emisión CO}_2 = \text{Emisión COVNM} \cdot 0,85 \cdot 44/12$$

¹ IIASA: International Institute for Applied Systems Analysis
EGTEI: Expert Group on Techno-Economic Issues.

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 CO₂.

Por lo que al N₂O 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 N₂O sale del organismo sin experimentar cambios, es decir, es refractario al catabolismo de los procesos biológicos. Debido a esta propiedad la emisión de N₂O 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 grandes empresas del sector.

5.2.3.- Incertidumbre y coherencia temporal

Las variables de actividad, se han obtenido bien vía directa mediante cuestionario a las plantas o asociaciones empresariales de amplia cobertura nacional, bien de estadísticas derivadas de censos nacionales, estimándose una incertidumbre media del orden del 50%, dado que algunas variables se consideran proxies de variable objetivo. 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 COV, obteniéndose a partir de estos datos la cantidad de disolución utilizada, su contenido en COV 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 5.2.1 se presenta el modelo de solicitud de información necesaria para realizar este balance de masas.

Tabla 5.2.1.- Cuestionario aplicación de COV en fábricas de automóviles

PROCESO	CONCENTRADO		DISOLVENTE		DISOLUCIÓN		COV TOTAL
	kg	% COV	kg	% COV	kg	% COV	kg
1.- Aplicación de pintura							
Cataforesis							
Productos PVC (masillas, másticos)							
Imprimación (aprestos, sellados)							
Lacas							
Retoques							
Ceras protección							
± Ajustes							
2.- Desengrasado y limpieza industrial							
Desengrasado de metales							
Otra limpieza industrial							
Total fabricación (1 + 2)							
3. Mantenimiento							
TOTAL CONSUMO (1 + 2 + 3):							
Recuperación (reciclado)							
Eliminación (incineración)							
Envío a gestor exterior							
EMISIÓN							

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 COV 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

En esta edición del inventario se ha realizado una revisión, al disponer de nueva información, de la variable de actividad correspondiente al año 2006 para el desengrasado de metales. Asimismo, en dicho año 2006 se ha modificado el factor de emisión de COVNM de la actividad de uso doméstico de pintura tras haberse detectado una incorrección en el valor del factor de emisión aplicado en dicho año. Por otro lado, se ha revisado para el periodo 1998-2006 la variable de actividad (población) utilizada en la estimación de las emisiones de COVNM en el uso doméstico de disolventes y de productos farmacéuticos, actualizando para dichos años las cifras de población a las correspondientes a las cifras oficiales del padrón municipal (población a 1 de enero). Por último, se ha revisado la variable de actividad (consumo de disolventes orgánicos) en los procesos de protección de la madera para el periodo 1990-2006, tras haberse detectado una incorrección en la estimación de dichos consumos en el paso de los datos muestrales a los datos

poblacionales. En conjunto, estos nuevos cálculos suponen un descenso inferior a 0,1 Gg de CO₂-eq para cada uno de los años del periodo 1990-1997, y un incremento de entre 0,7 y 5,7 Gg de CO₂-eq para el periodo 1998-2006.

La comparación de resultados de las emisiones de CO₂-eq entre las ediciones actual y anterior del inventario se muestra en términos de valores absolutos en la figura 5.2.1 y en términos relativos (diferencia porcentual) en la figura 5.2.2. Como puede observarse en esta última figura, la variación relativa de las emisiones de CO₂-eq como consecuencia de los nuevos cálculos efectuados en esta actividad se sitúa en valores entre el -0,003% y el 0,39% a lo largo del periodo 1990-2006.

Figura 5.2.1.- Emisiones de CO₂-eq. Comparación Eds 2009 vs 2008

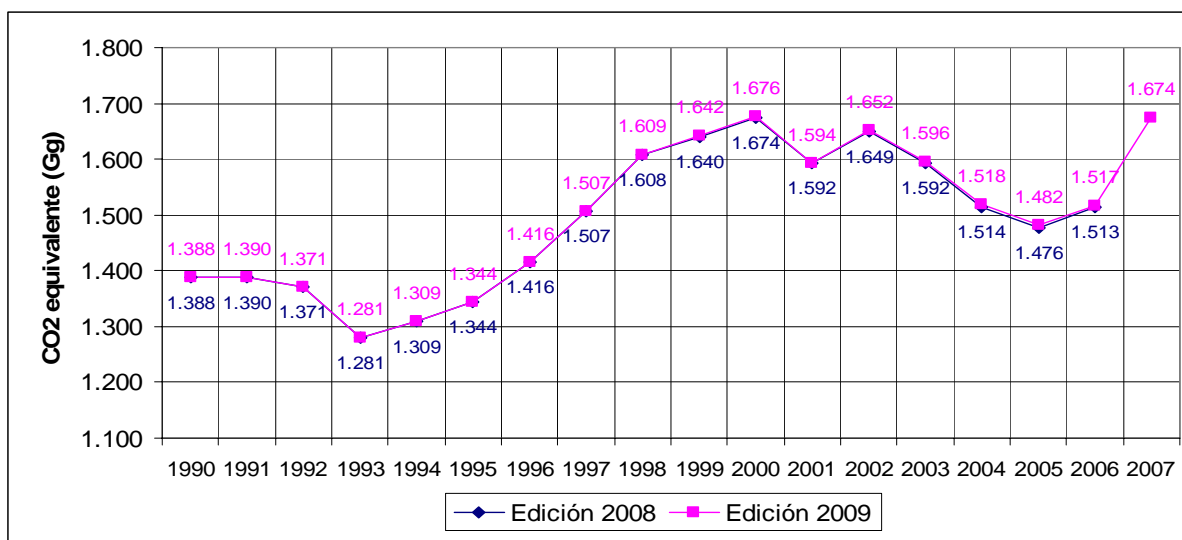
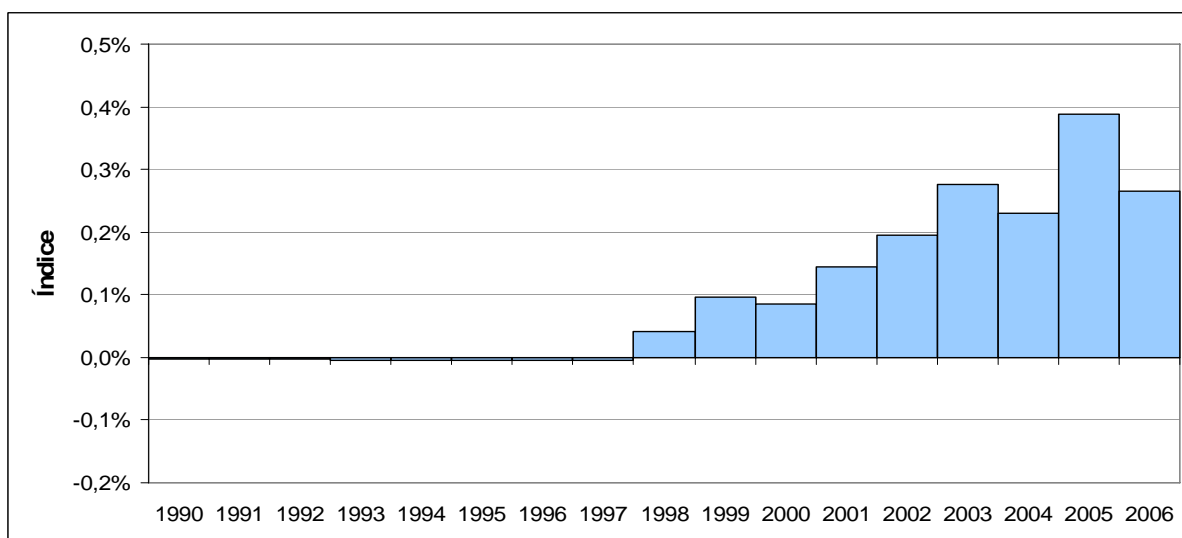


Figura 5.2.2.- Emisiones de CO₂-eq. Diferencia porcentual Eds 2009 vs 2008



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 COV de los mismos.

6.- AGRICULTURA

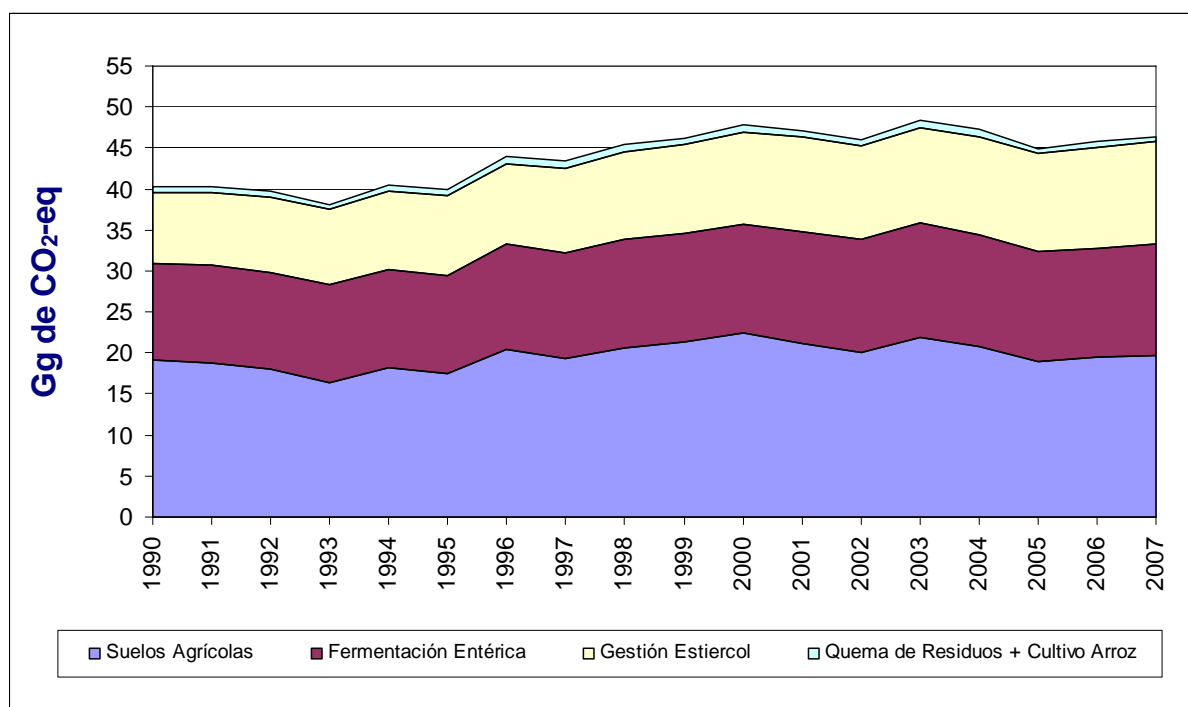
6.1.- Panorámica del sector

Las emisiones de la agricultura, cuya evolución se muestra en la tabla 6.1.1 y en la figura 6.1.1, han experimentado entre 1990 y 2007 un incremento del 15,11%, pasando de 40.330 Gg a 46.426 Gg de CO₂-eq (CO₂ equivalente).

Tabla 6.1.1.- Emisiones de CO₂ equivalente (cifras en Gigagramos)

	1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
Suelos Agrícolas	19.090	17.404	21.885	20.758	18.891	19.437	19.735
Fermentación Entérica	11.780	12.044	14.005	13.696	13.486	13.332	13.560
Gestión Estiércol	8.695	9.781	11.589	11.984	11.871	12.356	12.439
Quema de Residuos + Cultivo Arroz	765	648	845	754	630	693	693
Agricultura	40.330	39.877	48.323	47.192	44.878	45.818	46.426

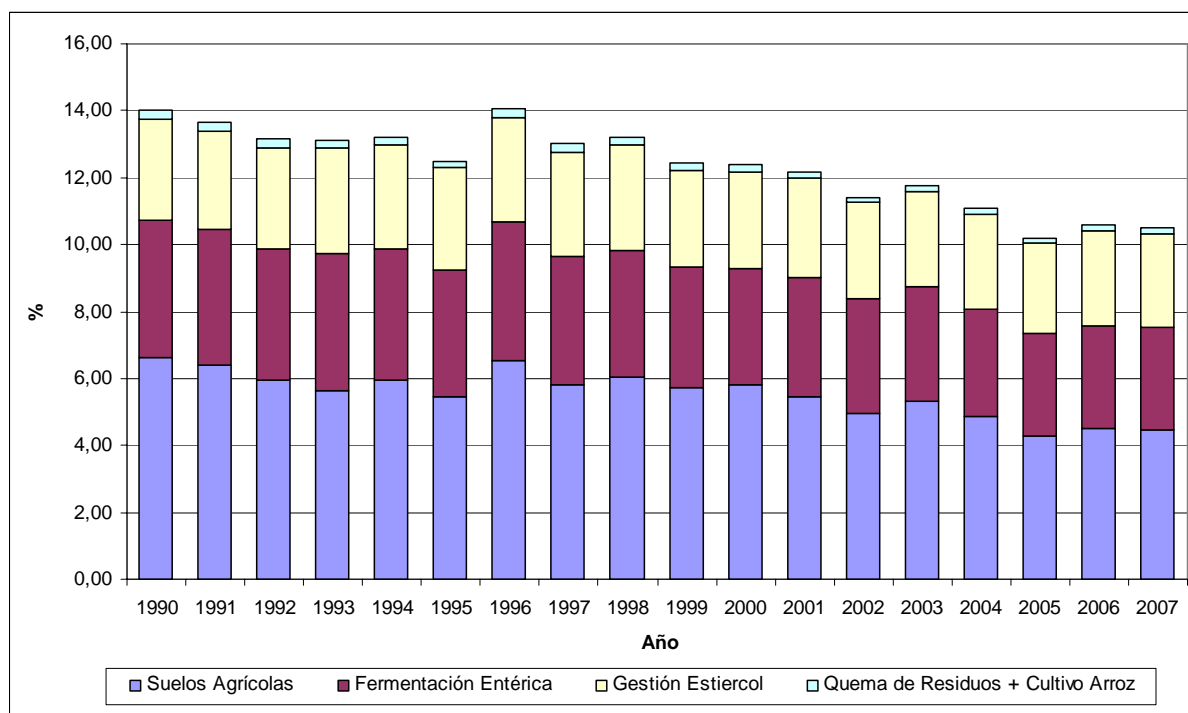
Figura 6.1.1.- Evolución de las emisiones de CO₂ equivalente



Las emisiones de la agricultura representan en el año 2007, como puede observarse en la figura 6.1.2, un 10,5% de las emisiones totales españolas de CO₂-eq, lo que supone, pese al incremento de las emisiones absolutas de esta actividad, un descenso en su

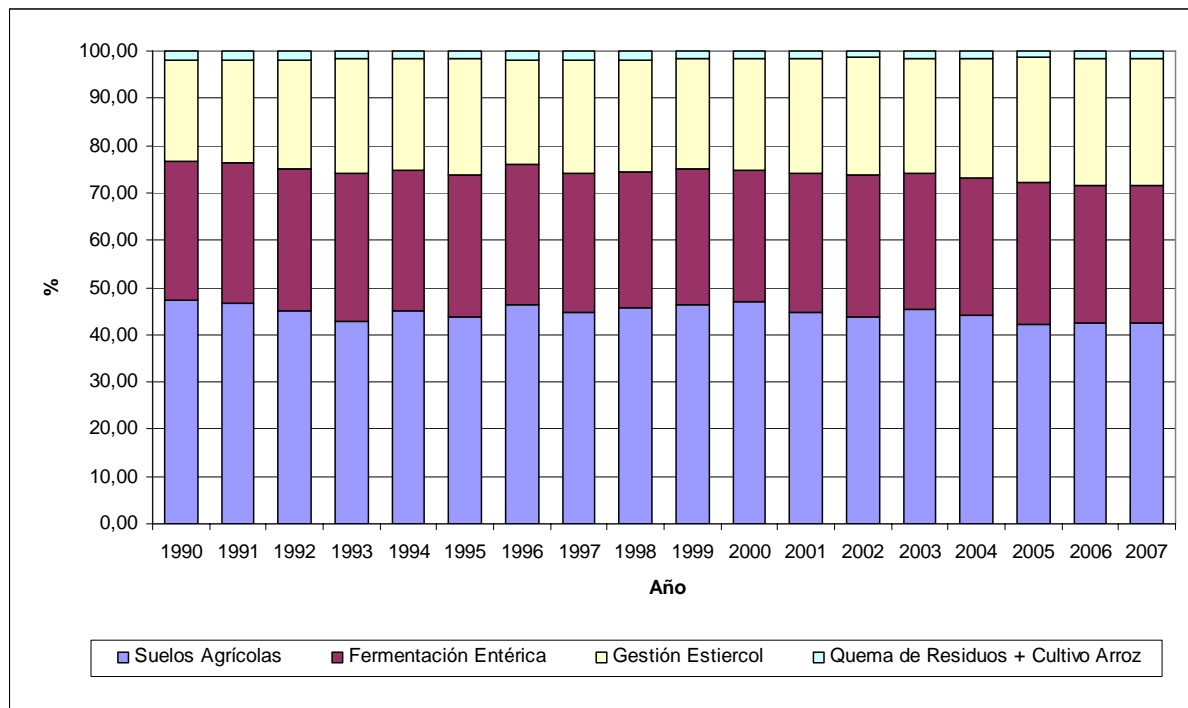
contribución al total del inventario en comparación con el año 1990 en el que representaban un 14% del total.

Figura 6.1.2.- Porcentaje de las emisiones de CO₂-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 más del 42% de las emisiones del sector, seguido por la Fermentación Entérica (29%) y la Gestión de Estiércoles (26%).

Figura 6.1.3.- Porcentaje de las emisiones de CO₂-eq por categoría respecto al total del sector



Categorías clave

En la agricultura todas las categorías clave son emisoras, no sumideros, por lo que pueden denominarse “fuentes clave”. Las categorías clave identificadas para el periodo 1990-2007, considerando la combinación de actividad con gas según se muestra en la tabla 6.1.2, ordenadas de mayor a menor contribución en el nivel a las emisiones del inventario en el año 2007, son:

- Fermentación entérica en ganado doméstico (CH₄): Fuente por nivel 1990-2007 y por tendencia 1990, 1992, 1994-2007.
- Suelos agrícolas - Emisiones directas (N₂O): Fuente por nivel 1990-2007 y por tendencia 1990-1995 y 1997-2007.
- Gestión de estiércol (CH₄): Fuente por nivel 1990-2007 y por tendencia 1990-1998.
- Suelos agrícolas - Emisiones indirectas (N₂O): Fuente por nivel 1990-2007 y por tendencia 1990-1995 y 1997-2007.
- Gestión de estiércol (N₂O): Fuente por nivel 1990-2007.
- Suelos agrícolas – Producción animal (N₂O): Fuente por nivel 1990-1992, 1995-1999 y 2007 y por tendencia 1992.

Tabla 6.1.2.- Categorías clave: Contribución al nivel y a la tendencia

Código	Descripción	GEI	CO ₂ -e	Contribución Nivel			Contribución Tendencia		
			2007	%	F.Clave	Nº orden	%	F.Clave	Nº orden
4A	Fermentación Entérica en Ganado Doméstico	CH ₄	13.560	3,07	SI	9	1,93	SI	14
4D1	Suelos Agrícolas - Emisiones Directas	N ₂ O	9.975	2,26	SI	12	2,38	SI	11
4B	Gestión de Estiércol	CH ₄	9.458	2,14	SI	15	0,01	NO	58
4D3	Suelos Agrícolas - Emisiones Indirectas	N ₂ O	7.911	1,79	SI	16	1,56	SI	15
4B	Gestión de Estiércol	N ₂ O	2.981	0,67	SI	22	0,34	NO	28
4D2	Suelos Agrícolas - Producción Animal	N ₂ O	1.620	0,37	NO	29	0,20	NO	34

Orden: Número de orden de la categoría en la relación de fuentes clave (ordenada según contribución al nivel o a la tendencia).

Explicación de la tendencia

Las emisiones debidas a la agricultura, véase tabla 6.1.1 presentan una tendencia al alza, modulada puntualmente por picos y valles, con un incremento a lo largo del periodo inventariado del 15,11%.

Esta tendencia es el resultado del aumento de las emisiones de las actividades Fermentación Entérica en la Cabaña Ganadera (4A) y Gestión de Estiércoles (4B), que están relacionadas en gran medida con la dimensión de la cabaña ganadera. Durante el periodo 1990-2007 algunas especies animales han experimentado un gran incremento del número de efectivos, destacando el vacuno no lechero y el porcino con aumentos en torno al 62%, provocando, por tanto, un aumento de las emisiones a lo largo de la serie.

Sobre esa pauta general de tendencia creciente de las emisiones, véase figura 6.1.1, se superponen una serie de picos y valles motivados principalmente por las variaciones en las emisiones de la actividad Suelos Agrícolas (4D). La fuente de estas variaciones interanuales es la aplicación de nitrógeno (N) en forma de fertilizantes sintéticos a los suelos (subapartado de la actividad 4D1, Emisiones Directas). En la tabla 6.4.2, véase pág. 6.25, pueden observarse los aportes de N a los suelos por tipo de fuente fertilizante y la importancia de los fertilizantes sintéticos, en términos de N aplicado, dentro de estas fuentes. Además, estas variaciones se ven intensificadas por la contribución de las emisiones de la actividad 4D3, Emisiones Indirectas, pues en ellas inciden los aportes de N directos de la actividad 4D1 (y también 4D2) en la que se incluyen los ya mencionados fertilizantes sintéticos.

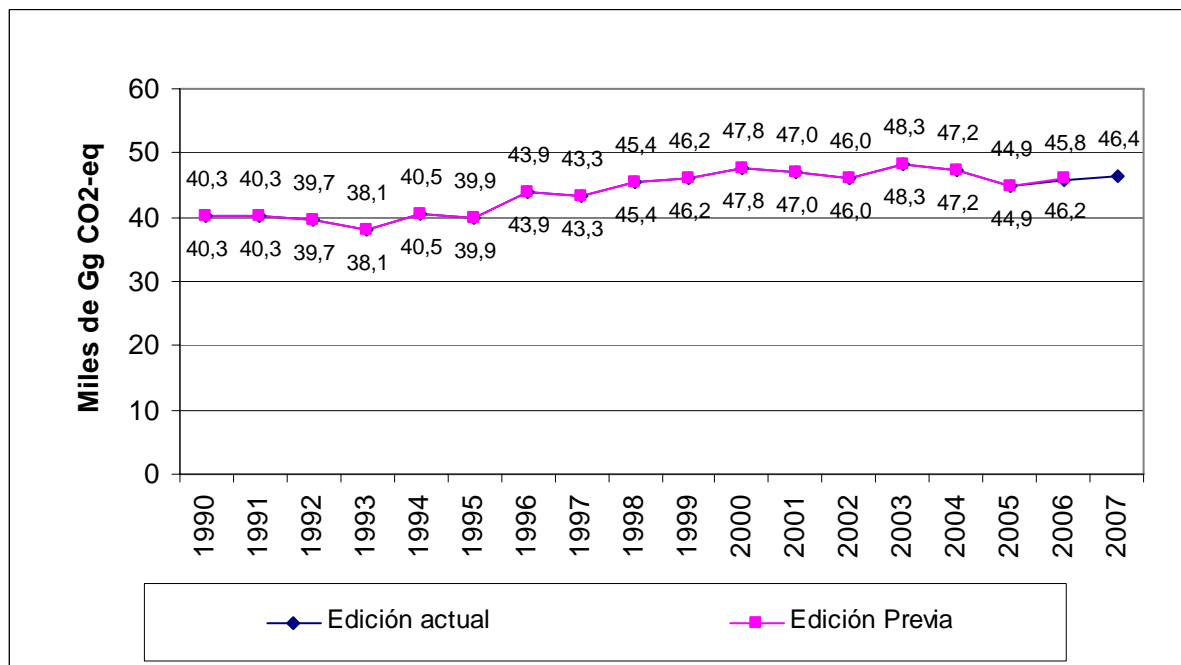
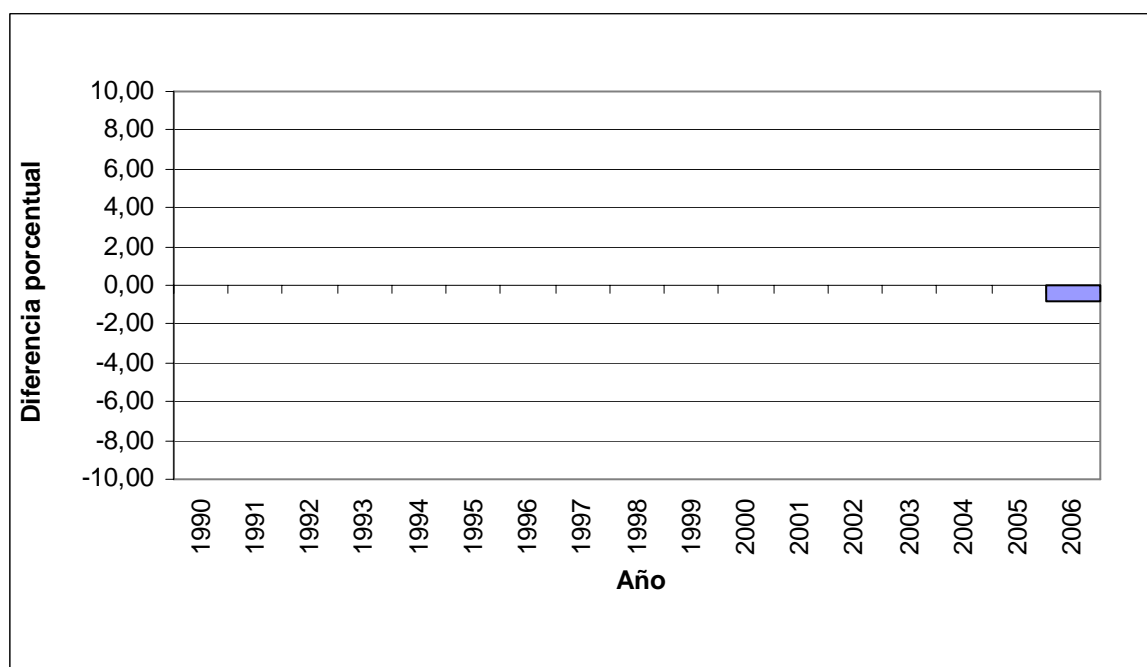
Pese a la introducción de nuevas reglamentaciones concernientes a la Quema en Campo Abierto de Residuos Agrícolas (4F) que prohíben la quema de la práctica totalidad de los cultivos, estas regulaciones no son preponderantes en las variaciones de esta actividad. El cambio experimentado en sus emisiones es debido al gran peso de la quema en el campo de los residuos de la poda del olivar y el viñedo para los cuales no hay reducción en el porcentaje de quema de sus residuos.

En respuesta a sucesivas preguntas formuladas por los equipos revisores de la Secretaría del Convenio Marco sobre Cambio Climático, y pese a su muy reducida influencia en la tendencia, se explica seguidamente la variación interanual en los factores de emisión de Fermentación Entérica (4A), para el vacuno lechero, el vacuno no lechero y el ovino; y de Gestión de Estiércoles (4B), para el vacuno lechero, el vacuno no lechero y el porcino. Estas ligeras variaciones interanuales se deben no a variaciones metodológicas sino a cambios en la composición de la cabaña ganadera de cada una de estas categorías animales consideradas por IPCC. Estas categorías IPCC están constituidas por la agrupación de varios grupos de animales del Inventario Español, cada uno de las cuales tiene asociado su propio factor de emisión estimado. En particular, el vacuno no lechero se compone de 14 grupos, el vacuno lechero de 2, el ovino de 8 y el porcino de 10. Dado que la composición según grupos de cada categoría animal de IPCC varía año a año, es decir, el porcentaje que representa cada grupo del Inventario en el total de una categoría animal de IPCC no es constante para todos los años de la serie, el factor de emisión ponderado de la categoría IPCC varía anualmente produciendo las correspondientes variaciones en el factor de emisión medio.

Nuevos cálculos

Como puede apreciarse en la figura 6.1.4 y en la figura 6.1.5 se ha producido una ligera variación en las emisiones estimadas en la presente edición del Inventario con relación a las estimadas en la edición anterior del inventario.

Las causas de esa variación son: la actualización para el año 2006, debida a la disponibilidad de nuevos datos estadísticos, del número de cabezas de porcino y aves, las superficies y producciones de los cultivos, y del uso de compost en la agricultura; así como una variación de los parámetros de quema de los residuos en campo abierto para los años 2000 y 2004-2006. Los recálculos por actividad se tratarán más adelante en sus respectivos epígrafes.

Figura 6.1.4.- Emisiones de CO₂-eq. Comparación eds. 2009 vs 2008**Figura 6.1.5.- Emisiones de CO₂-eq. diferencia porcentual eds. 2009 vs 2008**

6.2.- Fermentación Entérica en Ganado Doméstico - CH₄ (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.

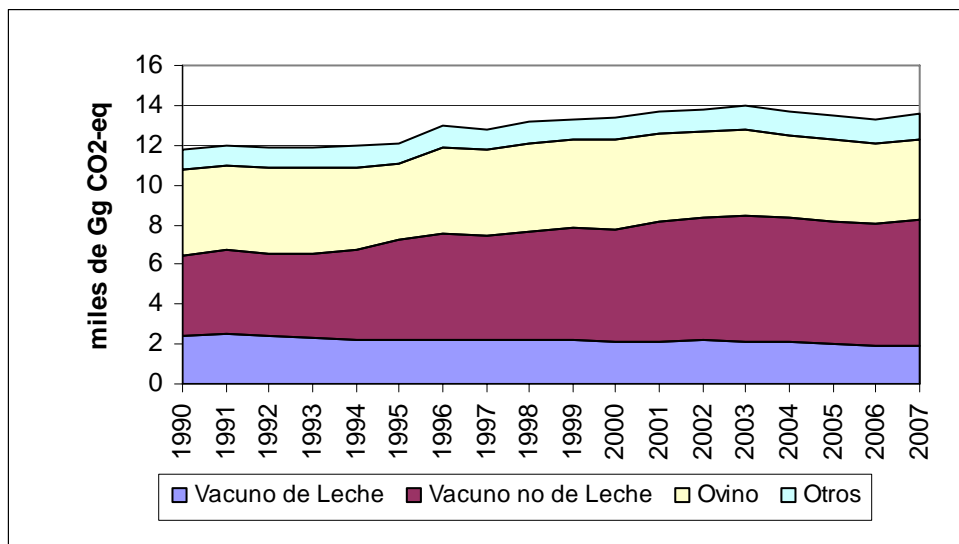
El tipo de aparato digestivo tiene una influencia determinante en los niveles de emisión de metano. Los rumiantes son las especies con mayores tasas de emisión a causa del tipo de fermentación generadora de metano que tiene lugar en su rumen. En España las principales especies rumiantes incluyen: vacuno, ovino y caprino. Las tasas de emisión de metano son mucho menores en los pseudo-rumiantes (caballos, mulas, asnos) y en los animales monogástricos (porcino).

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 en la figura 6.2.1, aumentan un 15,11%, pasando de las 11.780 Gg de CO₂-eq de 1990 a las 13.560 Gg de CO₂-eq en el año 2007. El principal responsable de esta subida es el vacuno no lechero con un aumento de 112,21 Gg de CH₄ (2.356 Gg de CO₂-eq) lo que representa un 58,50% de subida. El porcino también experimenta un importante incremento del 62,03%, pero dado su reducido peso en las emisiones esto sólo supone un aumento de 320,33 Gg de CO₂-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 registran una reducción de sus emisiones del 21,07% y 22,74% 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 CO₂-eq.

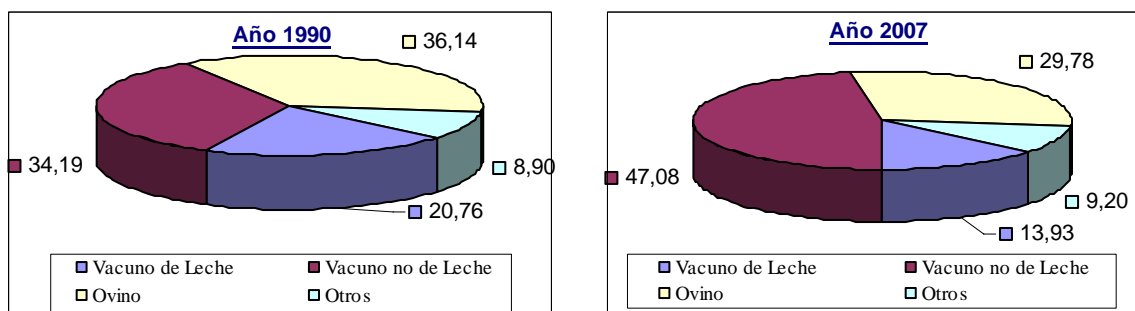
Tabla 6.2.1.- Emisiones de CO₂ equivalente (Cifras en Gigagramos)

	1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
Vacuno de Leche	2.446	2.201	2.121	2.068	2.028	1.936	1.889
Vacuno no de Leche	4.028	5.062	6.380	6.310	6.162	6.102	6.384
Ovino	4.258	3.782	4.321	4.119	4.089	4.060	4.038
Otros	1.049	999	1.184	1.200	1.207	1.234	1.248
Total	11.780	12.044	14.005	13.696	13.486	13.332	13.560

Figura 6.2.1.- Emisiones de CO₂ equivalente

En la figura 6.2.2 se muestra la contribución relativa a las emisiones de cada una de las actividades que componen la categoría 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 CH₄ en esta categoría son, en el año 2007, el vacuno no lechero con un 47,08% de las emisiones, seguido por el ganado ovino con el 29,78% y el vacuno lechero con el 13,93% de las emisiones. El resto de animales, en su conjunto, no llegan a representar, en ninguno de dichos años un 10% de las emisiones.

Se aprecia el gran aumento de la importancia de las emisiones de vacuno no lechero pasando del 34% al 47%, motivado por el aumento del número de individuos 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 metodológicos¹

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 adoptado el criterio expuesto en la figura 4.2 (Guía de Buenas Prácticas 2000 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 los “Boletines Mensuales de Estadística Agraria” (ambos publicados por el Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino, MARM).

Los documentos del MARM 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 MARM. 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 (granja = total – 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 1990-2007 se registra un aumento significativo del vacuno no lechero (61,67%), así como del porcino (62,03%), mientras tanto el vacuno lechero como el caprino experimentan un retroceso en el número de animales (42,95% y 21,07% 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 1999-2007, por lo que

¹ 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 MARM (ver Anexo I) y por “razas” las distintas subespecies animales (frisona, pirenaica, morucha, etc.)

conviene advertir que el salto del 1998 al 1999 y en general las tasas de variación interanuales no son representativas.

Tabla 6.2.2.- Número de animales

Animal	1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
Vacuno No Lechero	3.468.803	4.356.381	5.537.064	5.531.611	5.398.028	5.350.773	5.607.848
Caballar	247.778	247.778	238.096	238.096	238.096	238.096	238.096
Caprino	3.663.314	2.522.528	3.162.054	2.833.223	2.904.691	2.956.730	2.891.574
Porcino	16.393.253	18.617.153	23.640.109	25.231.662	25.243.572	25.902.349	26.562.566
Avícola	127.223.665	150.697.478	161.342.380	172.608.261	172.997.729	166.635.320	165.747.838
Otros Avícola	14.024.101	17.205.721	19.770.207	21.243.425	20.620.392	19.158.403	24.281.503
Mulas y Asnos	256.743	256.743	82.416	82.416	82.416	82.416	82.416
Ovino	23.821.736	21.039.236	23.497.712	22.757.435	22.749.471	22.474.031	22.194.257
Vacuno Lechero	1.610.541	1.278.120	1.114.787	1.069.173	1.028.249	963.041	918.840

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 procedimientos 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 de Buenas Prácticas 2000 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 (Junio 2006)².

² UPV (Junio 2006). "Metodología para la estimación de las emisiones a la atmósfera del sector agrario para el inventario nacional de emisiones" 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 con desagregación entre lecheras frisonas y resto del vacuno lechero, y 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 (Junio 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 (Junio 2006) pueden encontrarse, en la tabla 14, 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 (Junio 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 de Buenas Prácticas 2000 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, 2004³; Sinerio, 2003⁴), 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, 1,96%, entre los valores correspondientes a 1990 y a 2007, cuyas cifras respectivas son de 55,29 a 54,21 kg CH_4 / 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 97,92 kg CH_4 / cabeza y año, lo que supone un incremento del 35,42%. Este aumento se debe principalmente al aumento de la energía de lactación por cabeza, al que contribuyen simultáneamente el crecimiento de la producción de leche en España y el descenso del número de cabezas 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

³ CALCEDO, V. (2004) “Cuotas lácteas y cambio estructural en España”. *Mundo Ganadero*, Jun 2004, vol. XV (167), p. 18-20.

⁴ SINEIRO, F. (2003) “La ganadería de vacuno de leche ante la reforma intermedia de la PAC”, en *Libro blanco de la agricultura y el desarrollo cultural*. Jornada temática sobre la agricultura española en el marco de la PAC, Madrid, 6-7 febrero 2003.

MAPA (2000)⁵, y de los porcentajes de presencia de cada una de ellas por provincia, véase tabla 14 del documento MAPA (2000). 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 (Junio 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 de Buenas Prácticas 2000 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 de Buenas Prácticas 2000 IPCC. También se usan los valores por defecto que figuran en la tabla 4.6 de la Guía de Buenas Prácticas 2000 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 (Junio 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 de Buenas Prácticas 2000 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%” de la tabla 4.9 antes citada.

6.2.3.- Incertidumbre y coherencia temporal

La incertidumbre de la variable de actividad se cifra en un 3%. En el documento “Encuestas ganaderas 2004” del MAPA⁶ 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

⁵ MAPA (2000). *Estimación de emisiones de gases de efecto invernadero, agricultura año 2000*, informe inédito, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2002.

⁶ Este documento está disponible digitalmente en:
<http://www.mapa.es/estadistica/pags/encuestaganadera/2004-encuesta.pdf>

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 las Guías IPCC no dan 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.- Control 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.

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 (véase para una exposición sobre este punto el Anejo 3 “Pesos razas bovino” del documento UPV (Junio 2006)).

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 Confederación de Asociaciones de Frisona de España (CONAFE) 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 no fue necesario tomar medias ni dar un criterio de autoridad que ordenara la calidad de las publicaciones (véase tabla 14 de la sección 3.3.3.2 del documento UPV (Junio 2006)).

6.2.5.- Realización de nuevos cálculos

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. Las diferencias existentes entre ambas ediciones son motivadas por la actualización de los datos de producción lechera del ganado vacuno para los años 2005 y 2006; y a la actualización del número de cabezas de ganado porcino en el año 2006, debida a la nueva información disponible.

Figura 6.2.3.- Emisiones de CO₂-eq. comparación eds. 2009 vs 2008

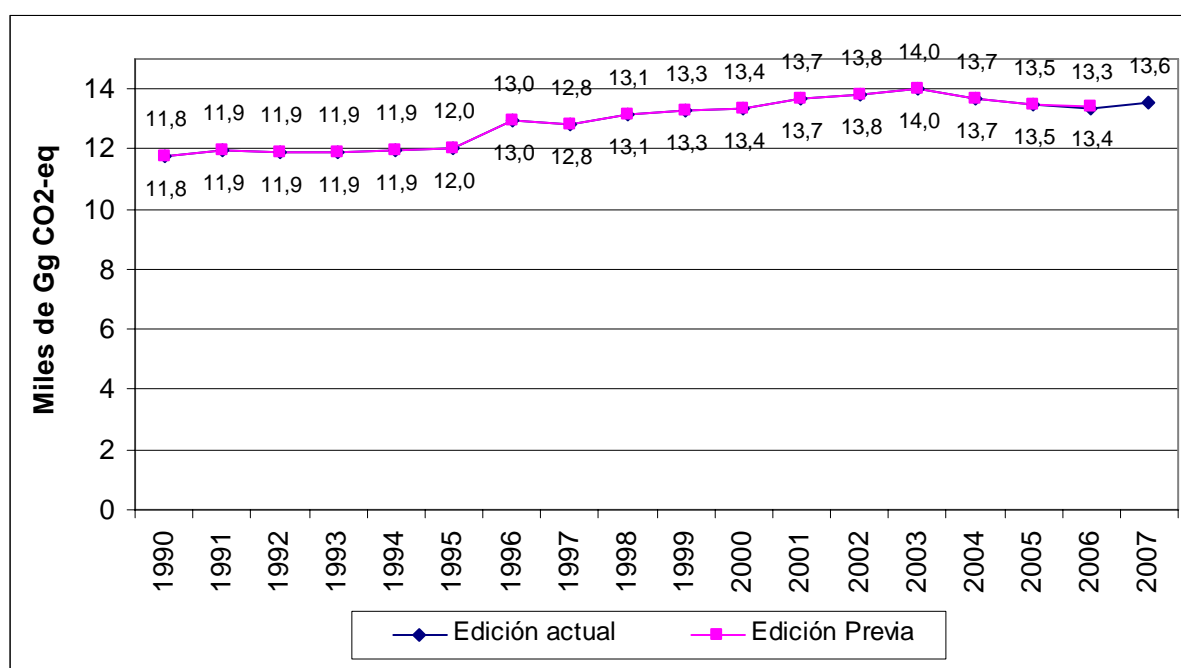
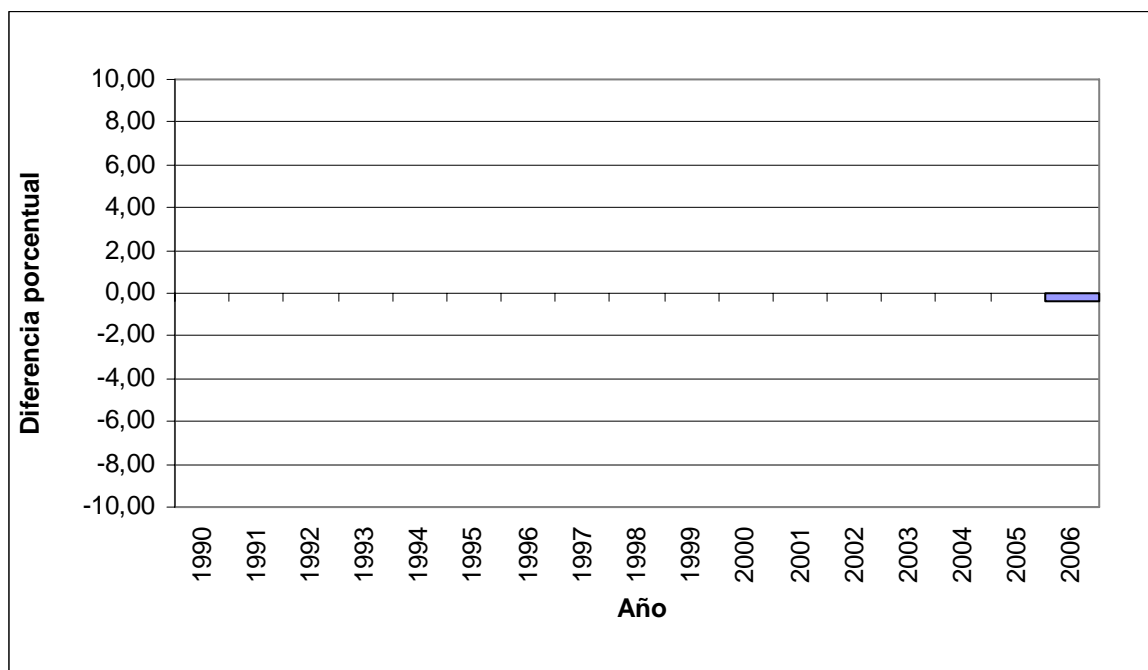


Figura 6.2.4.- Emisiones de CO₂-eq. diferencia porcentual eds. 2009 vs 2008

6.2.6.- Plan de mejoras

Se está realizando una revisión global de la metodología y de la obtención de los parámetros básicos a través del Grupo de Trabajo sobre Ganadería para el Inventario Nacional de Emisiones a la Atmósfera (GT INV-GAN) del Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino con la colaboración de expertos en la materia. 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 - CH₄ (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 en aquel medio 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

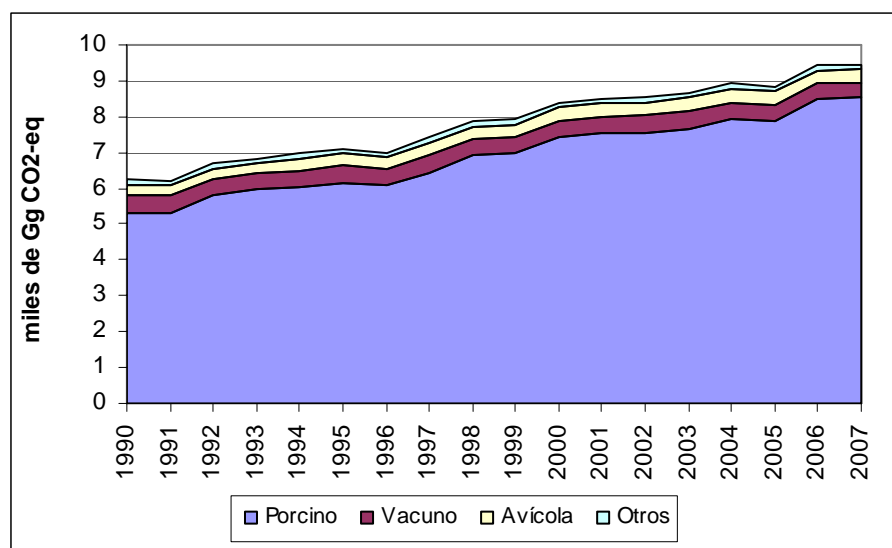
cuando es depositado sobre los pastizales tiende a descomponerse aeróbicamente y la producción de metano es, en este caso, pequeña o casi nula.

Las emisiones de metano procedentes de la gestión de estiércoles, cuya evolución se muestra en la tabla 6.3.1 y en la figura 6.3.1, han experimentado entre 1990 y 2007 un aumento del 51,79%, pasando de 6.231 a 9.458 Gg de CO₂-eq. Las emisiones de esta actividad están dominadas por las del ganado porcino que experimentan entre dicho años un aumento del 59,90% y constituyen así el factor principal en el incremento de las emisiones globales de esta categoría. Las aves y el vacuno no lechero experimentan también subidas en sus emisiones siendo éstas del 57,49% para el vacuno no lechero, 27,25% para el avícola-gallinas y de un 68,25% para las otras aves, pero, debido a su reducida ponderación en la actividad, sus incrementos absolutos resultan ser de 50, 71 y 20 Gg de CO₂-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 CO₂ equivalente (cifras en Gigagramos)

	1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
Porcino	5.329	6.166	7.679	7.937	7.899	8.478	8.521
Vacuno (lechero y no lechero)	473	460	475	461	445	435	433
Avícola y Otros Avícola	288	348	375	393	376	372	379
Otros	140	126	136	129	126	128	125
Total	6.231	7.100	8.666	8.921	8.846	9.413	9.458

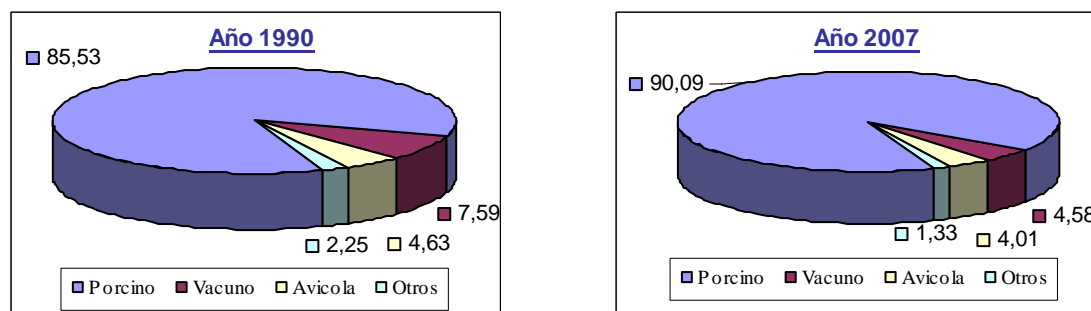
Figura 6.3.1.- Emisiones de CO₂ equivalente



En la figura 6.3.2 puede observarse que el porcino (4B8) resulta dominante sobre el conjunto de fuentes de esta categoría, alcanzando en 1990 y 2007 respectivamente el 85,53% y el 90,09% de las emisiones. De las restantes especies animales cabe destacar el vacuno (tanto lechero como no lechero) con el 7,59% en el 1990 y el 4,58% en el 2007, y

aves (gallinas y pollos) con el 4,63% en 1990 y el 4,01% en 2007, quedando un componente “otros” ya muy minoritario.

Figura 6.3.2.- Distribución de las emisiones del grupo 4B (CH₄)



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 porcino) 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 CH₄ procedentes de la gestión de estiércoles” de la Guía de Buenas Prácticas 2000 IPCC. Dada la posibilidad de poder asignar valores nacionales a los parámetros MCF (factor de conversión a metano), B₀ (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 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 en 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 categoría 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 categoría se han seguido las especificaciones de la Guía de Buenas Prácticas 2000 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, según se comenta más adelante.

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 VS a razón 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.- Sólidos volátiles 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 de 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 (Junio 2006).

Las funciones de MCF y FE para animales nivel 1 que presenta IPCC son escalonadas y dado los problemas que ello 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 de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET).

6.3.3.- Incertidumbre y coherencia temporal

La incertidumbre de la variable de actividad (número de cabezas) se cifra 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 territorio nacional y provenir la información directamente de una publicación anual, con una dilatada trayectoria, elaborada por el ministerio sectorial competente, MARM (véase epígrafe 6.2.2, Variables de actividad).

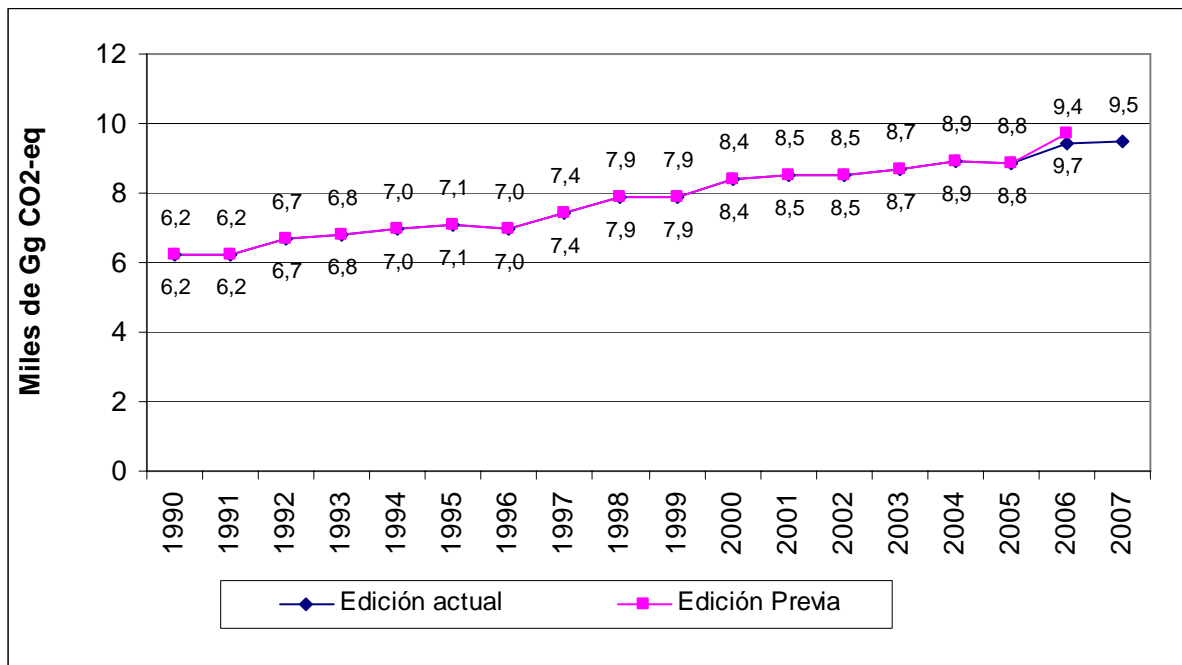
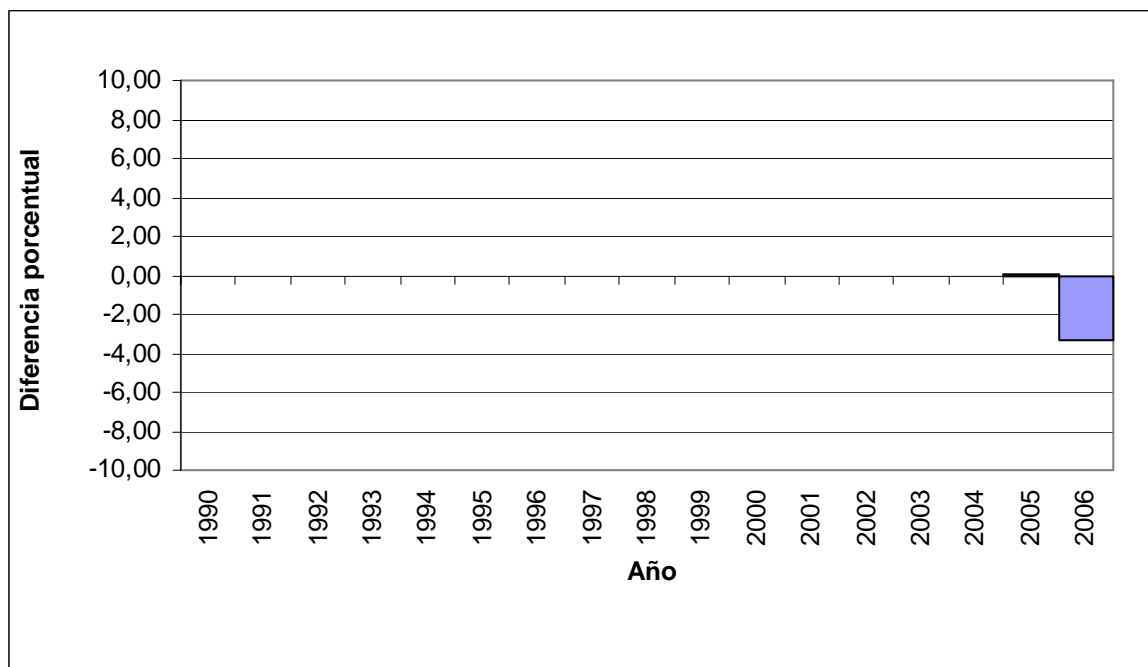
6.3.4.- Control de calidad y verificación

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 categoría 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 categoría.

6.3.5.- Realización de nuevos cálculos

En las figuras 6.3.3 y 6.3.4 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. Las diferencias existentes entre ambas ediciones han sido motivadas por: la actualización de los datos de producción lechera del ganado vacuno para los años 2005 y 2006 que conlleva un cambio en el FE de metano para dichos años; y a la actualización del número de cabezas de ganado porcino y aves en el año 2006, debida a la nueva información disponible.

Figura 6.3.3.- Emisiones de CO₂-eq. comparación eds. 2009 vs 2008**Figura 6.3.4.- Emisiones de CO₂-eq. diferencia porcentual eds. 2009 vs 2008**

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 - N₂O (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 categorías 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 N₂O 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 (NH₄⁺) a ión nitrato (NO₃⁻), y la desnitrificación en la reducción microbiana-anaerobia del ión nitrato (NO₃⁻) a nitrógeno molecular (N₂), generándose en ambos procesos emisiones de óxido nitroso (N₂O) como gas intermedio.

En la mayoría de los casos las emisiones de N₂O 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.

Adicionalmente, las emisiones de N₂O de los suelos pueden activarse por el cultivo de suelos orgánicos (histosoles) con gran contenido de nitrógeno; aunque esta vía de inserción de N en el suelo no se da en España al no existir, según información facilitada por el MARM, cultivos agrícolas en suelos de este tipo.

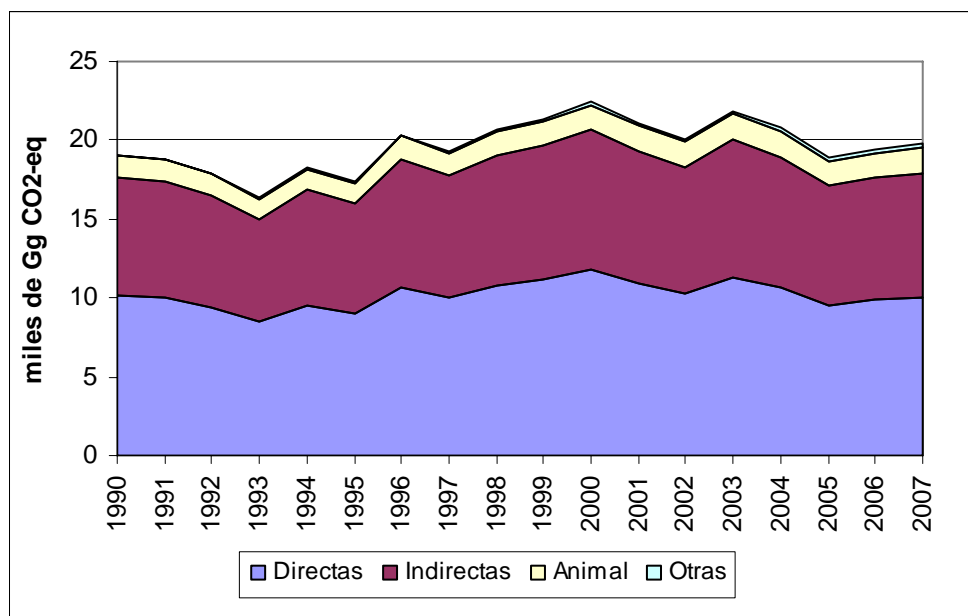
Las emisiones indirectas de N₂O atribuibles al nitrógeno utilizado en la agricultura se estiman, de acuerdo con la metodología del Manual Referencia 1996 IPCC, Capítulo 4, Sección 5.4, por las rutas siguientes:

- 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.

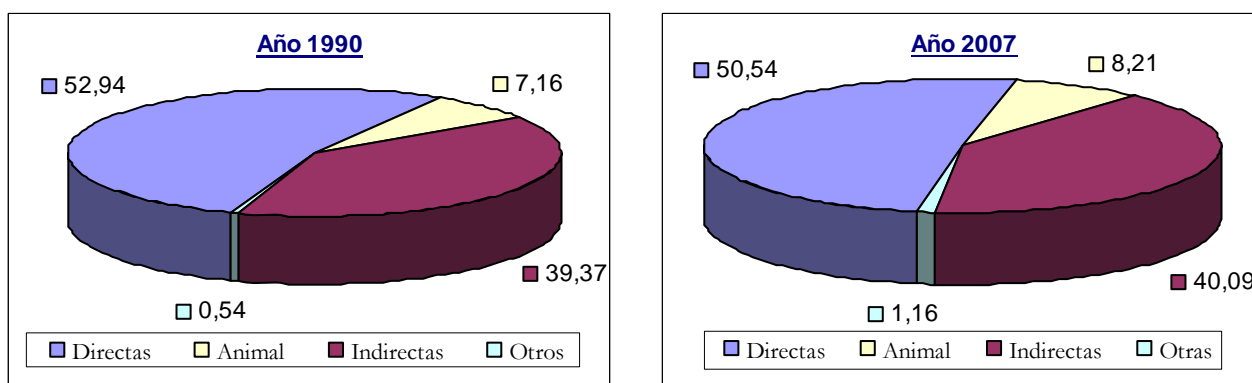
Las emisiones de óxido nitroso globales de los suelos agrícolas, cuya evolución se muestra en la tabla 6.4.1 y en la figura 6.4.1, han experimentado entre 1990 y 2007 un aumento del 3,38%, pasando de 19.090 a 19.735 Gg de CO_2 -eq. Las emisiones directas (4D1) disminuyen un 1,30% (131 Gg de CO_2 -eq), mientras que las emisiones indirectas se incrementan en un 5,26% (395 Gg de CO_2 -eq), debido al aumento de la carga de N en el abonado orgánico y el pastoreo. Dentro de las emisiones directas sólo las provenientes de los fertilizantes orgánicos registran un aumento valorado en el 25,73% debido al crecimiento de la cabaña ganadera. Este aumento es similar, en porcentaje, al producido en los residuos de los cultivos, 20,75% (118 Gg de CO_2 -eq), debido al descenso de la quema en campo abierto y al aumento de la producción del olivar y el viñedo. Por su parte, el resto de las emisiones directas, fertilizantes minerales y la fijación biológica, muestran descensos del 11,50% y 7,83% 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. Si bien se registra una disminución del nitrógeno mineral aportado, al tiempo que se produce un aumento del aporte orgánico y de pastoreo, el efecto combinado de estas tres aportaciones provoca que las emisiones aumenten un 17,28% para la deposición atmosférica y un 3,60% para la lixiviación y escorrentía. Las emisiones debidas a la producción animal (pastoreo) aumentan un 18,56% (254 Gg de CO_2 -eq) debido al aumento de la cabaña ganadera. Las emisiones de lodos y compost experimentan un aumento del 244,77% y 6,49% 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, para los que la agricultura es un destino relevante) y en el caso del compost, debido al crecimiento de la actividad en sí misma.

Tabla 6.4.1.- Emisiones de CO_2 equivalente (Cifras en Gigagramos)

	1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
Directas	10.106	8.979	11.300	10.707	9.522	9.885	9.975
Fertilizantes Sintéticos	6.146	5.203	6.771	6.016	5.156	5.364	5.439
Fertilizantes Orgánicos	2.155	2.313	2.584	2.695	2.680	2.695	2.709
Fijación Biológica	1.237	1.077	1.187	1.144	1.125	1.140	1.140
Residuos de Cultivos	569	387	759	852	561	687	687
Producción Animal	1.366	1.373	1.676	1.604	1.583	1.560	1.620
Indirectas	7.515	6.956	8.709	8.236	7.580	7.774	7.911
Deposición Atmosférica	912	861	1.102	1.075	1.008	1.047	1.069
Lixiviación y Escorrentía	6.604	6.095	7.607	7.162	6.572	6.727	6.842
Otras	102	96	200	211	206	218	229
Compost	52	24	37	50	53	50	55
Lodos	51	71	163	161	152	168	174
Total	19.090	17.404	21.885	20.758	18.891	19.437	19.735

Figura 6.4.1.- Emisiones de CO₂ 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 otra actividad que recoge las emisiones de lodos y compost. Tanto en 1990 como en 2007 la principal fuente emisora dentro del 4D es el 4D1 (Directas) supone el 52,94% y el 50,54% respectivamente. Le sigue en importancia el 4D3 (Indirectas) con el 39,37% en 1990 y el 40,09% en el año 2007. El 4D2 (Pastoreo) pasa del 7,16% en el 1990 a un 8,21% en el 2007, mientras el 4D4 (Otras) sufre un incremento pasando del 0,54% de 1990 al 1,16% en el 2007.

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 de Buenas Prácticas 2000 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 de Buenas Prácticas 2000 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 de Buenas Prácticas 2000 IPCC.

Para la variable total del nitrógeno 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 MARM.

Producciones agrícolas: Se obtienen por 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 MARM.

Compost y lodos: Las toneladas usadas en agricultura de lodos de depuradora se obtienen, para los años 1990, 1991 y 1992, por interpolación de los correspondientes a 1989 y 1993 respectivamente de la información que sobre lodos de depuradora elaboró el antiguo MOPT en la publicación “Medio Ambiente en España, 1991” (en lo referente al año 1991) y en el “Estudio sobre tratamiento y eliminación final de los fangos de depuradoras de aguas residuales urbanas”, realizado por la consultora CADIC, S.A. para la Dirección General de Calidad de las Aguas del MOPTMA, (en lo referente al año 1993). Para el periodo 1997-2007 los datos provienen del “Registro Nacional de Lodos” elaborado por el MARM, y la serie 1994-1996 se ha obtenido mediante interpolación de los correspondientes a 1993 y 1997. 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, y Medio Rural y Marino (MARM).

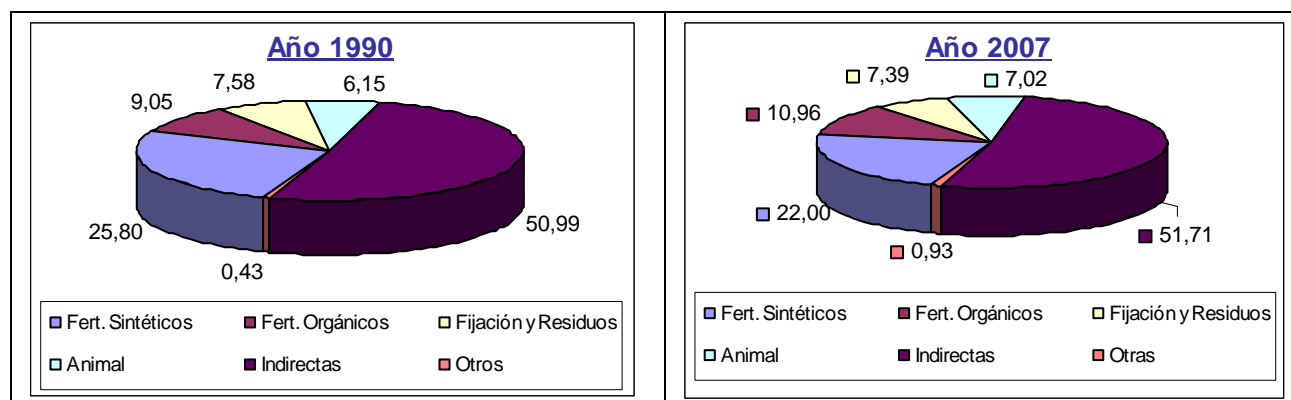
Los datos de superficies y rendimientos (y por tanto producciones) agrícolas se introducen en la base de datos a nivel de cultivo para cada año y provincia. Para la realización del inventario se consideran 104 tipos diferentes de cultivos, algunos de ellos formados por agrupaciones de varios cultivos del mismo tipo. Se usa esta desagregación por cultivo dado que el valor de determinados parámetros utilizados en el algoritmo de cálculo es específico del cultivo.

Tabla 6.4.2.- Aportes de N al suelo (t N)

	1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
Directas	1.660	1.475	1.856	1.758	1.564	1.623	1.638
Fert. Sintéticos	1.009	854	1.112	988	847	881	893
Fert. Orgánicos	354	380	424	443	440	443	445
Fijación Biológica	203	177	195	188	185	187	187
Residuos de Cultivos	93	64	125	140	92	113	113
Producción animal	240	242	295	282	279	275	285
Indirectas	1.995	1.845	2.316	2.189	2.013	2.063	2.100
Deposición Atmosférica	187	177	226	221	207	215	219
Lixiviación y Escorrentía	1.807	1.668	2.090	1.968	1.806	1.849	1.880
Otras	17	16	33	35	34	36	38
Compost	8	4	6	8	9	8	9
Lodos	8	12	27	26	25	28	29
Total	3.911	3.577	4.500	4.264	3.889	3.997	4.060

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 las ponderaciones relativas de los diversos orígenes. Como puede observarse la contribución principal corresponde a los fertilizantes sintéticos, esta contribución presenta variaciones en ambos sentidos a lo largo de la serie, siendo el valor en 2007 muy cercano al del año 1990. 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 2007 aumentos respectivos del 25,73% y del 18,56% debido al aumento del número de cabezas de la cabaña ganadera y consecuentemente de su excreta. Otro aporte importante es la fijación biológica que registra un descenso del 7,83% entre el 1990 y el 2007; mientras los residuos de cultivos sufren un importante aumento (20,75%). Los lodos experimentan un fuerte aumento (244,77%), mientras el compost apenas se incrementa en un 6,49%, pero, peso a ello, el conjunto de ambos sigue representando menos del 1% del total de los aportes de nitrógeno a la agricultura.

Las emisiones indirectas dependen de los aportes de nitrógeno y de la volatilización de NH_3 y 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 anteriormente para la estimación de las emisiones de este grupo se ha seguido esencialmente la metodología de la Guía de Buenas Prácticas 2000 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 los 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 término 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 (2000)⁷. Para los cultivos fijadores de nitrógeno se usa la ecuación 4.26, enfoque de nivel 1b, de la Guía de Buenas Prácticas 2000 IPCC. Para los parámetros ($\text{Res}_{\text{BF}}/\text{Crop}_{\text{BF}}$, Frac_{DM} , y $\text{Frac}_{\text{NCRBF}}$)⁸ 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 de Buenas Prácticas 2000 IPCC, asumiendo un valor de cero para los parámetros $\text{Frac}_{\text{FUEL-CR}}$, $\text{Frac}_{\text{CNST-CR}}$ y Frac_{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 $\text{Res}_{\text{O}}/\text{Crop}_{\text{O}}$, Frac_{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 de Buenas Prácticas 2000 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 NH_3 y NO_x , por tanto los valores de estos parámetros se obtienen directamente.

Para la lixiviación y escurrentía se usa la ecuación 4.36 de la Guía de Buenas Prácticas 2000 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). Para el contenido de nitrógeno del compost se ha tomado el valor del 1,3% basado en el “Manual del código de buenas prácticas agrarias” de la Generalitat de Catalunya (2000).

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 de Buenas Prácticas 2000 IPCC.

⁷ 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.

⁸ $\text{Res}_{\text{BF}}/\text{Crop}_{\text{BF}}$, tasa residuo cultivo; Frac_{DM} , fracción de materia seca; y $\text{Frac}_{\text{NCRBF}}$, fracción de N en la planta.

6.4.3.- Incertidumbre y coherencia temporal

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 la fracción quemada, estimándose globalmente una incertidumbre del 40%. La variable de actividad de la deposición atmosférica es el N volatilizado como NH_3 y NO_x , y su incertidumbre viene determinada por la metodología EMEP/CORINAIR usada en el cálculo de las emisiones de NH_3 y 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 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 de los suelos, los lodos y el compost la incertidumbre se cifra en un 400%, tomando como referencia el epígrafe 4.7.1.6 de la Guía de Buenas Prácticas 2000 IPCC, donde se indica un coeficiente de 5 para el rango de la incertidumbre. 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 1990-2007.

6.4.4.- Control 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 de revisión 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 su introducción 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, los Anuarios del MARM y la

Asociación Nacional de Fabricantes de Fertilizantes (ANFFE); finalmente se optó por tomar el dato del INE.

6.4.5.- Realización de nuevos cálculos

No ha habido variación en los factores de emisión usados que siguen siendo los dados por defecto por la Guía de Buenas Prácticas 2000 IPCC, por tanto toda la variación se debe a los aportes de N a los suelos.

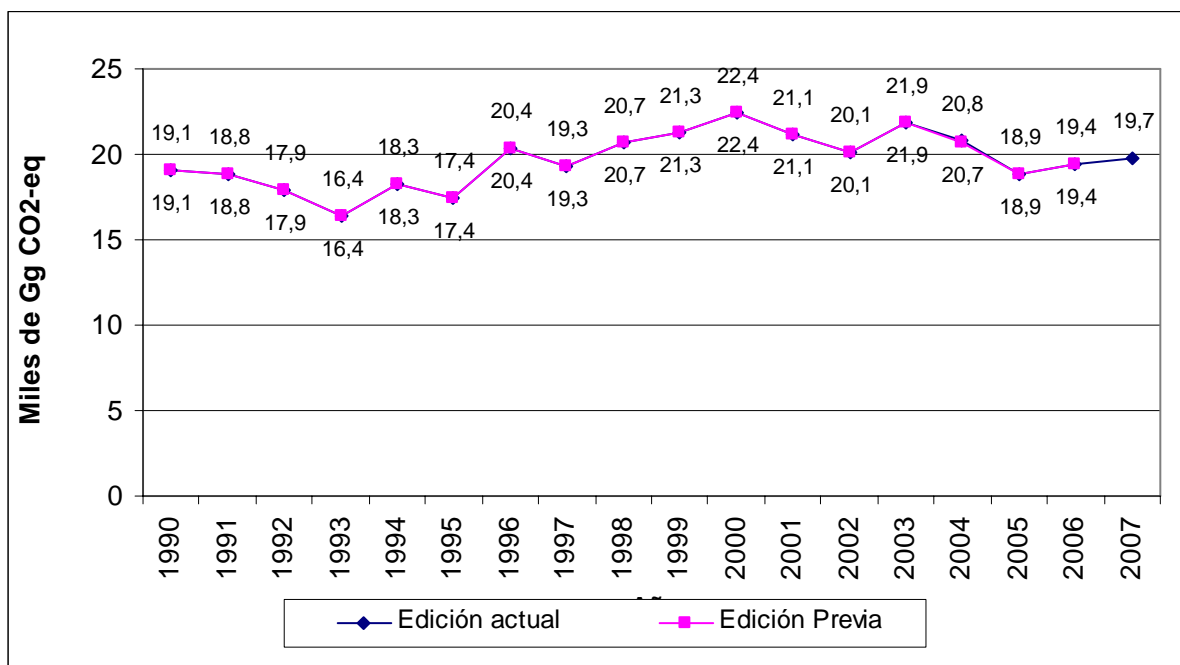
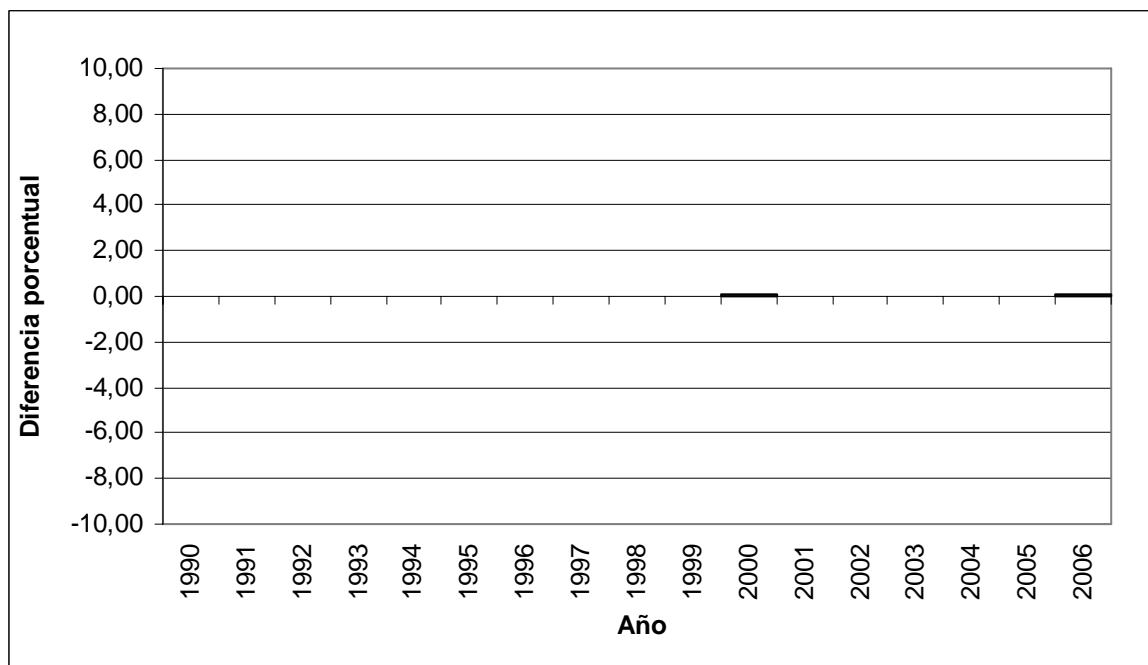
Solo se han aplicado cuatro recálculos dentro de los aportes de nitrógeno a los suelos. Estos cambios son menores y no suponen una gran variación en las emisiones de esta actividad (la variación más acusada no llega al 0,1%).

El primer recálculo se debe a la variación del número de cabezas de ganado porcino y aves en el año 2006. Esta variación conlleva una modificación en el nitrógeno excretado y, por tanto, de los valores de nitrógeno aplicados en las actividades "Fert. Orgánicos" y "Producción Animal".

La segunda fuente de variación es debida a la modificación del parámetro de quema de residuos en campo abierto. Esta variación conlleva la desaparición de la quema de cereales desde el año 2004, así como algunos cambios de porcentaje de quema de varios cultivos para el año 2000. Esto provoca una ligera variación de las emisiones de residuos de cultivos para los años 2000 y 2004-2006.

La tercera variación se ha producido por la corrección de un error en la superficie cultivada de arroz para el año 2004. Esta variación implica un cambio en la volatilización de NH_3 y, por tanto, de la disponibilidad de N mineral en los suelos.

Finalmente, las emisiones de compost han sufrido una revisión para el año 2006, debido a nueva información disponible en la variable de actividad.

Figura 6.4.4.- Emisiones de CO₂-eq. comparación eds. 2009 vs 2008**Figura 6.4.5.- Emisiones de CO₂-eq. diferencia porcentual eds. 2009 vs 2008**

6.4.6.- Plan de mejoras

Se está realizando una revisión global de la metodología y de la obtención de los parámetros básicos a través del Grupo de Trabajo sobre Agricultura para el Inventario Nacional de Emisiones a la Atmósfera (GT INV-AG) del Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino con la colaboración de expertos en la materia. Los resultados de esos estudios podrán, una vez hayan sido contrastados, ser incorporados a la información de base de este sector del inventario.

6.5.- Gestión de Estiércoles - N₂O (4B)

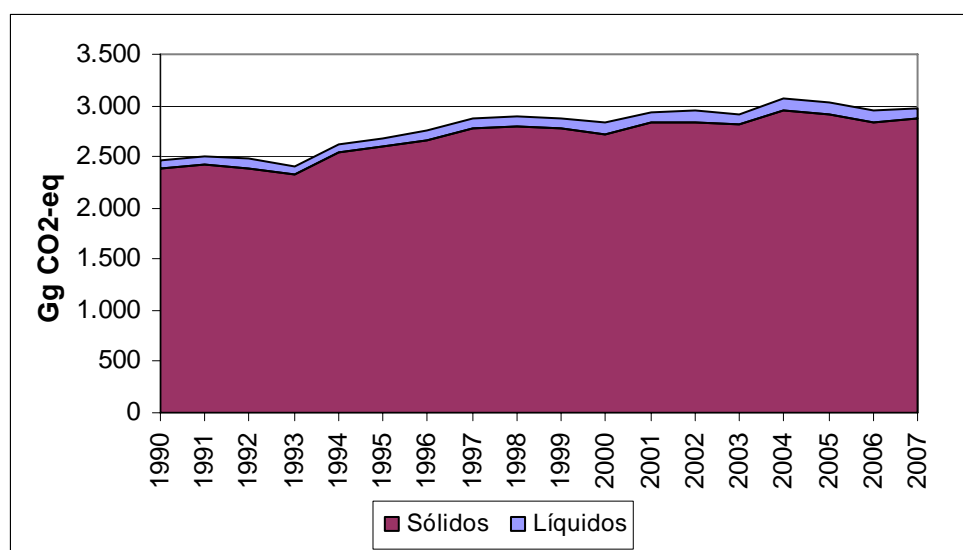
6.5.1.- Descripción de la actividad emisora

La proporción de nitrógeno excretada por los animales, bien sea en las heces o en la orina depende del tipo de animal, de la materia seca ingerida, y de la concentración del nitrógeno en su dieta. El nitrógeno que se retiene tanto en el crecimiento como en los productos del animal (leche, lana, huevos, etc.) varía generalmente entre el 10% y el 30% 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 sale en 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 NH₃/NH₄⁺ antes de poder ser atacado por los nitrificadores y desnitrificadores y generar óxido nitroso (N₂O). El proceso intermedio de mineralización a NH₃/NH₄⁺ 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 NH₃/NH₄⁺ es bastante rápida, tanto en los sistemas de pastoreo como en los estabulados. La producción de N₂O 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 de la duración del periodo de gestión de los estiércoles.

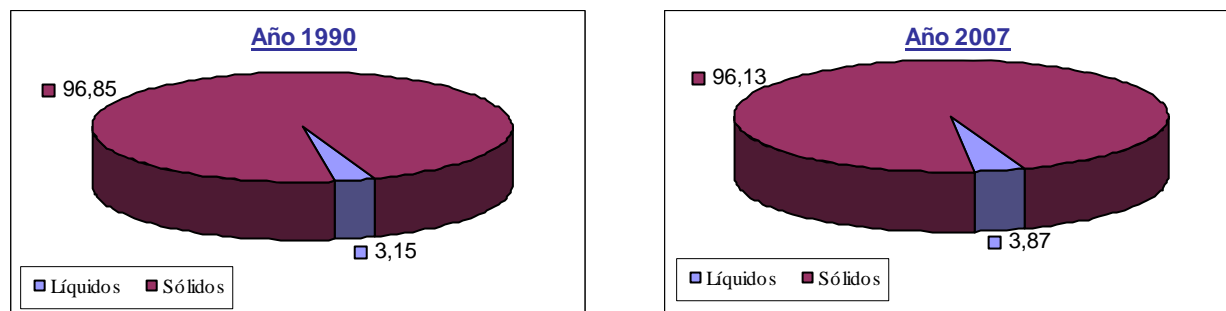
Las emisiones de óxido nitroso procedentes de la gestión de estiércoles, cuya evolución se muestra en la tabla 6.5.1 y en la figura 6.5.1, han experimentado entre 1990 y 2007 un aumento del 20,95% pasando de 2.465 Gg a 2.981 Gg de CO₂-eq. El incremento de las emisiones de ambos sistemas (sólidos y líquidos) se debe al aumento de la cabaña ganadera en el periodo inventariado.

Tabla 6.5.1.- Emisiones de CO₂ equivalente (Cifras en Gigagramos)

	1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
Sistemas Líquidos	78	85	104	108	108	115	115
Sistemas Sólidos	2.387	2.595	2.819	2.956	2.917	2.828	2.866
Total	2.465	2.681	2.922	3.063	3.025	2.943	2.981

Figura 6.5.1.- Emisiones de CO₂ 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 (N₂O)

6.5.2.- Aspectos metodológicos

Elección del método

Para el cálculo de las emisiones de N_2O debidas al tratamiento de los estiércoles se ha seguido la metodología por defecto de la ecuación 4.18 de la Guía de Buenas Prácticas 2000 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 cada 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 de Buenas Prácticas 2000 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 (Junio 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 (Junio 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 de Buenas Prácticas 2000 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 (Junio 2006).

Los factores de emisión usados son los valores por defecto aportados en la tabla 4.12 de la Guía de Buenas Prácticas 2000 IPCC.

6.5.3.- Incertidumbre y coherencia temporal

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 sobre la cantidad de nitrógeno contenida en la excreta de cada categoría animal, a la que por venir derivada de cálculos basados en su balance de nitrógeno se le 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 de Buenas Prácticas 2000 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, MARM (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.- Control 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 categoría clave.

6.5.5.- Realización de nuevos cálculos

Durante la presente edición del inventario la variación en las emisiones se restringe al año 2006. Esta variación se debe a la nueva disponibilidad de datos de número de cabezas de porcino y de aves para dicho año.

Figura 6.5.3.- Emisiones de CO₂-eq. comparación eds. 2009 vs 2008

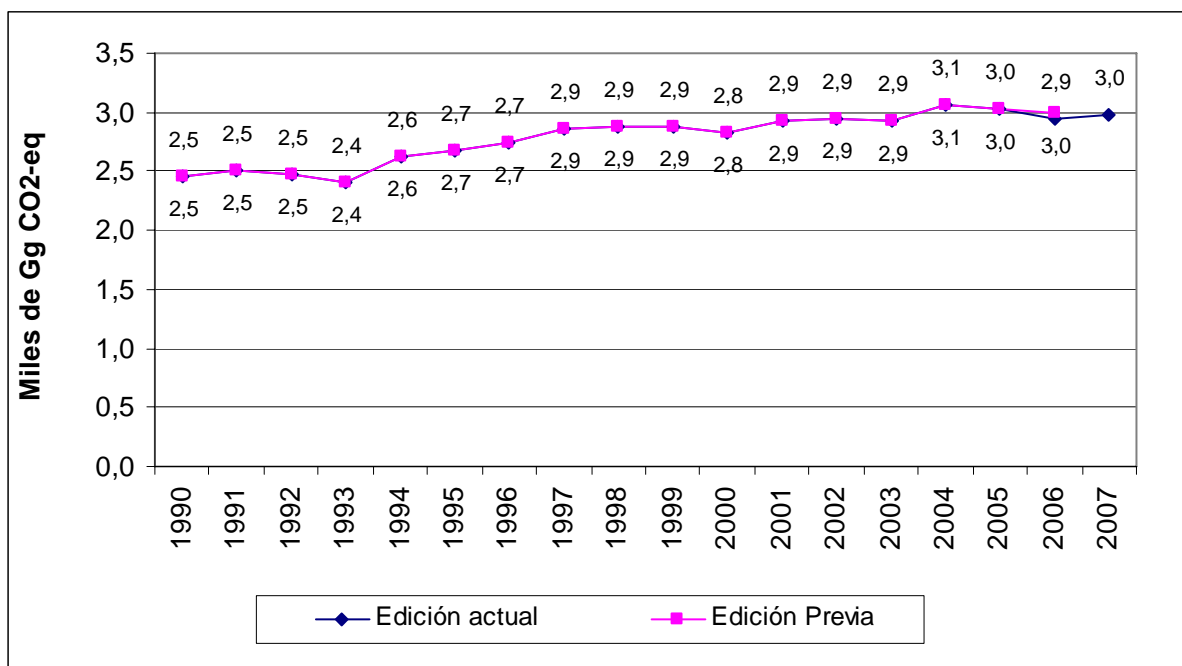
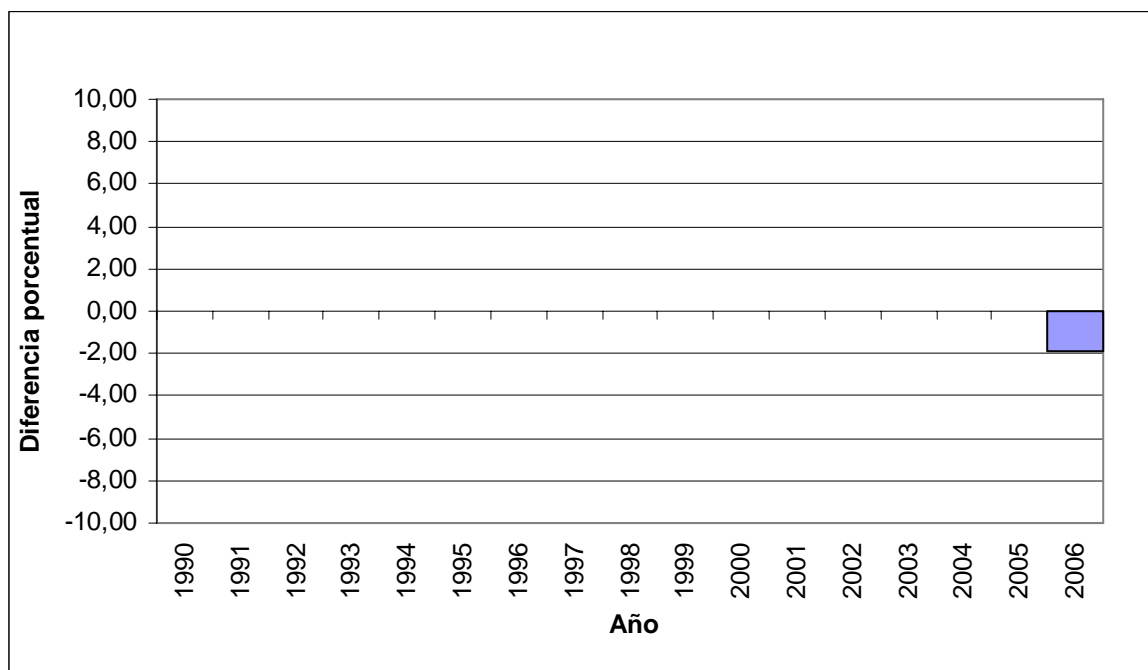


Figura 6.5.4.- Emisiones de CO₂-eq. diferencia porcentual eds 2009 vs 2008

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

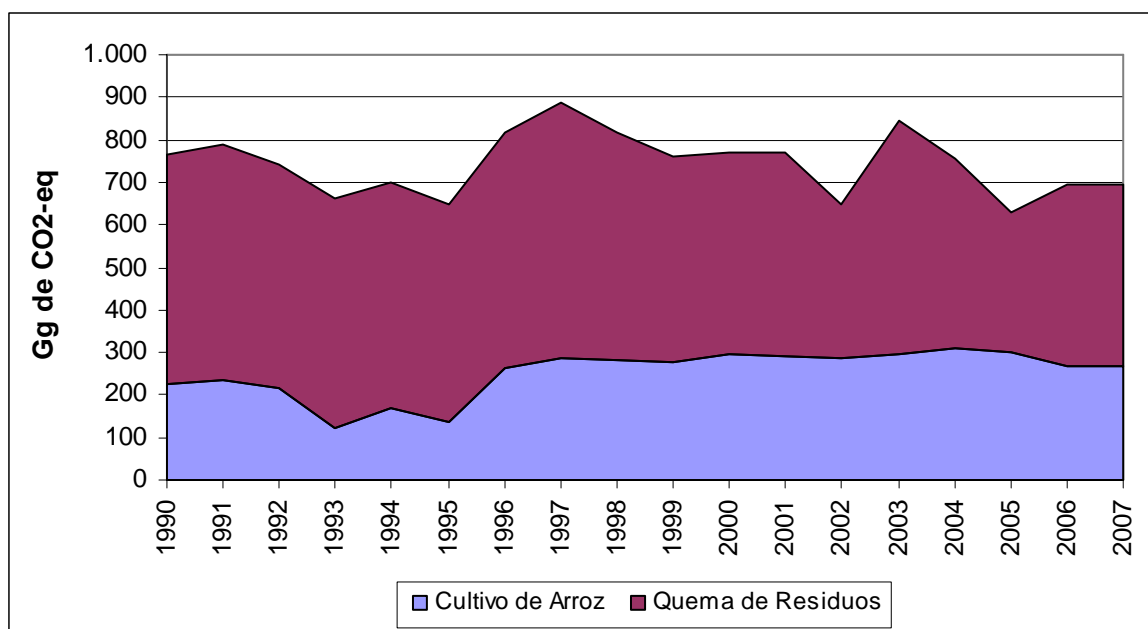
Las fuentes no clave en agricultura son: Cultivo de arroz (4C), Quema en el campo de residuos agrícolas (4F) y Suelos agrícolas – Otros (4D4). La actividad 4D4 está explicada en el punto 6.3, por tanto aquí solo se tratarán las otras dos.

La actividad 4F comprende la quema, in situ, de los rastrojos y otros residuos de paja de los cultivos agrícolas. Se debe de 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 (CO₂), dado que se asume que la liberación de carbono, en forma de CO₂, 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 CH₄ y N₂O y de otros gases con efecto indirecto sobre el calentamiento como NO_x, COVNM y CO, y adicionalmente el SO_x.

La actividad 4C comprende las emisiones de metano (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 2007 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 presenta una línea muy quebrada debido a las variaciones en las emisiones de la quema de residuos de poda del olivar y el viñedo, provocadas por los cambios interanuales en sus respectivas producciones.

Figura 6.6.1.- Emisiones de CO_2 -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

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 CH₄ y de un 30% para el N₂O. La variable de actividad se basa en estadísticas fiables y parámetros bibliográficos estimándose su incertidumbre en torno al 40%.

6.6.4.- Control 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 antiguo Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación sobre este hecho, los expertos que confirmaron los datos que fueron debidos a la sequía de dichos años.

6.6.5.- Realización de nuevos cálculos

Las emisiones de arroz han sufrido un recálculo en el año 2006, debido a la disponibilidad de nueva información sobre superficie cultivada en dicho año.

Las emisiones derivadas de la quema en campo abierto de residuos agrícolas han sufrido variaciones para los años 2000 y 2004-2006. Se ha modificado el parámetro de quema de residuos en campo abierto. Esta variación conlleva la desaparición de la quema de cereales desde el año 2004, así como algunos cambios de porcentaje de quema de varios cultivos para el año 2000. Adicionalmente, para el año 2006, las producciones de los cultivos han sido actualizadas de acuerdo con la nueva información disponible.

6.6.6.- Plan de mejoras

Se está realizando una revisión global de la metodología y de la obtención de los parámetros básicos a través del Grupo de Trabajo sobre Agricultura para el Inventario Nacional de Emisiones a la Atmósfera (GT INV-AG) del Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino con la colaboración de expertos en la materia. Los resultados de esos estudios podrán, una vez hayan sido contrastados, ser incorporados a la información de base de este sector del inventario.

7.- USO DE LA TIERRA, CAMBIO DE USO DE LA TIERRA Y SILVICULTURA

7.1.- Panorámica del sector

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 del suelo: Bosques (*Forest*), categoría 5A; Cultivos (*Cropland*), categoría 5B; Pastizales (*Grassland*), categoría 5C; Humedales (*Wetlands*), categoría 5D; Asentamientos (*Settlements*), categoría 5E; y Otras tierras (*Other land*), categoría 5F.

Como referencia metodológica principal para este capítulo se ha utilizado la Guía de Buenas Prácticas para el Uso de la Tierra, Cambio del Uso de la Tierra y la Silvicultura, de 2003 de IPCC (que en lo sucesivo se denominará “GPG-2003”).

La recogida de información y procesamiento de la misma está a cargo del Grupo de Trabajo sobre Usos de Suelo y Cambio Climático (GT-USCC) según aparece reseñado en la descripción del Sistema de Inventario Nacional. El grupo GT-USCC está formado por representantes de la Dirección General de Desarrollo Sostenible del Medio Rural, de la Dirección General de Medio Natural y Política Forestal, de la Oficina Española de Cambio Climático y de la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental, del Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino, del Instituto Geográfico Nacional del Ministerio de Fomento, y la colaboración de las asistencias técnicas de Análisis Estadístico de Datos, S.A., (AED), Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo (CEAM), y Técnicas del Medio Ambiente Natural (TECMENA).

Las estimaciones presentadas en esta edición 2009 del inventario (serie 1990-2007), además de incluir las correspondientes al año 2007, modifican las del período 1990-2006, publicadas en la edición anterior del inventario, debido a los cambios en la nueva información de base disponible y a la revisión metodológica efectuada, aspectos que se comentan más adelante.

7.1.1.- Aspectos metodológicos en la estimación de usos del suelo

Definiciones de interés

Las definiciones adoptadas sobre las categorías de usos de la tierra son las siguientes:

- Bosque o tierras forestales (FL), que comprende toda la tierra con vegetación leñosa coherente con umbrales utilizados para definir las tierras forestales. También comprende sistemas con vegetación actualmente inferior al umbral de la categoría de tierras forestales, pero que se espera que lo rebasen y dehesas que no se encuentran en zonas de cultivo o pastizal. En el caso del inventario español, y a los efectos de su presentación a la Convención Marco sobre Cambio Climático, se consideran bosques

las zonas con una cubierta de copas o Fracción de **Cabida Cubierta** (abreviadamente, FCC) a partir del 10%.

- Cultivos o tierras agrícolas (CL), que comprende las tierras de cultivo, incluidas aquéllas cuyos cultivos se realizan en terrenos con arbolado adehesado.
- Pastizales (GL), donde se incluyen, junto a los pastizales, las tierras de pastoreo que no se consideran tierras agrícolas. También comprende pastizales, prados o praderas con arbolado adehesado¹ que no cumplen la definición de bosque.
- Humedales (WL), que comprende la tierra cubierta o saturada por agua durante la totalidad o parte del año.
- Asentamientos o artificial (SL), que comprende toda la tierra desarrollada, con inclusión de la infraestructura de transporte y los asentamientos humanos de todo tamaño, a menos que estén incluidos en otras categorías.
- Otras tierras (OL), comprende suelo desnudo, roca, hielo y otras áreas de tierra que no entran en ninguna de las otras categorías.
- DEHESA: Una dehesa es, en general, un sistema forestal antropizado constituido fundamentalmente por un estrato de arbolado claro, con presencia o no de matorral y, generalmente, un estrato herbáceo, acompañado o no de cultivos agrícolas, en el que se lleva a cabo un aprovechamiento agrosilvopastoril extensivo, gracias al cual, se mantiene su estructura en el tiempo.

Asignaciones y reclasificaciones

Para realizar la asignación de los distintos usos de la tierra a las categorías 5A a 5F de CRF-REPORTER se han utilizado como base las cartografías CORINE LANDCOVER de 1990 (CLC90) y de 2000 (CLC00), habiéndose armonizado los cambios en la nomenclatura entre ambos años del CORINE LANDCOVER. Se ha seleccionado el CORINE LANDCOVER como base para obtener los datos de superficies de los distintos usos del suelo porque es la única cartografía disponible de 1990 que cubre el total de la superficie nacional.

En el caso de las superficies forestales se ha superpuesto a las mismas la cobertura del Mapa Forestal de España (MFE50)^{2,3} Esta superposición ha sido necesaria para identificar la superficie de Dehesas.

¹ Arbolado adehesado se refiere al arbolado de las dehesas. Véase más abajo en este mismo apartado la definición de “dehesa”.

² Mapa Forestal de España, escala 1:50.000 (MFE50) de la Dirección General para la Biodiversidad (DGB), elaborado entre los años 1998 y 2007.

³ El trabajo de superposición de las coberturas de CORINE LANDCOVER con las del MFE ha sido realizado por el Banco de Datos de la Naturaleza de la Dirección General para la Biodiversidad.

En el caso de los bosques se ha realizado un minucioso trabajo para asignar adecuadamente las superficies de dehesas.

La integración del Mapa Forestal de España en el CORINE LANDCOVER ha permitido reasignar todas las teselas que en el mapa forestal están consideradas como dehesa, reasignación que ha supuesto una modificación en la codificación de CLC90 y CLC00 (las categorías CORINE LANDCOVER que intersecan con dehesas del mapa forestal son reasignadas a dehesas). Igualmente la superposición del mapa forestal con CORINE LANDCOVER ha permitido ajustar los criterios de asignación como bosque, en función de la fracción de cabida cubierta (dato obtenido del MFE50)⁴. El sumario de cómo se ha realizado la reclasificación se indica en el cuadro 7.1.1.

Cuadro 7.1.1.- Cambios realizados en las coberturas CLC90 y CLC00

1.	Todas las teselas con tipo estructural 3 (dehesas según el MFE50) han sido reclasificadas, según la FCC del arbolado, en dehesas consideradas como "OL" (si la FCC < 10%) o bosque (FCC >= 10%) consideradas como "FL".
2.	Se ha creado la categoría "Sistemas agro-forestales" ¹ que contiene las dehesas con una FCC entre el 10 y el 20%, debido al uso agrario que se realiza en estas superficies, las cuales necesitan estar diferenciadas para poderlas distinguir de otras categorías de "FL" que no disponen de un uso agrario. Esta superficie de "Sistema agro-forestal" ¹ será incluida en la categoría UNFCCC como "FL" a efectos de informar a la Convención
3.	Las categorías que según CLC son dehesas, 24410 (pastizales, prados o praderas con arbolado adehesado) y 24420 (Cultivos agrícolas con arbolado adehesado), pero que según el MFE50 presentan un tipo estructural distinto de 3 (del correspondiente a dehesa), se han asignado a herbazal ¹ (24410) y a cultivo ¹ (24420), independientemente de la fracción de cabida cubierta.
4.	La superficie que siendo dehesa en el MFE50 no lo es en CORINE LANDCOVER. se ha reclasificado en CORINE LANDCOVER para incorporarla como dehesa, ya que la decisión del GT-USCC ha sido considerar la superficie de dehesa del MFE50. Como resultado del proceso de superposición de las cartografías, las categorías de CORINE LANDCOVER 23100, 24210, 24211, 24221, 24330, 24410, 32100, 32110, 32111, 32120, 32121 y 32122 se consideran "GL".
5.	En la asignación como bosque se han considerado las correspondientes categorías de CORINE LANDCOVER, descontando aquellas superficies cuya FCC de arbolado es inferior al 10%. Estas superficies (cuya FCC es inferior al 10%) han quedado reasignadas a una nueva categoría (Superficie forestal –bosque– con FCC < 10% ¹).
6.	También se ha considerado como bosque la superficie ocupada por matorral con arbolado disperso y cuya FCC es superior al 10%.
7.	Para el resto de categorías se han mantenido las asignaciones originales de CORINE LANDCOVER.

¹ Se corresponden con categorías intermedias en el proceso de homogeneización y asignación.

Procedimiento de ajuste de las superficies

El proceso de superposición ha dado lugar a más de 5.700.000 teselas en cada cobertura, con pequeñas modificaciones en las superficies totales. En la tabla 7.1.1 se muestran los datos originales de las coberturas CORINE LANDCOVER y los obtenidos con la superposición CORINE LANDCOVER con MFE50, y se muestran las diferencias resultantes en los totales.

⁴ Este trabajo de obtención de la serie temporal de superficies por categorías de uso de la tierra y la estimación de los cambios de superficies entre dichas categorías ha sido realizada por el CEAM.

Tabla 7.1.1.- Superficie total del CLC90 y CLC00 en la cartografía original y la obtenida tras la superposición con el mapa forestal (CLC y MFE)

	CLC90	CLC00
CORINE LANDCOVER ORIGINAL (1), ha	65.729.423	65.729.423
CORINE LANDCOVER y MFE50 (2), ha	64.205.777	65.763.120
Diferencia (1)-(2), ha	-1.523.646	33.697
Diferencia (% en relación al original)	-2,3	0,05

Parte de las discrepancias se pueden justificar por pequeños desplazamientos entre las dos cartografías de coberturas CORINE LANDCOVER y MFE50, aunque no se ha planteado una corrección cartográfica de este tipo.

Analizando en detalle el contenido de las cartografías CORINE LANDCOVER y MFE50 se comprueba que la superficie sin contenidos definidos (zonas fuera de límites geográficos y mares u océanos) es también variable entre los dos años de referencia, 1990 y 2000.

Descontando de la superficie superpuesta CORINE LANDCOVER con MFE50 de la tabla anterior las teselas en que se carece de asignación a unidad territorial del mapa español o en las que falta código de uso del suelo, resulta un total de superficie nacional de 50.649.190 ha, que es la que se va a considerar como área del territorio nacional a efectos del análisis de las superficies de este capítulo. La cifra anterior en realidad corresponde a CLC00, habiéndose añadido una superficie de cuadre de 890 ha a la CLC90 para cuadrar en el tiempo el total de la superficie nacional.

Dado que por el momento únicamente se dispone de información contrastada de CORINE LANDCOVER a nivel nacional, la evolución interanual, a lo largo del periodo inventariado, se ha estimado en función de proyecciones lineales sobre los cambios detectados entre dichos años de referencia, interpolando entre 1990 y 2000 y extrapolando a partir de 2000; mientras que, en el caso de la forestación de tierras agrícolas, se han tenido en cuenta los datos directos aportados por la Dirección General de Desarrollo Sostenible del Medio Rural en cuanto a la conversión de estas tierras de uso agrícola a uso forestal.

7.1.2.- Resultados de la estimación de superficies de usos del suelo

Como resultado de los procedimientos arriba comentados se muestran en este epígrafe las cifras de superficies estimadas en las distintas categorías de usos del suelo y de los cambios de superficies entre ellas operados a lo largo de los años del periodo inventariado.

La obtención de las superficies asignables (superficie total y superficie que se mantiene en la misma categoría) a cada una de las categorías para un determinado año se realiza a través de la siguiente ecuación:

$$U_i^t = R_i^t + \sum_{j \neq i} C_{ji}^t = \left(U_i^{t-1} - \sum_{j \neq i} C_{ij}^t \right) + \sum_{j \neq i} C_{ji}^t$$

donde,

U_i^t = superficie estimada de la categoría i en el año t (ha)

R_i^t = superficie que continua siendo de la misma categoría i en el año t (ha).
Corresponde a la existente en el año $t-1$ menos las tierras que se convierten en el año t a otra categoría de uso del suelo..

C_{ji}^t = superficie que pasa de la categoría j a la i en el año t (ha).

C_{ij}^t = superficie que pasa de la categoría i a la j en el año t (ha).

De acuerdo con la fórmula anterior, las conversiones vienen referidas a un determinado año y el cálculo de las superficies que continúan dentro de la misma categoría de uso del suelo varía en función de las detracciones de ese uso y de las conversiones a ese uso. La fórmula computa los stocks de superficie por usos al final de cada año de referencia, tras haber recogido las conversiones entre usos. No obstante lo anterior, en el caso de los sistemas forestales las conversiones se consideran, de acuerdo con la GPG-2003, que tienen un periodo de maduración de 20 años, hasta que se integran plenamente en el uso forestal al que se han reconvertido procedentes de otros usos. Es por ello que en las tablas del CRF-REPORTER se informa para cada año de las cifras acumuladas de conversión que todavía no han madurado (hasta transcurrir 20 años) desde su periodo inicial de conversión, y en el apartado 7.2 de Sistemas Forestales se informa coherentemente desglosando las conversiones a uso forestal mediante una partida que recoja las superficies convertidas que se encuentran en transición hasta su maduración a uso forestal definitivo.

En la tabla 7.1.2 se presentan, para cada una de las categorías de usos del suelo y para el total de ellas, las superficies estimadas entre 1990 y 2007. En la tabla 7.1.3 se muestran las superficies por usos del suelo tal y como se informa en el CRF-REPORTER, haciéndose especial mención a la diferenciación en la categoría de suelos forestales entre superficies que permanecen como bosque y superficies que han sido convertidas a bosque, pero que se encuentran en proceso de maduración hasta que transcurran 20 años desde su conversión a dicho uso. En la tabla 7.1.4 se informa de los cambios de uso entre categorías ocurridos en cada uno de los años del periodo 1990-2007.

Tabla 7.1.2.- Evolución de las superficies totales por categorías (Cifras en hectáreas)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
FL	13.522.734	13.522.734	13.522.734	13.522.734	13.579.780	13.659.174	13.755.758	13.844.880	13.928.549
CL	21.359.011	21.345.544	21.332.078	21.318.611	21.248.046	21.155.114	21.044.974	20.942.302	20.845.089
GL	4.668.729	4.674.504	4.680.279	4.686.053	4.691.829	4.697.603	4.703.377	4.709.153	4.714.927
WL	83.965	83.965	83.965	83.965	83.965	83.965	83.965	83.965	83.965
SL	768.014	787.856	807.698	827.542	847.384	867.226	887.070	906.913	926.756
OL	10.246.737	10.234.587	10.222.436	10.210.285	10.198.186	10.186.108	10.174.046	10.161.977	10.149.904
Total	50.649.190	50.649.190	50.649.190	50.649.190	50.649.190	50.649.190	50.649.190	50.649.190	50.649.190

	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
FL	13.982.938	14.045.063	14.082.293	14.104.032	14.127.285	14.148.179	14.168.862	14.190.939	14.207.904
CL	20.777.181	20.701.530	20.650.795	20.615.567	20.578.823	20.544.439	20.510.267	20.474.698	20.444.246
GL	4.720.702	4.726.477	4.732.252	4.738.027	4.743.802	4.749.578	4.755.353	4.761.129	4.766.904
WL	83.965	83.965	83.965	83.965	83.965	83.965	83.965	83.965	83.965
SL	946.599	966.442	986.287	1.006.130	1.025.974	1.045.818	1.065.662	1.085.507	1.105.351
OL	10.137.805	10.125.713	10.113.598	10.101.469	10.089.341	10.077.211	10.065.081	10.052.952	10.040.819
Total	50.649.190	50.649.190	50.649.190	50.649.190	50.649.190	50.649.190	50.649.190	50.649.190	50.649.190

FL: Zonas forestales o bosques; CL: Cultivos; GL: Pastizales; WL: Humedales; SL: Asentamientos; OL: Otras tierras

Tabla 7.1.3.- Evolución de las superficies tal y como se informa en el CRF-REPORTER (Cifras en hectáreas)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
FL permanece	13.522.734	13.522.734	13.522.734	13.522.734	13.522.734	13.522.734	13.522.734	13.522.734	13.522.734
FL transición	-	-	-	-	57.046	136.440	233.024	322.146	405.815
CL	21.359.011	21.345.544	21.332.078	21.318.611	21.248.046	21.155.114	21.044.974	20.942.302	20.845.089
GL permanece	4.662.954	4.662.954	4.662.954	4.662.954	4.662.954	4.662.954	4.662.954	4.662.954	4.662.954
GL transición	5.775	11.550	17.325	23.099	28.875	34.649	40.423	46.199	51.973
WL	83.965	83.965	83.965	83.965	83.965	83.965	83.965	83.965	83.965
SL permanece	748.172	768.014	787.856	807.699	827.541	847.384	867.227	887.070	906.913
SL transición	19.842	19.842	19.842	19.843	19.843	19.842	19.843	19.843	19.843
OL	10.246.737	10.234.587	10.222.436	10.210.285	10.198.186	10.186.108	10.174.046	10.161.977	10.149.904
Total	50.649.190	50.649.190	50.649.190	50.649.190	50.649.190	50.649.190	50.649.190	50.649.190	50.649.190

	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
FL permanece	13.522.734	13.522.734	13.522.734	13.522.734	13.522.734	13.522.734	13.522.734	13.522.734	13.522.734
FL transición	460.204	522.329	559.559	581.298	604.551	625.445	646.127	668.204	685.170
CL	20.777.181	20.701.530	20.650.795	20.615.567	20.578.823	20.544.439	20.510.267	20.474.698	20.444.246
GL permanece	4.662.954	4.662.954	4.662.954	4.662.954	4.662.954	4.662.954	4.662.954	4.662.954	4.662.954
GL transición	57.748	63.523	69.298	75.073	80.848	86.624	92.400	98.176	103.950
WL	83.965	83.965	83.965	83.965	83.965	83.965	83.965	83.965	83.965
SL permanece	926.756	946.599	966.443	986.286	1.006.130	1.025.974	1.045.818	1.065.662	1.085.507
SL transición	19.843	19.843	19.844	19.844	19.844	19.844	19.844	19.845	19.845
OL	10.137.805	10.125.713	10.113.598	10.101.469	10.089.341	10.077.211	10.065.081	10.052.952	10.040.819
Total	50.649.190	50.649.190	50.649.190	50.649.190	50.649.190	50.649.190	50.649.190	50.649.190	50.649.190

FL: Zonas forestales o bosques; CL: Cultivos; GL: Pastizales; WL: Humedales; SL: Asentamientos; OL: Otras tierras

Tabla 7.1.4.- Matriz de cambios de usos del suelo en cada año a lo largo del periodo inventariado (Cifras en hectáreas)

De	a	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
CL	FL	-	-	-	-	57.046	79.394	96.584	89.122	83.669
CL	GL	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775
CL	SL	7.692	7.692	7.692	7.692	7.744	7.764	7.781	7.775	7.770
OL	SL	12.150	12.150	12.150	12.151	12.099	12.078	12.062	12.068	12.073

De	a	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
CL	FL	54.389	62.125	37.230	21.739	23.253	20.894	20.682	22.077	16.966
CL	GL	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775
CL	SL	7.744	7.751	7.729	7.715	7.716	7.714	7.714	7.716	7.711
OL	SL	12.099	12.092	12.115	12.129	12.128	12.130	12.130	12.129	12.133

FL: Zonas forestales o bosques; CL: Cultivos; GL: Pastizales; WL: Humedales; SL: Asentamientos; OL: Otras tierras

7.2.- Sistemas forestales. Bosques (5A)

A petición de la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental del Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino, Dirección que es la Autoridad Nacional del Sistema del Inventario Nacional de Emisiones Contaminantes a la Atmósfera, la Dirección General de Medio Natural y Política Forestal del mismo Ministerio, realiza anualmente la estimación de las capturas netas de CO₂ de los bosques y las superficies que se convierten en bosques dentro del sector LULUCF, y la estimación de las emisiones en los incendios forestales de gases distintos del CO₂⁵. Estos son los puntos que se tratan en esta categoría de bosques.

En el examen de categorías clave se ha hecho un análisis separado para el sector LULUCF. Dentro de este sector, los bosques, en cuanto al proceso de capturas netas de CO₂, constituyen una categoría clave, por el nivel, a lo largo de todos los años del periodo inventariado y, por la tendencia, en los subperiodos 1990-1992; 1994-2007. Por su parte, los incendios forestales se identifican como fuentes clave de CH₄ y N₂O en la tendencia en los años 1991 y 1994. Para un comentario metodológico sobre este punto véase el Anexo 1 "Categorías clave".

Estimación de los sumideros forestales de carbono

En el proceso de fijación de carbono por los sistemas forestales se distinguen a lo largo del periodo 1990-2007 las siguientes subcategorías de usos del suelo dentro de los sistemas forestales: a) bosque que se mantiene como bosque, b) bosque en periodo de maduración, que provienen de tierras convertidas en años anteriores pero que todavía no han alcanzado la madurez de los 20 años y c) cultivos que pasan a ser bosque en dicho año. En la tabla 7.2.1 se muestra la evolución de las superficies de las citadas subcategorías de usos del suelo. El aumento de superficie forestal se debe a la forestación de tierras agrícolas en el marco de la Política Agrícola Común. La metodología de cálculo para la

⁵ Las emisiones de CO₂ producidas por incendios y extracción de madera de los bosques, están ya descontadas en los balances de variación (incremento neto) de biomasa del Inventario Forestal Nacional.

estimación de los sumideros de carbono debida a esta conversión de tierras se expone más adelante en este capítulo en el punto 7.2.2.2 *Tierras que pasan a ser bosque* (véase también Anexo A3.3). No se ha identificado, en el periodo 1990-2007, conversión a bosque en el resto de usos de la tierra. En la tabla 7.2.2 se muestra la cuantificación de la fijación de carbono por las referidas subcategorías de usos del suelo de los sistemas forestales.

Tabla 7.2.1.- Evolución de superficies en los sistemas forestales (Cifras en hectáreas)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
FL permanece	13.522.734	13.522.734	13.522.734	13.522.734	13.522.734	13.522.734	13.522.734	13.522.734	13.522.734
FL transición	0	0	0	0	0	57.046	136.440	233.024	322.146
CF	0	0	0	0	57.046	79.394	96.584	89.122	83.669
TOTAL	13.522.734	13.522.734	13.522.734	13.522.734	13.579.780	13.659.174	13.755.758	13.844.880	13.928.549

	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
FL permanece	13.522.734	13.522.734	13.522.734	13.522.734	13.522.734	13.522.734	13.522.734	13.522.734	13.522.734
FL transición	405.815	460.204	522.329	559.559	581.298	604.551	625.445	646.127	668.204
CF	54.389	62.125	37.230	21.739	23.253	20.894	20.682	22.077	16.966
TOTAL	13.982.938	14.045.063	14.082.293	14.104.032	14.127.285	14.148.179	14.168.861	14.190.938	14.207.904

Tabla 7.2.2.- Fijación de carbono de los sistemas forestales (Gg C)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
FL permanece	5.857	5.857	5.857	5.857	5.857	5.857	5.857	5.857	5.857
FL transición	0	0	0	0	0	126	303	545	770
CF	0	0	0	0	126	177	243	224	230
TOTAL	5.857	5.857	5.857	5.857	5.982	6.159	6.402	6.626	6.856

	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
FL permanece	5.857	5.857	5.857	5.857	5.857	5.857	5.857	5.857	5.857
FL transición	999	1.141	1.335	1.461	1.518	1.581	1.627	1.668	1.730
CF	142	194	126	56	64	45	41	62	33
TOTAL	6.998	7.192	7.318	7.374	7.438	7.483	7.524	7.586	7.620

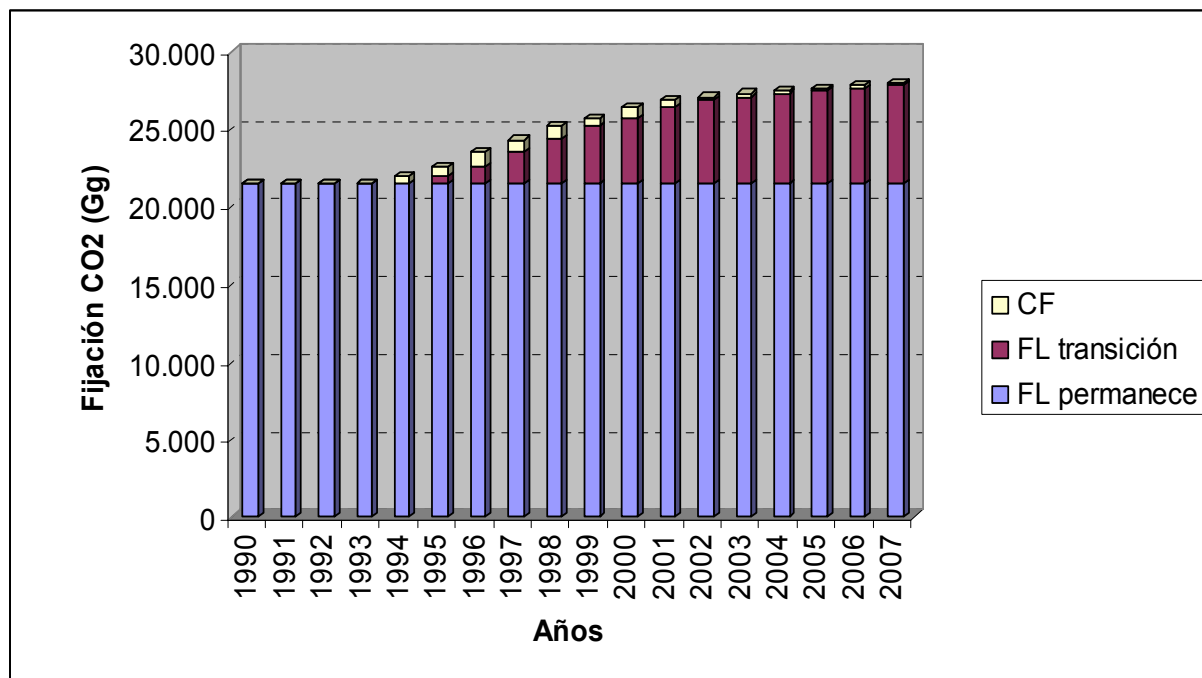
FL permanece: Bosque que se mantiene bosque (por sus siglas en inglés)

FL transición: Tierras reforestadas en años anteriores, pero que todavía permanecen en su periodo de maduración de 20 años (por sus siglas en inglés).

CF: Cultivos que en cada año pasan a bosque (por sus siglas en inglés)

En la Figura 7.2.1 se representa la tendencia de la fijación de carbono, expresada ya en masa (Gg de CO₂), desde el año 1990 al 2007, por las categorías FL permanece, FL transición y CF anteriormente reseñadas.

Figura 7.2.1.- Evolución de la tendencia de la fijación de CO₂ en los sistemas forestales (Gg de CO₂)



FL permanente: Bosque que se mantiene bosque (por sus siglas en inglés)
 FL transición: Tierras reforestadas en años anteriores, pero que todavía permanecen en su periodo de maduración de 20 años (por sus siglas en inglés).
 CF: Cultivos que en cada año pasan a bosque (por sus siglas en inglés)

Estimación de las emisiones de gases distintos de CO₂ en los incendios forestales

En cuanto a los incendios forestales, se presentan en la tabla 7.2.3 los datos de superficies incendiadas y, en la tabla 7.2.4 la estimación de las emisiones de gases distintos del CO₂. La metodología para dicha estimación se presenta más adelante en este capítulo en el punto 7.2.2.3 (véase también Anexo 3.3).

Tabla 7.2.3.- Superficie total incendiada (Cifras en hectáreas)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Superficie incendiada	72.117	105.964	39.834	33.266	250.407	42.137	10.280	21.259	42.404

	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Superficie incendiada	23.930	45.079	19.170	25.197	53.674	51.711	69.350	71.084	29.403

Tabla 7.2.4.- Emisiones en los incendios forestales de gases de efecto invernadero distintos de CO₂ (Cifras en toneladas)

Gas	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
CH ₄	8.140	11.642	4.327	3.704	25.019	6.850	1.999	5.990	5.841
CO	71.228	101.867	37.860	32.414	218.919	59.935	17.490	52.410	51.112
N ₂ O	56	80	30	25	172	47	14	41	40
NOx	2.023	2.893	1.075	920	6.217	1.702	497	1.488	1.451

Gas	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
CH ₄	3.672	7.576	3.097	4.881	6.732	5.414	11.249	24.336	1.650
CO	32.133	66.292	27.098	42.706	58.908	47.373	98.432	212.938	14.437
N ₂ O	25	52	21	34	46	37	77	167	11
NOx	913	1.883	770	1.213	1.673	1.345	2.795	6.047	410

7.2.1.- Descripción de las fuentes

En esta categoría se incluyen, por un lado, las fijaciones netas de carbono debidas 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 como bosques y las tierras que pasan a ser bosque. Por otro lado, se incluyen las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO₂ originados en los incendios forestales.

7.2.2.- Metodología

España sigue las directrices del IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) para el cálculo de los cambios en las existencias de carbono en el sector LULUCF (*Land Use, Land Use Change and Forestry*), basándose en los siguientes documentos:

- Directrices del IPCC revisadas en 1996 para Inventarios Nacionales de Gases Efecto Invernadero (*Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*), desde ahora Manual de Referencia 1996 IPCC⁶.
- Guía de Buenas Prácticas para el Uso de la Tierra, el Cambio de Uso de la Tierra y la Silvicultura (*Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry*, 2003), desde ahora GPG-2003⁷.

Las principales fuentes de información utilizadas son las siguientes:

- Inventario Forestal Nacional (IFN)

⁶ <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpglulucf/gpglulucf.htm>

⁷ <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpglulucf/gpglulucf.htm>

- IFN2. ICONA Segundo Inventario Forestal Nacional (1986-1995). Instituto Nacional de Conservación de la Naturaleza. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación
- IFN3. DGMNPF Tercer Inventario Forestal Nacional (1997-2007). Dirección General de Medio Natural y Política Forestal. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino.
- CORINE LANDCOVER 1990 y 2000 (CLC90 y CLC00, respectivamente).
- Mapa Forestal Español (MFE50) de la DGB (realizado entre los años 1998 y 2007).
- Forestación de tierras agrícolas por la Política Agrícola Común, información aportada por el Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino.
- Mapa de productividad potencial forestal de España. Ministerio de Medio Ambiente, 2000.
- Factores de Expansión de Biomasa (BEF-D), validados internacionalmente a través de la acción COST-E21. Centro de Investigación Ecológica y Aplicaciones Forestales (CREAF).

En lo que sigue de este capítulo, junto a la numeración propia del mismo para las ecuaciones, tablas y figuras, se indica debajo de las mismas, entre paréntesis, la correspondencia con las ecuaciones, tablas y figuras del documento GPG-2003 de referencia de los cálculos.

En la tabla 7.2.5 siguiente se resume la metodología y factores de emisión utilizados. Se informa también del nivel de precisión (*Tier* en GPG-2003) aplicado en la metodología de la obtención y gestión de los datos. Se puede elegir entre tres niveles: de 1 a 3, de menor a mayor nivel de exhaustividad, habiendo aplicado básicamente el nivel T1, si bien complementado con datos de parámetros específicos nacionales (CS). En apartados sucesivos se desarrolla una descripción más completa de la metodología.

Tabla 7.2.5.- Metodología y factor de emisión utilizados

		CO ₂	
		Método	Factor de emisión
Bosque	Bosque que se mantiene bosque	T1, CS, D	D, CS
	Biomasa viva	T1, D, CS	D, CS
	Materia orgánica muerta	T1	-
	Suelos	T1	-
	Tierras convertidas a bosque	T1	D, CS

T1: Metodología de GPG-2003, Nivel 1 (Tier 1).

CS: Metodología y factor de emisión propio del país.

D: Metodología y factor de emisión de la GPG-2003 por defecto.

7.2.2.1.- Bosque que se mantiene como bosque

En la GPG-2003 se describe la estimación de los cambios de existencias de carbono teniendo en cuenta cinco categorías de absorción o sumideros diferentes: biomasa aérea, biomasa subterránea, madera muerta, residuos y materia orgánica del suelo.

En la ecuación 7.2.1 se presenta el algoritmo de estimación de las emisiones o fijaciones anuales de carbono en los bosques que se mantienen como bosques:

Ecuación 7.2.1.- Cambio anual de carbono en bosque que se mantiene como bosque
(Ecuación 3.2.1 de GPG-2003)

$$\Delta C_{FF} = (\Delta C_{FF_{LB}} + \Delta C_{FF_{DOM}} + \Delta C_{FF_{Soils}})$$

donde,

ΔC_{FF} = cambio anual de existencias de carbono en bosque que sigue siendo bosque (t C x año⁻¹)

$\Delta C_{FF_{LB}}$ = cambio anual de existencias de carbono en biomasa viva (incluida la biomasa aérea y subterránea) en bosque que sigue siendo bosque (t C x año⁻¹)

$\Delta C_{FF_{DOM}}$ = cambio anual de existencias de carbono en materia orgánica muerta (incluida madera muerta y residuos) en bosque que sigue siendo bosque (t C x año⁻¹)

$\Delta C_{FF_{Soils}}$ = cambio anual en existencias de carbono en suelos en bosque que sigue siendo bosque (t C x año⁻¹)

7.2.2.1.1. Cambios en las existencias de carbono en la biomasa viva

El cambio en existencias de carbono en biomasa viva se ha calculado utilizando el método de **Variación de Reservas de Carbono**, descrito en la GPG-2003, según la ecuación 7.2.2:

Ecuación 7.2.2.- Cambio anual de existencias de carbono en biomasa viva en bosque que sigue siendo bosque

(Ecuación 3.2.3 de GPG-2003)

$$\Delta C_{FFLB} = (C_{t_2} - C_{t_1}) / (t_2 - t_1)$$

y

$$C = [V \cdot D \cdot BEF] \cdot (1 + R) \cdot CF$$

donde,

ΔC_{FFLB} = variación anual de las reservas de carbono en la biomasa viva (incluye la biomasa sobre el suelo y bajo el suelo) en tierras forestales que siguen siendo tierras forestales (t C año⁻¹)⁸

C_{t_2} = carbono total de la biomasa calculado en la fecha t_2 (t C)

C_{t_1} = carbono total de la biomasa calculado en la fecha t_1 (t C)

V = volumen específico de madera comercializable (m³)

D = densidad de madera básica (t materia seca (m.s.) m⁻³ de volumen comercializable)

BEF = factor de expansión de biomasa para convertir el volumen comercializable en volumen total de la biomasa arbórea sobre el suelo, sin dimensiones.

R = relación raíz-vástago⁹, sin dimensiones

CF = fracción de carbono de la m.s. (valor por defecto = 0,5), (t C (toneladas m.s.)⁻¹)

El dato de volumen maderable utilizado (V) se ha obtenido de la Tabla 301 de los Inventarios Forestales Nacionales de cada provincia. Esta Tabla contiene, entre otros datos, el volumen maderable con corteza (VCC) en metros cúbicos por hectárea vegetal de cada especie arbórea.

⁸ Este cómputo se realiza sobre ganancia neta, es decir, ganancias menos pérdidas. Así, la etiqueta que se asociará a las pérdidas será la etiqueta "IE" pues la cuantificación de las mismas ya ha sido descontada de las ganancias brutas.

⁹ Entendido vástago como el total de la biomasa aérea.

Para esta edición del inventario se han utilizado una serie de factores de expansión de biomasa ($BEF \cdot D$)¹⁰ aportados por el CREAM (Centro de Investigación Ecológica y Aplicaciones Forestales) que equivalen al producto de D (densidad correspondiente a cada especie) por el correspondiente BEF (factor de expansión de biomasa calculado para cada especie) (véase Tabla ($BEF \cdot D$), en el Anexo 3.3) y que convierten m³ de volumen maderable (incluyendo corteza) en toneladas de materia seca de biomasa aérea. Se han utilizado estos factores por estar validados internacionalmente a través de la Acción Cost E21, por referirse específicamente a especies forestales en territorio español, siendo así más ajustados a la realidad nacional que los factores por defecto del IPCC y por considerarse conservadores.

Aplicando el factor de expansión a raíces (R), se ha obtenido el valor total de biomasa, tanto aérea como subterránea (B_T). En la Tabla 3.A.1.8 de la GPG-2003 se proponen una serie de valores para R . Se han tomado los correspondientes a los tipos de vegetación de coníferas y frondosas, de las que se ha calculado la media de los valores, obteniendo:

- Bosque de coníferas. $R = 0,337$
- Bosque de frondosas. $R = 0,326$

A partir del resultado de la biomasa total (B_T) para cada IFN y provincia, se puede calcular su valor en cada año: se ha hallado la diferencia entre IFN3 e IFN2 y se ha dividido por el número de años transcurridos entre éstos, obteniéndose un valor medio (el Incremento de B_T anual) que se ha sumado en cada año para tener el valor de B_T del año siguiente.

En el caso de las provincias de las que no se dispone del IFN3 (6 provincias de Andalucía a fecha de diciembre del 2008), se ha obtenido la media de todos los incrementos de B_T anuales de las provincias andaluzas que tienen realizado el IFN3 (Córdoba y Jaén), y este valor es el que se ha sumado a partir del dato del IFN2, para obtener el valor de B_T en cada año.

Los datos de partida utilizados para realizar los cálculos están expresados por unidad de superficie (por hectárea). Por tanto, para obtener el valor de B_{TOTAL} , se ha calculado el valor medio nacional por hectárea (véase Anexo A3.3.2.) y se ha multiplicado por la superficie de *bosque que sigue siendo bosque*.

Los datos de superficie se han obtenido a partir de la información que aporta el CORINE LANDCOVER (CLC90 y CLC00) y el Mapa Forestal Español (MFE50).

Por último, se ha aplicado el valor por defecto propuesto en la GPG-2003 del coeficiente de fracción de carbono existente en la materia seca (CF), cuyo valor es 0,5 toneladas de carbono por cada tonelada de materia seca.

¹⁰ Factores de Expansión de Biomasa ($BEF \cdot D$) obtenidos por el CREAM (Centro de Investigación Ecológica y Aplicaciones Forestales). Estos valores están validados internacionalmente (COST E21). Los valores de los ($BEF \cdot D$) 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*0,5), de acuerdo con la publicación IPCC-1996. (Ver Tabla ($BEF \cdot D$) al final del Anexo 3.3.).

Calculando la diferencia entre el valor en un año de las existencias de carbono en biomasa viva y el año anterior, se ha obtenido el incremento anual de existencias de carbono en biomasa viva.

En el Anexo 3.3.1 de este documento, se muestra el caso de una provincia (Madrid), como ejemplo detallado de la metodología empleada en el cálculo de las existencias de carbono debidas al crecimiento de la biomasa.

No se contabilizan pérdidas de biomasa por recolección, recogida de leña o perturbaciones en *bosques que se mantienen como bosque*, debido a que es una información ya incluida en los datos de los Inventarios Forestales Nacionales, de acuerdo con el Método de Variación de Reservas de Carbono (*Stock Change Method*), desarrollado en la GPG-2003.

7.2.2.1.2. Variación en las existencias de carbono en materia orgánica muerta

En la GPG-2003 se consideran dos tipos de variación de carbono en materia orgánica muerta:

- madera muerta
- residuos / detritus

Bajo el Nivel 1 (Tier 1), y puesto que no existe un cambio significativo en el tipo de bosque o régimen de manejo, no es necesaria la estimación de estos valores. En la GPG-2003 se asume que la tasa de transferencia al depósito de madera muerta y residuos/detritus es igual a la tasa de transferencia desde estos depósitos, de manera que la variación neta es nula (se considera que permanecen constantes a lo largo del tiempo). Por tanto, en el CRF se ha asignado el valor cero, y no la etiqueta "NO".

7.2.2.1.3. 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 CO₂ 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 el nivel de precisión 1 (Tier 1), que es el elegido por España para este cálculo, 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. Por eso se ha introducido en el CRF el valor cero y no la etiqueta "NO".

De la misma manera, los cambios en las existencias de carbono en suelos orgánicos (turberas y similares) se asocian al drenaje y a perturbaciones debidas a la gestión o manejo, y no han sido considerados en este inventario, al no ser este tipo de suelos relevante a nivel nacional (superficie inferior al 0,1% del total nacional).

7.2.2.2.- Tierras que pasan a ser bosque

Según la GPG-2003, las tierras gestionadas son convertidas en bosques tanto por regeneración natural como artificial (incluidas plantaciones). La estimación de las emisiones y absorciones de carbono procedentes de la conversión de tierras para usos forestales se ha computado mediante el cambio anual en existencias de carbono en los siguientes tres tipos de depósitos de las tierras convertidas a bosque: i) la biomasa viva, ii) la materia orgánica muerta y iii) el suelo.

El cálculo de las variaciones de CO₂ en tierras que pasan a ser bosques se realiza utilizando la Ecuación 7.2.3.

Ecuación 7.2.3.- Cambio anual en existencias de carbono en tierras convertidas a bosque

(Ecuación 3.2.21 de GPG-2003)

$$\Delta C_{LF} = \Delta C_{LF_{LB}} + \Delta C_{LF_{DOM}} + \Delta C_{LF_{Soils}}$$

donde,

ΔC_{LF} = cambio anual en existencias de carbono en tierras convertidas a bosques (t C x año⁻¹)

$\Delta C_{LF_{LB}}$ = cambio anual en existencias de carbono en biomasa viva de tierras convertidas a bosques (t C x año⁻¹)

$\Delta C_{LF_{DOM}}$ = cambio anual en existencias de carbono en materia orgánica muerta de tierras convertidas a bosques (t C x año⁻¹)

$\Delta C_{LF_{Soils}}$ = cambio anual en existencias de carbono en suelos de tierras convertidas a bosques (t C x año⁻¹)

7.2.2.2.1. 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, mediante el uso de la siguiente ecuación 7.2.4.

Ecuación 7.2.4.- Cambio anual en existencias de carbono por biomasa viva en tierras convertidas a bosques

(Ecuación 3.2.22 de GPG-2003)

$$\Delta C_{LF_{LB}} = \Delta C_{LF_{Growth}} - \Delta C_{LF_{Loss}}$$

donde,

$\Delta C_{LF_{LB}}$ = cambio anual en existencias de carbono en biomasa viva de tierras convertidas a bosques (t C x año⁻¹)

$\Delta C_{LF_{Growth}}$ = incremento anual en existencias de carbono en biomasa viva debido al crecimiento en tierras convertidas a bosque (t C x año⁻¹)

$\Delta C_{LF_{Loss}}$ = decrecimiento anual en existencias de carbono en biomasa viva debido a pérdidas derivadas de la recolección, de la recogida de leña y de las perturbaciones, en tierras convertidas a bosque (t C x año⁻¹)

A) Incremento en existencias de carbono en la biomasa viva ($\Delta C_{LF_{Growth}}$)

El cálculo del incremento de carbono en la biomasa se ha calculado utilizando la ecuación 7.2.5., propuesta en la GPG-2003.

Ecuación 7.2.5.- Incremento anual en existencias de carbono en biomasa viva debido al crecimiento en tierras convertidas a bosque

(Ecuación 3.2.23 de GPG-2003)

$$\Delta C_{LF_{Growth}} = \left[\Delta_k A_{INT_k} \cdot G_{TotalINT_k} + \Delta_m A_{EXT_m} \cdot G_{TotalEXT_m} \right] \cdot CF$$

donde,

$\Delta C_{LF_{Growth}}$ = incremento anual en existencias de carbono en biomasa viva debido al crecimiento en tierras convertidas a bosque (t C x año⁻¹)

$\Delta_k A_{INT_k}$ = área de tierra convertida a bosque de manejo intensivo bajo la condición k (incluidas plantaciones) (ha)

$G_{TotalINT_k}$ = coeficiente de crecimiento anual de biomasa en bosques con manejo intensivo bajo la condición k (incluidas plantaciones) (t m.s. x ha⁻¹ x año⁻¹)

$\Delta_m A_{EXT_m}$ = área de tierra convertida a bosque de manejo extensivo bajo la condición m (incluidas regeneraciones naturales) (ha)

$G_{TotalEXT_m}$ = coeficiente de crecimiento anual de biomasa en bosques con manejo extensivo bajo la condición m (incluidas regeneraciones naturales) (t m.s. x ha⁻¹ x año⁻¹)

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) (t C x t m.s.⁻¹)

Del manejo del bosque dependen la obtención de los datos de partida y los cálculos:

- en el caso de manejo intensivo, las zonas elegidas han sido las correspondientes a las tierras agrarias reforestadas, ya que estas áreas se regeneran de forma artificial.
- en el caso de manejo extensivo, el resultado correspondería al área forestal que no cumplía las condiciones de bosque y que, por el aumento de la masa y de la Fracción de Cebida Cubierta (>10%), pasaría a serlo. Es decir, el regenerado forestal natural con un mínimo de intervención humana¹¹.

A.1) Manejo intensivo:

La parte de la ecuación 7.2.5., correspondiente al manejo intensivo, se referencia a continuación en la ecuación 7.2.5.a.:

Ecuación 7.2.5.a.- Incremento anual en existencias de carbono en biomasa viva debido al crecimiento en tierras convertidas a bosque por manejo intensivo

$$\Delta C_{LF_{Growth}^{INT}} = [\Delta_k A_{INT_k} \bullet G_{TotalINT_k}] \bullet CF$$

donde,

$\Delta C_{LF_{Growth}^{INT}}$ = incremento anual en existencias de carbono en biomasa viva debido al crecimiento en tierras convertidas a bosque por manejo intensivo (tC x año⁻¹)

$\Delta_k A_{INT_k}$ = área de tierra convertida a bosque de manejo intensivo bajo la condición k (incluidas plantaciones) (ha)

$G_{TotalINT_k}$ = coeficiente de crecimiento anual de biomasa en bosques con manejo intensivo bajo la condición k (incluidas plantaciones) (t m.s. x ha⁻¹ x año⁻¹)

¹¹ Esta situación, sin embargo, no se ha registrado en el inventario, como se verá más adelante, pues no se han identificado tierras con manejo extensivo que de otros usos pasan a ser tierras forestales.

k = representa las diferentes condiciones en las cuales crecen los bosques con manejo intensivo.

CF = fracción del carbono en la materia seca (por defecto = 0,5) (t C x t m.s.⁻¹)

El área (A_{Int}) se obtiene a partir de los datos de forestación de tierras agrícolas aportados por el Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino.

Para el cálculo del coeficiente de crecimiento anual de biomasa en bosques ($G_{Total INT}$) se ha utilizado la ecuación 7.2.6.

Ecuación 7.2.6.- Biomasa de las tierras agrarias que pasan a ser bosques.

(Ecuación 3.2.5 de GPG-2003)

$$G_{TotalINT} = G_W \cdot (1 + R)$$

$$G_W = I_v \cdot D \cdot BEF$$

donde,

$G_{TotalINT_k}$ = coeficiente de crecimiento anual de biomasa en bosques con manejo intensivo bajo la condición k (incluidas plantaciones) (t m.s. x ha⁻¹ x año⁻¹)

G_W = incremento medio anual de biomasa aérea (t m.s. x ha⁻¹ x año⁻¹)

R = coeficiente de expansión de biomasa por raíces (sin dimensión)

I_v = media anual del incremento neto en el volumen comercial (m³ x ha⁻¹ x año⁻¹)

D = densidad básica de la madera (t m.s. x ha⁻¹ x año⁻¹)

BEF = factor de expansión de la biomasa para conversión del incremento neto anual (incluida corteza) al incremento de biomasa aérea del árbol (sin dimensión)

El incremento medio anual de biomasa aérea en plantaciones se toma del Mapa de Productividad Potencial de España (publicado por el antiguo Ministerio de Medio Ambiente). Este mapa divide la superficie nacional en 14 categorías de incremento anual de volumen aéreo comercial (en m³/ha) (véase Tabla 7.2.6)¹², y asigna por comunidades autónomas un porcentaje de superficie que corresponde a cada categoría.

¹² Las 14 categorías consideradas se han establecido por combinación de varios factores litológicos y de productividad potencial, según muestra la tabla A.3.3.4 del anexo A.3.3.1.

Tabla 7.2.6.- Productividad en sistemas forestales ($m^3 ha^{-1} año^{-1}$)

Categorías	Rango de productividad ($m^3 ha^{-1} año^{-1}$)	Productividad media ($m^3 ha^{-1} año^{-1}$)
Ia	>9,00	12,33
Ib	8,25-9,00	8,63
Ic	7,50-8,25	7,88
IIa	6,75-7,50	7,13
IIb	6,00-6,75	6,38
IIIa	5,25-6,00	5,63
IIIb	4,50-5,25	4,88
IVa	3,75-4,50	4,13
IVb	3,00-3,75	3,38
Va	2,25-3,00	2,63
Vb	1,50-2,25	1,88
VIa	1,00-1,50	1,25
VIb	0,50-1,00	0,75
VII	<0,50	0,25

Fuente: Mapa de productividad potencial de España, 2000.

En la categoría **Ia**, al tener sólo un valor “mayor que”, se ha tomado la media de los valores mínimos por defecto de la Tabla 3A.1.7.de la GPG-2003 correspondientes a las especies *Pinus radiata*, *Eucaliptus globulus* y *E. camaldulensis*, por considerarse, dentro de la lista de especies de la tabla, los que mejor representan el caso español.

Los incrementos anuales de volumen aéreo comercial para cada comunidad autónoma se presentan en la Tabla 7.2.7

Tabla 7.2.7.- Productividad potencial por comunidades autónomas ($m^3 ha^{-1} año^{-1}$)

Comunidad Autónoma	Iv ($m^3 ha^{-1} año^{-1}$)
Andalucía	4,70
Aragón	3,49
Asturias	10,89
Baleares	4,54
C. Valenciana	3,92
Canarias	3,64
Cantabria	9,49
Castilla León	4,11
Castilla Mancha	3,43
Cataluña	5,12
País Vasco	9,55
Extremadura	5,34
Galicia	9,93
La Rioja	4,09
Madrid	3,94
Murcia	2,78
Navarra	6,64

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos del Mapa de Productividad Potencial de España, año 2000.

Del mismo modo que en el apartado *bosque que se mantiene como bosque*, los factores de expansión de biomasa aérea utilizados son los aportados por el CREAM, denominados $(BEF \cdot D)$, que equivalen al producto de BEF por D y el factor de expansión a raíces se ha obtenido de la Tabla 3A.1.8 de la GPG-2003.

Al disponer sólo de información limitada sobre el desglose por especies utilizadas para la reforestación, se han considerado unos valores medios de los factores de expansión a biomasa aérea y a raíces $((BEF \cdot D)_{med} \text{ y } R_{med})^{13}$:

- $(BEF \cdot D)_{med} = 0,72$
- $R_{med} = 0,331$

A.2) Manejo extensivo

La parte de la ecuación 7.2.5., correspondiente al manejo extensivo se referencia a continuación en la ecuación 7.2.5.b:

Ecuación 7.2.5.b.- Incremento anual en existencias de carbono en biomasa viva debido al crecimiento en tierras convertidas a bosque por manejo extensivo

$$\Delta C_{LF_{Growth}EXT} = [\Delta_m A_{EXT_m} \cdot G_{TotalEXT_m}] \cdot CF$$

$\Delta C_{LF_{Growth}EXT}$ = incremento anual en existencias de carbono en biomasa viva debido al crecimiento en tierras convertidas a bosque por manejo extensivo (t C x año⁻¹)

$\Delta_m A_{EXT_m}$ = área de tierra convertida a bosque de manejo extensivo bajo la condición m (incluidas regeneraciones naturales) (ha)

$G_{TotalEXT_m}$ = coeficiente de crecimiento anual de biomasa en bosques con manejo extensivo bajo la condición m (incluidas regeneraciones naturales) (t m.s. x ha⁻¹ x año⁻¹)

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) (t C x t m.s.⁻¹)

La biomasa de los bosques bajo estas condiciones de manejo extensivo se estimaría utilizando la misma metodología que en el apartado 7.2.2.1, *Bosques que se mantienen*

¹³ Media calculada a partir de los valores medios de frondosas y de coníferas.

como bosques, pero al identificarse como nula la superficie de tierras que pasan a ser bosque en manejo extensivo se considera que no ocurre esta actividad.

B) Decrecimiento en existencias de carbono en la biomasa viva ($\Delta C_{LF_{Loss}}$)

No se contabilizan pérdidas de biomasa por recolección, recogida de leña o perturbaciones en las *tierras que pasan a ser bosque*, debido a que es una información ya incluida en los datos de partida, por lo que el cálculo se centra exclusivamente en la parte correspondiente al incremento de existencias de carbono en la biomasa viva ($\Delta C_{LF_{Growth}}$).

7.2.2.2.2. Variación en las existencias de carbono en materia orgánica muerta y suelos

Igual que en el caso de *bosque que se mantiene como bosque*, en la GPG-2003 se asume que, bajo el Nivel 1 (Tier 1), la tasa de transferencia al depósito de madera muerta y residuos/detritus es igual a la tasa de transferencia desde estos depósitos, de manera que la variación neta es nula (se considera que permanecen constantes a lo largo del tiempo). Están en estudio las aportaciones del suelo, pero por el momento se asume, bajo el nivel 1 (Tier1), que las transferencias netas “de” y “a” suelos son nulas. Así, el cálculo de la variación de existencias de carbono se centra exclusivamente en la parte correspondiente a biomasa viva.

7.2.2.3.- Quema de biomasa, incendios forestales

En este apartado se examinan las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO₂ procedentes de la quema de biomasa. La quema de biomasa está asociada a numerosos tipos de uso de la tierra causantes de emisiones de CO₂, CH₄, N₂O, CO y NO_x. Las dos categorías principales de procesos de combustión a considerar son:

- La quema en bosques gestionados¹⁴.
- La quema cuyo resultado es una conversión de bosque a otro tipo de uso de la tierra. En este caso y, de acuerdo con la legislación nacional, como supuestamente no se dan casos de cambio de uso de bosque a otro tipo tras un incendio, se considera que no ocurre este proceso.

Metodología

En términos generales, los incendios pueden clasificarse en prescritos (o controlados) y espontáneos. Los incendios asociados al desbroce y a las actividades de gestión de ecosistemas suelen ser incendios controlados. La finalidad de estas quemas suele ser la eliminación de biomasa indeseada. De este tipo de quemas, prescritas o controladas, no ha

¹⁴ Se considera que toda la superficie forestal nacional es o ha sido gestionada en algún momento. No se notifica el impacto de los incendios sobre las tierras forestales no gestionadas.

podido, sin embargo, realizarse una estimación de las emisiones al no disponer de los datos de base necesarios.

Como no se aplican métodos que recojan las absorciones por rebrote después de una alteración natural, no es necesario informar de las emisiones de CO₂ asociadas a perturbaciones naturales, de acuerdo con la publicación GPG-2003.

La metodología que se describe a continuación permite estimar las emisiones de CH₄, N₂O, CO y NO_x procedentes de la quema de biomasa en tierras forestales gestionadas. En esta sección se presenta también los resultados de la estimación de dichas emisiones.

La exactitud de las estimaciones depende de los datos disponibles. Los datos de variables de actividad que se utilizan, incluyendo la estimación de la cantidad de carbono emitido como CO₂, son específicos de España, cumpliendo los requerimientos exigidos en el enfoque metodológico de Nivel 2 (Tier 2); mientras para el coeficiente N/C y para los factores de emisión de los gases distintos del CO₂ se toman los valores por defecto de la GPG-2003.

Las emisiones de gases distintos del CO₂ pueden estimarse sobre la base del carbono total liberado, mediante la Ecuación 7.2.7. (Ecuación 3.2.19 de la publicación GPG-2003).

Ecuación 7.2.7. Estimación de las emisiones de gases distintos del CO₂ a partir de C liberado

(Ecuación 3.2.19 de GPG-2003)

ECUACIÓN 3.2.19	
ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES DE GASES DISTINTOS DEL CO ₂ A PARTIR DEL C LIBERADO	
Emisiones de CH ₄	= (carbono liberado) · (relación de emisión) · 16/12
Emisiones de CO	= (carbono liberado) · (relación de emisión) · 28/12
Emisiones de N ₂ O	= (carbono liberado) · (relación N/C) · (relación de emisión) · 44/28
Emisiones de NO _x	= (carbono liberado) · (relación N/C) · (relación de emisión) · 46/14

Los cálculos se efectúan por separado para cada gas de efecto invernadero, utilizando los factores de emisión apropiados, cuyos valores centrales se muestran en la segunda columna de la tabla 7.2.8 siguiente, y que están tomados del cuadro 3A.1.15 de la publicación GPG-2003. Estos factores están referidos a la quema a cielo abierto de bosques talados. Al utilizar la Ecuación 3.2.19 de la publicación GPG-2003 se necesita un **coeficiente de emisión** y una relación N/C. En el caso de combustible quemado se ha tomado para la relación **N/C** el valor 0,01, como indica el GPG-2003 en su apartado 3.2.1.4.2.2 de elección de factores de emisión en su enfoque de Nivel 1.

Tabla 7.2.8.- Coeficientes de emisión para la quema a cielo abierto de bosques talados

Compuesto	Coeficientes de emisión		
	Valor central	Límite Inferior	Límite Superior
CH ₄	0,012	0,009	0,015
CO	0,06	0,04	0,08
N ₂ O	0,007	0,005	0,009
NO _x	0,121	0,094	0,148

Fuente: GPG-2003

En cuanto al **carbono liberado**, la metodología descrita permite estimar la liberación inmediata de carbono durante un incendio. Ésta es del orden del 20% del carbono que forma parte de la biomasa aérea y del 60% del carbono de la biomasa de residuos (según información de la sección 11.3 del informe “Inventarios Nacionales de Emisiones a la Atmósfera 1990-2006” que edita el Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino, basada en el artículo de Rodríguez Murillo, 1994).

La información estadística necesaria para el cálculo de las emisiones originadas por los incendios se ha tomado de la publicación “Los incendios forestales en España” que edita el Área de Defensa contra Incendios Forestales de la Dirección General de Medio Natural y Política Forestal.

La estimación se realiza sólo para las áreas de monte arbolado afectadas por los incendios, considerándose como monte arbolado las superficies cubiertas por especies arbóreas productoras de madera comercial, leña, resina, corcho o frutos forestales.

Para calcular el carbono liberado en un incendio, se parte de la biomasa previa existente. Se tratan por separado las superficies arboladas explotadas comercialmente y las no explotadas comercialmente.

En las superficies arboladas (con o sin aprovechamiento comercial) pueden distinguirse, en principio, los siguientes componentes de biomasa susceptibles de ser afectados por el fuego:

1. Biomasa Aérea:
 - a. Fracción comercial (M), formada por los troncos de tamaño comercial.
 - b. Resto de biomasa aérea (B), formada por las ramas, hojas y partes no comerciales del tronco.
2. Biomasa subterránea (U), formada por las raíces.
3. Biomasa de residuos en el suelo (PL), formada por los residuos de la biomasa aérea caídos al suelo.

La biomasa total se expresa como: $T = M + B + U + PL$

T se halla a partir de la información disponible, dividida entre superficies explotadas comercialmente y no explotadas comercialmente.

Superficie arbolada explotada comercialmente.

En las superficies con aprovechamiento comercial se dispone de la información del volumen maderable que, multiplicada por la estimación de Carbono por especie (0,227 t/m³ para las coníferas y 0,316 t/m³ para las frondosas, véase Tabla 3H7.2.9), permite obtener la masa de carbono presente en el volumen maderable.

Superficie arbolada no explotada comercialmente.

El dato de partida es la superficie afectada por los incendios, que se multiplican por los coeficientes de biomasa por hectárea para los correspondientes grupos de especies (43 m³/ha para coníferas y 73 m³/ha para frondosas, véase Tabla 3H7.2.9) obteniendo los volúmenes de biomasa total afectados por los incendios. Estos volúmenes multiplicados por los factores de densidad de carbono en el volumen de la biomasa afectada, dan como resultado la masa de carbono contenida en la superficie arbolada no comercial afectada por los incendios.

Tabla 7.2.9.- Parámetros del modelo de emisiones de incendios forestales

	CONÍFERAS	FRONDOSAS
Volúmenes de biomasa por superficie	43 m ³ /ha	73 m ³ /ha
Estimación de C en la especie	0,227 g/cm ³	0,316 g/cm ³

Fuente: Rodríguez Murillo (1994)

Por tanto, la estimación del carbono correspondiente a la fracción comercial (M) antes del incendio es:

$$M = (Mc*dc + Mf*df) + (Sc*ic*dc + Sf*if*df)$$

donde,

<i>M</i>	Fracción comercial
<i>Mc</i>	Fracción comercial coníferas en área explotada comercialmente
<i>Mf</i>	Fracción comercial frondosas en área explotada comercialmente
<i>Sc</i>	Superficie arbolada de coníferas no explotada comercialmente
<i>Sf</i>	Superficie arbolada de frondosas no explotada comercialmente
<i>ic</i>	Índice biomasa coníferas
<i>if</i>	Índice biomasa frondosas
<i>dc</i>	Densidad de Carbono en coníferas
<i>df</i>	Densidad de Carbono en frondosas

Las relaciones entre las diferentes componentes de la biomasa total (T), de acuerdo con Rodríguez Murillo (1994) son las siguientes, tomando como referencia la variable fracción comercial (M) aportada por la estadística de incendios:

1. Coeficiente de expansión de fracción comercial (M) a biomasa total (T): $T = 2,7 M$
2. Estimación de la biomasa subterránea en un 25% de la biomasa aérea: $U = 0,25 (M+B)$
3. Estimación de residuos sobre suelo en un 10% de la biomasa de la planta: $PL = 0,1 (M+B+U)$

Por tanto, la masa de carbono total (T) se estima como:

$$T = M + B + U + PL$$

donde,

T	Biomasa Total
M	Fracción comercial
B	Resto de biomasa aérea
U	Raíces
PL	Hojasca/desechos

Los coeficientes de fracción de biomasa efectivamente quemada (20% del carbono que forma parte de la biomasa aérea y del 60% del carbono de la biomasa de residuos, como se ha comentado anteriormente) se asumen como iguales para las dos clases de superficie arbolada (explotada y no explotada comercialmente).

Presentación de resultados

De acuerdo con la metodología propuesta, la estimación de las emisiones de gases de efecto invernadero aparece en la Tabla 7.2.4.

7.2.3.- Incertidumbres y coherencia de series temporales

Continúa la fase de recopilación de información de base sobre caracterización de variables de actividad y parámetros que intervienen en el algoritmo de estimación, tanto de las captaciones de carbono en bosques, como de emisiones de los incendios forestales.

Las series temporales con la información de base y resultados, tanto de la categoría 5A, como de las superficies estimadas de las categorías 5B a 5F, se consideran temporalmente coherentes dadas, por un lado, las características de la información de base utilizada del inventario forestal, de la estadística de incendios, y de las cartografías utilizadas de CORINE LANDCOVER y del mapa forestal, y por otro, el mantenimiento en el tiempo de los algoritmos de estimación utilizados.

7.2.4.- Actividades de control y aseguramiento de la calidad

En lo referente al control de calidad se han aplicado procedimientos para la identificación de las fuentes consideradas más fiables sobre variables de actividad y parámetros del algoritmo de estimación de emisiones. En esta edición del inventario se ha utilizado la información más actualizada disponible sobre el inventario forestal nacional, las estadísticas de forestación de tierras agrarias y las estadísticas de incendios forestales.

Se han utilizado procedimientos referenciados para el cálculo de las captaciones de carbono y las emisiones de los incendios forestales. Los algoritmos de estimación y los resultados de los cálculos han sido revisados por el grupo GT-USCC.

La documentación de base y de resultados se ha integrado en el archivo del sistema del inventario nacional.

7.2.5.- Nuevos cálculos

Los resultados de esta edición del inventario modifican los de la serie 1990-2006, aparecidos en la edición anterior, debido a la nueva información de base disponible y a la revisión metodológica efectuada, aspectos que se comentan más adelante.

Se ha procedido a la incorporación de nuevas provincias en el conocimiento del volumen maderable con corteza (Vcc) por parte del IFN y los resultados obtenidos se han aplicado a los cálculos de bosque que sigue siendo bosque.

En el proceso de actualización continua de la metodología se ha reestructurado la tabla de la productividad potencial, antes llamada "incremento anual de volumen aéreo comercial por CCAA", tabla 7.2.5)

7.2.6.- Mejoras planificadas en el cálculo de absorciones y emisiones relacionadas con bosques

Se está estudiando la posibilidad de incluir en futuros inventarios los cálculos correspondientes a otros factores que influyen en el balance de carbono en los depósitos del suelo y de la materia orgánica muerta.

Por otra parte, se está recabando y analizando información suplementaria demandada por el Protocolo de Kioto en relación con las actividades recogidas en los artículos 3.3. (forestación, reforestación y deforestación) y 3.4. (gestión de bosques y gestión de tierras agrícolas en el caso de España).

7.3.- Cultivos agrícolas (5B)

Se incluyen en los cultivos agrícolas todos los cultivos anuales y permanentes así como las tierras en barbecho (tierras que se dejan sin cultivar durante uno o más años para su descanso). Los cultivos anuales están constituidos por plantas herbáceas de ciclo anual, tales como cereales, legumbres, tubérculos, cultivos industriales y cultivos forrajeros; mientras los cultivos permanentes están formados por plantas leñosas de ciclo plurianual, entre las que en España destacan, por la superficie ocupada, el olivar, el viñedo y los frutales. Existen también superficies con combinaciones de cultivos herbáceos y leñosos que se integran dentro de la superficie de cultivos (agrosilvicultura), excepto cuando tales tierras puedan ser clasificadas como tierras forestales, según los criterios expuestos más arriba en el apartado 7.1.1.

7.3.1.- Descripción de la categoría

En esta categoría se consideran los cultivos que se mantienen como cultivos y las tierras que de otros usos pasan a ser cultivos. En el periodo inventariado (1990-2007) no se han observado conversiones de otros usos de tierra a tierras agrícolas.

7.3.2.- Metodología

7.3.2.1.- Cultivos que se mantienen como cultivos

Cambios en las existencias de carbono en la biomasa viva

Siguiendo las indicaciones de las GPG-2003 se estima que para los cultivos anuales herbáceos el carbono contenido en la biomasa se recicla anualmente, pues se considera despreciable la fracción de residuo de la biomasa que puede descomponerse in situ e incorporarse al suelo.

En cuanto a los cultivos leñosos, según la GPG-2003, y dependiendo de la fase del ciclo de maduración en la que se encuentren, pudiera darse efectos de fuente o de sumidero en intervalos temporales acotados, mientras, para los sistemas estacionarios maduros, el saldo neto puede considerarse nulo. España tiene una superficie muy importante, cercana al 10% de la superficie total del territorio nacional, dedicada a cultivos leñosos, como se muestra, para la serie temporal 1990-2007, en la tabla 7.3.1 En dicha tabla figuran las superficies de cultivos leñosos, con desglose por tipo de cultivo.

Tabla 7.3.1.- Superficies de cultivos permanentes (ha)

Año	Permanentes							Total 10.01.01
	Frutales				No frutales		Resto Permanentes	
	Naranja	Mandarino	Almendro	Otros frutales	Olivar de almazara	Vinado de vino		
1990	127.021	67.477	584.109	344.521	1.877.466	1.393.047	244.437	4.638.078
1991	134.485	97.072	637.548	365.889	2.122.255	1.123.308	246.524	4.727.081
1992	134.485	97.072	637.548	365.889	2.122.255	1.123.308	246.524	4.727.081
1993	134.485	97.072	637.548	365.889	2.122.255	1.123.308	246.524	4.727.081
1994	134.485	97.072	637.548	365.889	2.122.255	1.123.308	246.524	4.727.081
1995	134.485	97.072	637.548	365.889	2.122.255	1.123.308	246.524	4.727.081
1996	121.673	97.072	637.548	365.319	1.995.228	1.085.011	245.389	4.547.240
1997	124.467	86.425	629.087	337.221	2.034.844	1.082.411	233.894	4.528.349
1998	129.579	89.383	630.132	337.094	2.074.552	1.078.043	225.153	4.563.936
1999	125.865	91.966	624.321	336.704	2.039.601	1.073.997	262.165	4.554.619
2000	120.870	94.746	650.750	344.675	2.087.974	1.090.773	268.904	4.658.692
2001	125.089	96.288	627.947	340.508	2.135.402	1.109.356	250.398	4.684.988
2002	121.445	98.148	602.079	328.306	2.143.972	1.091.473	249.112	4.634.535
2003	123.704	99.992	596.873	341.066	2.170.508	1.081.008	253.024	4.666.175
2004	121.861	104.171	593.250	333.894	2.198.743	1.095.969	336.852	4.784.740
2005	118.130	105.300	585.273	324.167	2.221.136	1.072.128	325.504	4.751.638
2006	122.924	105.462	549.541	317.212	2.230.191	1.031.081	307.075	4.663.487
2007	122.924	105.462	549.541	317.212	2.230.191	1.031.081	307.075	4.663.487

Fuente: "Anuario de Estadística Agroalimentaria"

Se ha estimado el incremento de la biomasa aérea en el caso de los cultivos leñosos, aplicando el valor por defecto de tasas de acumulación de biomasa por ha y año que viene reflejado en la sección 3.3.1.1.1. de la GPG-2003 y que, según la tabla 3.3.2 de dicha publicación, es de 2,1 t C/ha/año para los climas templados. Aunque los datos de actividad disponibles permiten diferenciar dos regímenes de humedad, no se ha encontrado factor de acumulación de biomasa diferenciado para cada uno de ellos en la GPG-2003, por lo que se ha aplicado el factor por defecto citado al conjunto de la superficie sin diferenciar regímenes de humedad. Por otra parte, se estima, basándose en los descensos del Índice de Área Foliar (*Leaf Area Index, LAI*) y la transparencia de las copas observados en podas de arbolado (que oscilan entre el 30% y el 60% de reducción), que la poda reduce el 50% de aquellos crecimientos.

En la tabla 7.3.2 se muestra la estimación de la fijación de carbono como resultado de multiplicar las superficies de la tabla 7.3.1 por el factor de fijación neto de fijación de carbono ($1,05 = 2,1 \cdot (1 - 0,5)$ t C/ha*año).

Tabla 7.3.2.- Fijación de carbono en los cultivos permanentes (Gg C)

Año	Permanentes							Total cultivos permanentes
	Frutales				No frutales		Resto Permanentes	
	Naranja	Mandarino	Almendro	Otros frutales	Olivar de almazara	Viñedo de vino		
1990	133	71	613	362	1.971	1.463	257	4.870
1991	141	102	669	384	2.228	1.179	259	4.963
1992	141	102	669	384	2.228	1.179	259	4.963
1993	141	102	669	384	2.228	1.179	259	4.963
1994	141	102	669	384	2.228	1.179	259	4.963
1995	141	102	669	384	2.228	1.179	259	4.963
1996	128	102	669	384	2.095	1.139	258	4.775
1997	131	91	661	354	2.137	1.137	246	4.755
1998	136	94	662	354	2.178	1.132	236	4.792
1999	132	97	656	354	2.142	1.128	275	4.782
2000	127	99	683	362	2.192	1.145	282	4.892
2001	131	101	659	358	2.242	1.165	263	4.919
2002	128	103	632	345	2.251	1.146	262	4.866
2003	130	105	627	358	2.279	1.135	266	4.899
2004	128	109	623	351	2.309	1.151	354	5.024
2005	124	111	615	340	2.332	1.126	342	4.989
2006	129	111	577	333	2342	1083	322	4897
2007	129	111	577	333	2342	1083	322	4897

Fuente: "Anuario de Estadística Agroalimentaria"

Sin embargo, como no se disponen de datos de la fase del ciclo de maduración en la que se encuentran estos cultivos, se ha decidido considerar las absorciones netas igual a cero, hasta que se realice un análisis completo de los datos de superficies de cultivos leñosos, en el que se tratarán de diferenciar los cultivos estacionarios maduros de los que no lo son.

Variación en las existencias de carbono en suelos

La variación de carbono orgánico en el suelo no se ha estimado dado que se considera que la metodología descrita en la GPG-2003 no permite un cálculo adecuado en el caso de España. Esto es debido a que la información de la que se dispone en este

momento sobre las actividades que pueden conllevar un cambio de los stocks es preliminar, estando en su mayoría todavía en proceso de compilación. Por el momento, se asume, como aproximación conservadora, que no existen cambios.

7.3.2.2.- Tierras que pasan a ser cultivos

No se han contabilizado conversiones de otros usos de tierras a tierras de cultivo. La conversión ha tenido lugar en sentido contrario, pues de la comparación de CLC90 con CLC2000, resulta que las superficies agrícolas se han reducido en España cerca de 1.000.000 de hectáreas.

7.3.3.- Incertidumbre y coherencia de series temporales

Continúa la fase de recopilación y estimación de las incertidumbres asociadas a las variables de actividad.

7.3.4.- Actividades de control y aseguramiento de la calidad

Se está implementando un control de calidad en cuanto a la estimación de las superficies, contrastando los datos de CORINE LANDCOVER con fuentes estadísticas y cartográficas nacionales de usos del suelo y tipos de usos del suelo. En la reasignación de categorías a las categorías de la CMNUCC se están contemplando los datos de la Dirección General de Desarrollo Sostenible del Medio Rural del Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino como fuente fiable de las forestaciones en el marco de la Política Agrícola Común (PAC). En este sentido se mantiene una estrecha relación con el Departamento de Estadística del Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. El control se realiza fundamentalmente comparando el CLC con los mapas de usos y aprovechamientos.

7.3.5.- Nuevos cálculos

No se han realizado nuevos cálculos con respecto al envío anterior.

7.3.6.- Mejoras planificadas en el cálculo de absorciones y emisiones relacionadas con las tierras de cultivo

Se está tratando de recoger la influencia de los procedimientos de gestión aplicados en los suelos agrícolas y, a tal fin, se está recopilando información sobre las prácticas de agricultura ecológica e integrada, que son cada vez más frecuentes en España y que comenzaron a implantarse después del año 1990.

7.4. Pastizales (5C)

Se consideran pastizales las tierras dedicadas a pastoreo que se encuentran exentas de vegetación arbórea. Las dehesas, que en su mayoría se dedican al pastoreo y la

producción de leñas menores y que no cumplen la definición de bosque, se han incluido por el momento en la categoría de otras tierras.

En esta sección se informa sobre las absorciones de carbono (C), y por tanto sumideros de CO₂ en los "pastizales", y en concreto en la subcategoría de tierras agrícolas convertidas a pastizales. La absorción de C viene determinada por la fijación neta de C en "tierras convertidas a pastizales" (TP).

En el examen de categorías clave se ha hecho un análisis separado para el sector LULUCF. Dentro de este sector, los pastizales no constituyen una fuente clave, ni por el nivel ni por la tendencia, en ninguno de los años del periodo inventariado. No obstante lo anterior, y por exhaustividad en la información presentada, se ha decidido mantener esta sección 7.4 dedicada a los pastizales.

Estimación de los sumideros de carbono

La cuantificación de la fijación de carbono por los pastizales, provenientes de la conversión de tierras de cultivo, a lo largo del periodo 1990-2007 se muestra en la tabla 7.4.1. Como se explicará posteriormente, su fuente es la fijación incremental neta de carbono en los suelos convertidos de uso agrícola a pastizal.

Tabla 7.4.1.- Fijación de carbono por los pastizales provenientes de tierras de cultivo (Gg C)

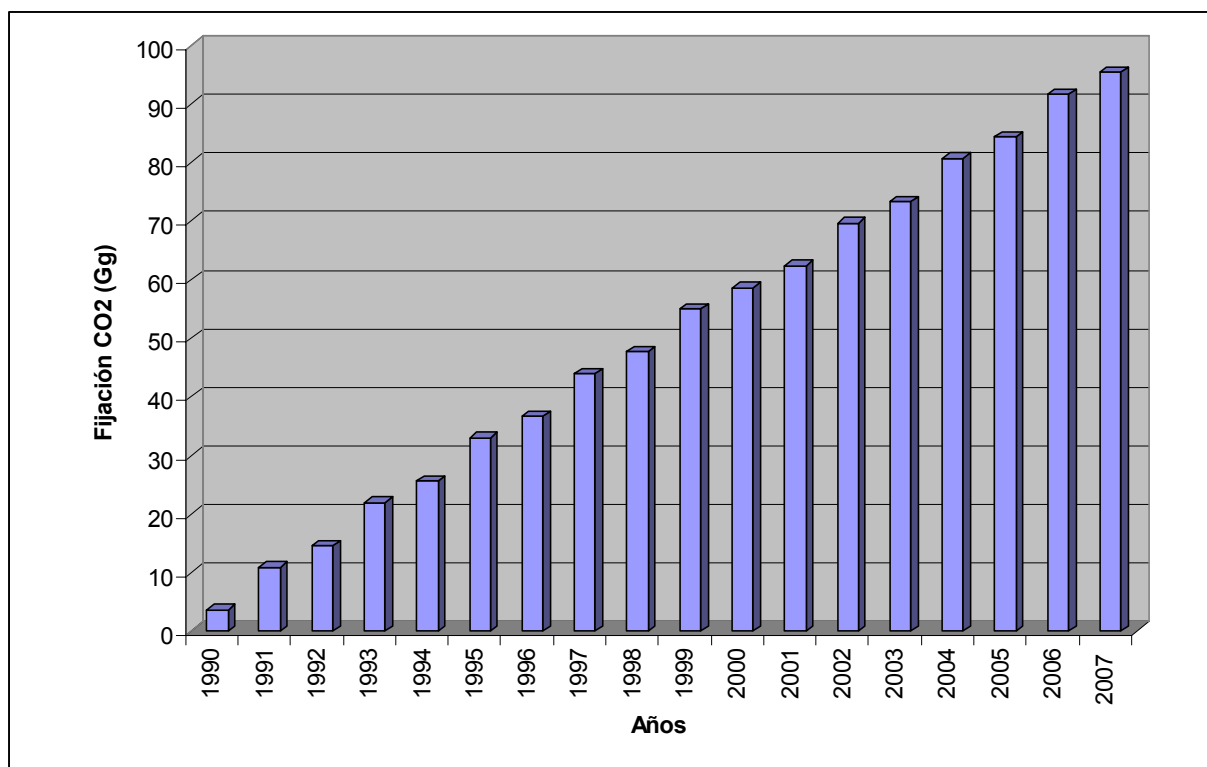
ktC	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
CG	1	3	4	6	7	9	10	12	13
TOTAL	1	3	4	6	7	9	10	12	13

	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
CG	15	16	17	19	20	22	23	25	26
TOTAL	15	16	17	19	20	22	23	25	26

CG: Cultivos que pasan a ser pastizales (por sus siglas en inglés)

En la Figura 7.4.1 se representa la evolución temporal de esta fijación de carbono, expresada ya en masa (Gg) de CO₂, desde el año 1990 al 2007.

Figura 7.4.1.- Evolución de la tendencia de la fijación de CO₂ en los pastizales (Gg de CO₂)



7.4.1.- Descripción de las fuentes y sumideros

En esta categoría se consideran los pastizales que se mantienen como pastizales y las tierras de otros usos (cultivos agrícolas) convertidas a pastizales.

En los pastizales que se mantienen como tales no se considera que tengan lugar variaciones netas de carbono, ni en la biomasa viva, ni en los suelos. En cuanto al cambio de uso la única conversión a pastizales que se ha detectado procede de tierras agrarias, generalmente por abandono de las mismas, lo que hace que se establezca una cubierta herbácea perenne y que de forma lenta aumente la materia orgánica del suelo, fijación de C, al no practicarse el laboreo. Esta conversión no es muy grande y se estima del orden de 5.775 ha/año para cada uno de los años del periodo inventariado (1990-2007).

Por otra parte, cabe señalar que en los pastizales: i) no se realizan prácticas de *encalado* (adición de caliza a los suelos para corregir su acidez); ii) tampoco se realizan quemas, y iii) si se produce aplicación de fertilizantes esta queda englobada en el cálculo agregado del uso de fertilizantes en agricultura, por lo que las emisiones de GEIs provenientes de los pastizales se consideran nulas.

7.4.2.- Metodología

El GT-USCC se encuentra actualmente en fase de adecuar los factores de emisión y las metodologías de estimación a las circunstancias nacionales. Por el momento en este documento se aplican las metodologías de Nivel 1, por lo que se utilizan valores por defecto.

7.4.2.1.- Pastizales que se mantiene como pastizales

De acuerdo con la metodología de Nivel 1 de la GPG-2003, sólo deben considerarse los incrementos de carbono de los suelos, por tanto no se reportan cambios en la biomasa aérea. Los cambios de stocks de carbono en los suelos se deberían a los cambios en el sistema de gestión de dichos suelos, sin embargo, al no haber sido posible identificar hasta el momento dónde y qué cambios de gestión se han producido, no ha sido posible estimar los cambios de stocks de carbono en suelos de los pastizales que se mantienen como tales.

7.4.2.2.- Tierras que pasan a ser pastizales

Se considera que esta conversión se produce en tierras de secano en las que se realizaban cultivos anuales, por lo general de cereales. La conversión es por tanto de tierras agrícolas a pastizales (CL a GL). Se estima que esta conversión entre el año 1990 y el año 2000 fue de 57.750 ha, por lo que se atribuye una conversión anual de 5.775 ha/año entre dichos años, promedio que se mantiene después hasta el año 2007. Cuando se disponga de la información de CORINE LANDCOVER 2006 para todo el país se revisarán las estimaciones 2001 a 2007.

Como resultado de la conversión de tierras de cultivo a pastizal, se asume que la vegetación anteriormente dominante es sustituida por un herbazal, por lo general no introducido por siembra. Se aplica la metodología de Nivel 1 de GPG-2003 y se considera que el uso anterior es un cultivo anual (por lo general de cereal), por lo que se estima que no hay pérdidas en la biomasa aérea dado que la biomasa del pastizal como promedio es del mismo orden o superior.

Los cambios de stocks de carbono en el suelo vienen dados por los cambios en el uso de la tierra. Para calcular los cambios de stocks de carbono orgánico en suelos (COS) al convertir tierras de otros usos (en este caso de cultivos agrícolas) a pastizales se utiliza la ecuación 3.4.8 de la GPG-2003. Según dicha ecuación, que se presenta más abajo, los cambios de stocks de carbono vienen determinados por los valores de referencia de las reservas de carbono en los suelos del uso inicial (cultivo) y final (pastizal) y por los cambios entre los usos inicial y final de: i) el factor de uso de la tierra; ii) el factor de gestión de la tierra, y iii) el factor de aportes a la tierra. Las tasas anuales de emisión (fuentes) o de absorción (sumideros) se calculan como la diferencia de las reservas (a lo largo del tiempo) entre el uso final y el inicial, dividida por el número de años del período que transcurre hasta que el cambio se hace estacionario (valor por defecto: 20 años)

Ecuación 7.4.1.- Variación anual de las reservas de carbono en suelos minerales para un solo sistema de pradera
(ecuación 3.4.8 de GPG-2003)

$$\Delta C_{PP_{Minerales}} = [(COS_0 - COS_{0-T}) \cdot S] / T$$

$$COS = COS_{REF} \cdot F_{UT} \cdot F_{RG} \cdot F_E$$

Donde:

$\Delta C_{PP_{Minerales}}$ = variación anual de las reservas de carbono en suelos minerales, en toneladas de C año⁻¹

COS_0 = reservas de carbono orgánico en el suelo de pastizal en el año de inventario, en toneladas de C ha⁻¹

COS_{0-T} = reservas de carbono orgánico en el suelo agrícola T años antes del inventario, en toneladas de C ha⁻¹

T = período de variación incremental neta de carbono en suelos convertidos de cultivo a pastizal, en años (valor por defecto: 20 años)

S = superficie de tierras convertidas de cultivo a pastizal, en ha

COS_{REF} = reservas de carbono de referencia, en toneladas de C ha⁻¹; véase la tabla 7.4.2

F_{UT} = factor de variación de las reservas para un tipo de uso de la tierra o de cambio de uso de la tierra, sin dimensiones; véanse tablas 7.4.3 y 7.4.4

F_{RG} = factor de variación de las reservas para un régimen de gestión, sin dimensiones; véanse tablas 7.4.3 y 7.4.4

F_E = factor de variación de las reservas para el aporte de materia orgánica, sin dimensiones; véanse tablas 7.4.3 y 7.4.4

Los valores de COS_{REF} se toman de la tabla 3.3.3 (idéntica a la 3.4.4) de la GPG-2003 para el valor del uso inicial y para el valor uso final. Los factores de uso de la tierra, de gestión de la tierra y de aportes a la tierra se toman de la tabla 3.3.4, para el uso inicial, y de la tabla 3.4.5, para el uso final, ambas de la GPG-2003. Para una mejor referencia del lector se presentan seguidamente dichas tablas, o extractos de las mismas, con los valores seleccionados de los parámetros resaltados en gris. La selección de los valores de los parámetros está basada en el juicio de expertos nacionales del GT-USCC.

Tabla 7.4.2.- Valor de referencia por defecto (con vegetación nativa) de las reservas de C orgánico en el suelo (COS_{REF}) (en toneladas de C por ha, para una profundidad de 0-30 cm)

(Tabla 3.3.3 de GPG-2003)

Región	Suelos AAA ¹	Suelos ABA ²	Suelos arenosos ³	Suelos espódicos ⁴	Suelos volcánicos ⁵	Suelos de humedal ⁶
Boreal	68	NA	10 [#]	117	20 [#]	146
Templada fría, seca	50	33	34	NA	20 [#]	87
Templada fría, húmeda	95	85	71	115	130	
Templada cálida, seca	38	24	19	NA	70 [#]	88
Templada cálida, húmeda	88	63	34	NA	80	
Tropical, seca	38	35	31	NA	50 [#]	86
Tropical, húmeda	65	47	39	NA	70 [#]	
Tropical, muy húmeda	44	60	66	NA	130 [#]	

Nota: Los datos han sido obtenidos de las bases de datos de suelos descritas por Jobbagy y Jackson (2000) y Bernoux *et al.* (2002). Las reservas están expresadas en valores medios. Para los tipos de suelo-clima se utiliza una estimación de error por defecto del 95% (expresada como el doble de la desviación estándar como porcentaje de la media). NA significa "no aplicable", dado que estos suelos no suelen darse en algunas zonas climáticas.

Indica que no se disponía de datos y que se han conservado los valores por defecto de las *Directrices del IPCC*.

- 1 Los suelos con minerales de arcilla de alta actividad (AAA) son suelos con un nivel de desgaste entre leve y moderado, en los que predominan minerales de arcillas silicatadas 2:1 (en la clasificación de la Base Mundial de Referencia para los Recursos Edáficos (BMR), este grupo abarca los leptosoles, vertisoles, kastanozems, chernozems, phaeozems, luvisoles, alisoles, albeluvisoles, solonetz, calcisoles, gypsisoles, umbrisoles, cambisoles, regosoles; en la clasificación del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) se incluyen también los mollisoles, vertisoles, alfisoles muy alcalinos, aridisoles e inceptisoles).
- 2 Los suelos con minerales de arcilla de baja actividad (ABA) son suelos muy desgastados en los que predominan los minerales de arcilla 1:1 y el hierro amorfo, así como los óxidos de aluminio (en la clasificación BMR se incluyen los acrisoles, lixisoles, nitisoles, ferralsoles, durisoles; en la clasificación USDA se incluyen también los ultisoles, los oxisoles y los alfisoles ácidos).
- 3 Incluye todo tipo de suelos (con independencia de su clasificación taxonómica) que contengan más de un 70% de arena y menos de un 8% de arcilla en base a análisis de textura tipificados; en la clasificación BMR se incluyen los arenosoles; en la clasificación del USDA se incluyen los psammentos).
- 4 Suelos fuertemente podzolizados (en la clasificación BMR se incluyen los podzoles; en la clasificación USDA, los espodosoles).
- 5 Suelos derivados de cenizas volcánicas con mineralogía alofánica (en la clasificación de la BMR, andosoles; en la clasificación del USDA, andisoles).
- 6 Suelos con drenaje restringido que ocasiona crecidas periódicas y condiciones anaeróbicas (en la clasificación de la BMR, gleysoles; en la clasificación del USDA, los subórdenes ácuicos).

Tabla 7.4.3.- Factores relativos de variación de reservas (F_{UT} , F_{RG} y F_E) (más de 20 años) para diferentes actividades de gestión en tierras agrícolas
(tabla 3.3.4 de GPG-2003, extracto)

Tipo de valor del factor	Nivel	Régimen de temperatura	Valor por defecto IPCC 96	Régimen de humedad ¹	Valor por defecto revisado de la OBP	Error ^{2,3}	Descripción
Uso de la tierra (F_{UT})	Barbecho (<20años)	Templado y tropical	0,8	Seco	0,93	± 10%	Representa tierras agrícolas anuales temporalmente no utilizadas (es decir, reservas de conservación) u otras tierras agrícolas no utilizadas y repobladas con hierba perenne
Labranza (F_{RG})	Completo	Templado	1,0	Seco y muy húmedo	1,0	NA	Alteración apreciable del suelo con operaciones de labranza de inversión total y/o frecuentes (a lo largo de un año). En el momento de la plantación, la superficie cubierta de residuos es muy escasa (p. ej., menor de 30%).
Entrada (F_E)	Medio	Templado	1,0	Seco y muy húmedo	1,0	NA	Representativo de un cultivo anual con cereales, en que todos los residuos del cultivo son retornados a la tierra. Si se eliminan residuos, se agrega materia orgánica suplementaria (p. ej., estiércol).

1 Cuando los datos han sido suficientes, se han determinado valores por separado de los regímenes de temperatura templados y tropicales y en regímenes de humedad secos y muy húmedos. Las zonas templadas y tropicales corresponden a las definidas en la introducción del Capítulo 3 (3.1); el régimen de humedad muy húmedo corresponde a una combinación de zonas húmedas y muy húmedas en el trópico y a una región templada muy húmeda (véase la Figura 3.1.3); la zona seca es la misma que la definida en la Figura 3.1.3.

2 ± Dos desviaciones estándar, expresadas como porcentaje del valor medio; cuando no se dispuso de estudios suficientes para realizar un análisis estadístico se utilizaron valores por defecto, basados en el dictamen de expertos, de ± 50%. NA significa "no aplicable", y los factores constituyen valores de referencia definidos.

3 Esta escala de error no incluye errores sistemáticos potenciales, debido al pequeño tamaño de la muestra, que no es representativo del verdadero impacto en todas las regiones del mundo.

4 El segundo valor es aplicable a la clase de suelos ácuicos, tal como se define en las *Directrices del IPCC*. No se apreciaron diferencias significativas para diferentes tipos de suelos en las estimaciones actualizadas producidas aquí para la *Orientación sobre las buenas prácticas*.

Tabla 7.4.4.- Factores de variación relativa de las reservas para la gestión de las praderas [véanse en la sección 3.4.7 los métodos utilizados para estimar los factores de variación de las reservas]
(tabla 3.4.5 de GPG-2003)

Factor	Nivel	Régimen climático	Valores por defecto de las <i>Directrices del IPCC</i>	Valor revisado por defecto de OBP	Error ^{1,2}	Definición
Uso de la tierra (F_{UT})	Todos	Todos	1,0	1,0	NA	A todas las praderas permanentes se les asigna un factor de uso de la tierra igual a 1.
Gestión (F_{RG})	Pradera mejorada	Templado/boreal	1,1	1,14	$\pm 10\%$	Representa praderas gestionadas de manera sostenible con presión de pastoreo moderada y que son objeto de al menos una mejora (p. ej., fertilización, mejora de la especie, regadío).
Aporte (aplicado sólo a las praderas)	Nominal	Todos	NA	1,0	NA	Aplicable a las praderas mejoradas cuando no se han utilizado aportes de gestión adicionales

1 \pm dos desviaciones estándar, expresadas como porcentaje de la media; cuando no existan estudios suficientes para realizar un análisis estadístico se utilizarán valores por defecto, basados en el dictamen de expertos, de $\pm 50\%$. NA significa "no aplicable" para los valores de factores que constituyen valores de referencia, o cuando los valores de los factores no han sido estimados previamente en las *Directrices del IPCC*.

2 En esta escala de error no se incluye el error sistemático potencial debido a las muestras de pequeño tamaño que podrían no ser representativas del verdadero impacto en todas las regiones del mundo.

La síntesis de los valores de las variables (superficies convertidas a pastizales) y de los parámetros de las tablas 7.4.2; 7.4.3; y 7.4.4 seleccionados para el cálculo según la fórmula de la ecuación 7.4.1 se muestra en la tabla 7.4.5 siguiente.

Tabla 7.4.5.- Valores seleccionados para la aplicación del Nivel 1 en la estimación de los cambios de stock en el carbono de los suelos agrícolas tras la conversión a pastizales.

Parámetro	Valor inicial	Valor final	Unidad
Superficie convertida anualmente	5,775		ha
COS_{REF}	24	24	Toneladas C ha ⁻¹
Factor Uso de la Tierra (F_{UT})	0.93	1	Adimensional
Factor Gestión (F_{RG})	1	1,14	Adimensional
Factor Aporte (F_E)	1	1	Adimensional

Como muestra más visual y clara de esta metodología se incluye la tabla 7.4.6 siguiente con las superficies que pasan a ser pastizales, así como las superficies que generan fijación ese año. Dada la no disponibilidad de datos para los años anteriores a 1990 se considera que no existen cambios del uso de la tierra a pastizales para los años anteriores, resultando por tanto la forma triangular de la siguiente tabla.

Estos cambios de usos de suelo comportan una fijación de C en los suelos que se muestra en la tabla 7.4.7.

Tabla 7.4.6.- Superficie de cultivos que pasa a pastizales y superficie que fija C (ha).

		Año que se informa																	
		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Año en el que ocurrió el cambio	1990	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775
	1991		5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775
	1992			5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775
	1993				5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775
	1994					5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775
	1995						5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775
	1996							5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775
	1997								5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775
	1998									5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775
	1999										5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775
	2000											5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775
	2001												5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775
	2002													5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775
	2003														5.775	5.775	5.775	5.775	5.775
	2004															5.775	5.775	5.775	5.775
	2005																5.775	5.775	5.775
	2006																	5.775	5.775
	2007																		5.775
Cambios ocurridos en el año		5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775	5.775
Total de superficie fijadora de C		5.775	11.550	17.325	23.100	28.875	34.650	40.425	46.200	51.975	57.750	63.525	69.300	75.075	80.850	86.625	92.400	98.175	103.950

Tabla 7.4.7.- Fijación de C en los suelos que pasan a ser Pastizales (t C).

		Año que se informa																	
		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Año en el que ocurrió el cambio	1990	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455
	1991		1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455
	1992			1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455
	1993				1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455
	1994					1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455
	1995						1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455
	1996							1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455
	1997								1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455
	1998									1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455
	1999										1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455
	2000											1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455
	2001												1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455
	2002													1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455
	2003														1.455	1.455	1.455	1.455	1.455
	2004															1.455	1.455	1.455	1.455
	2005																1.455	1.455	1.455
	2006																	1.455	1.455
	2007																		1.455
Cambios ocurridos en el año		1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455	1.455
Total de superficie fijadora de C		1.455	2.911	4.366	5.821	7.277	8.732	10.187	11.642	13.098	14.553	16.008	17.464	18.919	20.374	21.830	23.285	24.740	26.190

7.4.3.- Incertidumbre y coherencia de series temporales

Sigue la fase de recopilación y estimación de las incertidumbres asociadas a las variables de actividad. Para los factores de absorción/emisión implicados en la metodología empleada se tomará, en el caso de los factores por defecto, la información de la GPG-2003, la cual se complementará con las evaluaciones de incertidumbre de los factores y parámetros nacionales.

7.4.4.- Actividades de control y aseguramiento de la calidad

Se está implementando un control de calidad en cuanto a la estimación de las superficies, contrastando los datos de CORINE LANDCOVER con fuentes estadísticas y cartográficas nacionales de usos del suelo y tipos de usos del suelo. En este sentido se mantiene una estrecha relación con el Departamento de Estadística del Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino.

7.4.5.- Nuevos cálculos

No se han realizado nuevos cálculos con respecto al envío anterior.

7.4.6.- Mejoras planificadas en el cálculo de absorciones y emisiones relacionadas con los pastizales

Se está desarrollando por el GT-USCC una metodología más elaborada basada en factores nacionales extraídos de una base de datos que se encuentra en proceso de compilación, previendo utilizar, para realizar la extrapolación al territorio nacional, el mapa litológico, los mapas de suelos de las diferentes regiones e información derivada de proyectos en curso (p. ej. Proyecto BALANGEIS, CARBOEUROPE IP, NITROEUROPE IP).

7.5. Humedales (5.D)

7.5.1.- Descripción de las fuentes y sumideros

No se observan cambios en las superficies de humedales en el país. Por lo que las 83.965 ha de tierras clasificadas como humedales permanecen como tales durante toda la serie temporal 1990-2007.

7.5.2.- Metodología

Dado que no se producen cambios en las superficies de humedales en el periodo temporal considerado, no se reporta ninguna fuente o sumidero de carbono en estas tierras.

7.5.3.- Incertidumbres y coherencia de series temporales

No se han estimado, excepto en la consideración de los datos de actividad en su conjunto respecto a la estimación de superficies.

7.5.4.- Actividades de control y aseguramiento de la calidad

No se han estimado, excepto en la consideración de los datos de actividad en su conjunto respecto a la estimación de superficies.

7.5.5.- Nuevos cálculos

No se han realizado nuevos cálculos con respecto al envío anterior.

7.5.6.- Mejoras planificadas en el cálculo de absorciones y emisiones relacionadas con los humedales

Se pretenden introducir resultados de incertidumbres y coherencia de series temporales en lo que respecta a los datos de actividad, como de garantía de la calidad /control de la calidad de los inventarios.

Se están revisando los datos de actividad de algunas empresas registradas en el sector de extracción y manipulación de la turba, para determinar si se producen extracciones en nuestro territorio. De momento y a falta de esta información se han considerado no existentes, dada la pequeña extensión de turberas y el carácter de protección a que están sometidas.

7.6. Asentamientos (5.E)

Se trata de todos aquellos territorios dedicados a asentamientos humanos, que por lo general constituyen los núcleos de población y sus conurbaciones.

7.6.1.- Descripción de las fuentes y sumideros

La superficie de asentamientos sufre un crecimiento de 357.178 ha en la serie temporal (1990-2007), que vienen dadas por conversiones de tierras de cultivo (139.112 ha) u otras tierras (218.066 ha). El incremento anual a lo largo de la serie temporal considerada de aproximadamente unas 19.800 ha. La extrapolación realizada entre 2000 y 2007 se revisará cuando se disponga de los datos del Corine Landcover 2006 para todo el país.

7.6.2.- Metodología

7.6.2.1.- Asentamientos que se mantiene como asentamientos

Dado que las metodologías para la estimación de las fuentes y sumideros en los asentamientos que permanecen como asentamientos se encuentran todavía en desarrollo por parte de IPCC, (se incluyen como un Anexo en IPCC, 2003), no se ha abordado la estimación de emisiones o captaciones de esta categoría

7.6.2.2.- Tierras que pasan a ser asentamientos

La biomasa aérea que se elimina en la conversión depende del tipo de uso inicial. En el caso de conversiones de tierras de cultivo, se asume que procede de cultivos anuales en su totalidad por lo que se utiliza el nivel I y por tanto al igual que en apartados anteriores se entiende que la biomasa aérea inmediatamente anterior a la conversión es de 5 t C/ha (valor por defecto de la tabla 3.4.9 para climas templado cálidos y secos).

En este caso es difícil estimar las variaciones de carbono orgánico en el suelo, dado que se produce un sellado del mismo, por lo que no se han podido estimar las variaciones del mismo con la información disponible.

7.6.3.- Incertidumbres y coherencia de series temporales

No se han estimado, excepto en la consideración de los datos de actividad en su conjunto respecto a la estimación de superficies.

7.6.4.- Actividades de control y aseguramiento de la calidad

No se han realizado, excepto en la consideración de los datos de actividad en su conjunto respecto a la estimación de superficies.

7.6.5.- Nuevos cálculos

No se han realizado nuevos cálculos con respecto al envío anterior.

7.6.6.- Mejoras planificadas en el cálculo de absorciones y emisiones relacionadas con los asentamientos

Se está trabajando en la valoración de incertidumbres y en la contrastación y mejora de la coherencia de series temporales en lo que respecta tanto a los datos de actividad como a los procedimientos de garantía y control de la calidad.

7.7. Otras tierras (5.F)

Se incluyen las tierras que no pertenecen o pueden clasificarse como ninguna de las categorías anteriores.

7.7.1.- Descripción de las fuentes y sumideros

La gran superficie dentro de esta categoría, de unos 10 millones de hectáreas, se debe a que en ellas se han incluido todos los matorrales, arbolado por debajo del 10 por ciento de cabida cubierta (definición de bosque que utiliza España para el envío de información a la FAO).

Las dehesas también se incluyen aquí, aunque tienen un uso silvopastoril en algunas ocasiones, debido a que no pueden considerarse como ecosistemas forestales propiamente dichos y tampoco como tierras de cultivo o pastos, por tanto se consideran como una subcategoría dentro de otras tierras. En ellas no se produce fertilización por abonado mineral, dado que a lo sumo se realiza un pastoreo muy extensivo, y no se produce extracción de madera salvo podas dedicadas a maximizar la producción de bellota que pueden considerarse contrarrestadas con los crecimientos.

7.7.2.- Metodología

7.7.2.1.- Otras tierras que se mantienen como otras tierras

En este caso se ha optado por considerar que no se producen cambios en los diferentes reservorios en las grandes categorías que se han incluido. Sigue el estudio detallado de las categorías, especialmente en el caso de las dehesas y los matorrales.

7.7.2.2.- Tierras que pasan a ser otras tierras

No se producen conversiones de otros usos a otras tierras.

7.7.3.- Incertidumbres y coherencia de series temporales

No se han estimado, excepto en la consideración de los datos de actividad en su conjunto respecto a la estimación de superficies.

7.7.4.- Actividades de control y aseguramiento de la calidad

No se han realizado, excepto en la consideración de los datos de actividad en su conjunto respecto a la estimación de superficies.

7.7.5.- Nuevos cálculos

No se han realizado nuevos cálculos con respecto al año anterior.

7.7.6.- Mejoras planificadas en el cálculo de absorciones y emisiones relacionadas con las tierras de cultivo

Se pretende poder extraer de la categoría de otras tierras las dehesas, así como los matorrales, que se consideran sumideros, pero de momento no se han podido ubicar en ninguna de las otras categorías de uso del suelo.

Se está trabajando en la valoración de incertidumbres y en la contrastación y mejora de la coherencia de series temporales en lo que respecta tanto a los datos de actividad como a los procedimientos de garantía y control de la calidad.

7.8. Otros

No se informa de momento sobre productos maderables en esta edición del inventario. Se está estudiando la posibilidad de hacerlo en ediciones futuras.

7.9. Emisiones directas de N₂O por fertilizaciones de N en bosques y otros

En España no se fertilizan los suelos forestales. En cualquier caso, todas las emisiones de fertilizantes nitrogenados se incluyen en Agricultura (sector 4).

7.10. Emisiones de gases distintos del CO₂ por drenaje de suelos forestales y humedales.

En España no se drenan suelos forestales. En cuanto a las emisiones de gases distintos del CO₂ en humedales, se ha elegido no preparar estimaciones de esta categoría. Por ello las celdas correspondientes en la tabla CRF 5(II) se completan con la notación NO.

7.11. Emisiones de N₂O por alteraciones asociadas con conversión de otros usos de tierra a tierras agrícolas

No se ha identificado ninguna superficie que pase a ser cultivo desde otro uso del suelo, por lo que no se informa de esta categoría y la tabla CRF 5 (III) se completa con la notación NO.

7.12. Emisiones de CO₂ por aplicación de enmiendas calizas en agricultura

No se tiene constancia de aplicación de enmiendas calizas en España.

7.13. Quema de biomasa

La información correspondiente a la quema de biomasa en terrenos forestales se recoge en el apartado 7.2. (bosques). Para el resto de usos del suelo, o no ocurre o no se estima.

REFERENCIAS

- Directrices del IPCC revisadas en 1996 para Inventarios Nacionales de Gases Efecto Invernadero (*Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*), desde ahora IPCC-1996.
- Guía de Buenas Prácticas para el Uso de la Tierra, el Cambio de Uso de la Tierra y la Silvicultura (*Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry, 2003*), desde ahora GPG-2003.
- Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (*Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories*), IPCC 2000
- Inventario Forestal Nacional (IFN)
 - IFN2. ICONA Segundo Inventario Forestal Nacional (1986-1995). Instituto Nacional de Conservación de la Naturaleza. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación
 - IFN3. DGB Tercer Inventario Forestal Nacional (1997-2007). Dirección General de Medio Natural y Política Forestal. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino.
- CORINE LANDCOVER 1990 y 2000 (CLC90 y CLC00, respectivamente).
- Mapa Forestal Español (MFE50) de la DGB (realizado entre los años 1998 y 2007).
- Forestación de tierras agrícolas por la Política Agrícola Común, información aportada por el Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino.
- Mapa de productividad potencial forestal de España. Ministerio de Medio Ambiente, 2000.
- Factores de Expansión de Biomasa (BEF-D), validados internacionalmente a través de la acción COST-E21. Centro de Investigación Ecológica y Aplicaciones Forestales (CREAF).
- Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino (2008). Inventario de Emisiones de Contaminantes a la Atmósfera 1990-2006. Vol. 2 de 2: Análisis por Actividades Emisoras de la Nomenclatura SNAP-97, capítulo 11.3.
- Rodríguez Murillo (1994). The carbon budget of the Spanish Forests. *Biogeochemistry* 25: págs. 197-217.

8.- RESIDUOS

8.1.- Panorámica del sector

Las emisiones correspondientes al tratamiento y eliminación de residuos se han estimado en el año 2007 en 13.978 gigagramos (Gg) de CO₂ equivalente (CO₂-eq), cifra que representa el 3,16% de las emisiones de CO₂-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 2,65%. El principal contaminante emitido en este sector es el metano que representa, en 2007 el 32,6% 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 2007, del 4%. En la tabla 8.1.1 se muestran en términos de CO₂-eq las emisiones por sub-categorías según la nomenclatura de IPCC, representándose en las figuras 8.1.1, 8.1.2 y 8.1.3, con desglose por las cuatro categorías de tratamiento de residuos, respectivamente, la evolución de sus valores absolutos, de su contribución a las emisiones totales del inventario, y la contribución relativa a las emisiones del sector residuos a lo largo del periodo 1990-2007.

Tabla 8.1.1.- Emisiones de CO₂ equivalente (Cifras en Gg)

	1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
6.A Depósito en vertederos	4.976	6.896	9.371	9.060	9.226	9.506	9.761
6.B Tratamiento de aguas residuales	2.313	2.492	3.169	3.269	3.331	3.397	3.542
6.C Incineración de residuos	95	36	18	9	9	10	10
6.D Otros	254	405	616	611	594	644	665
Residuos	7.637	9.829	13.174	12.948	13.160	13.557	13.978

Figura 8.1.1.- Evolución de las emisiones de CO₂ equivalente

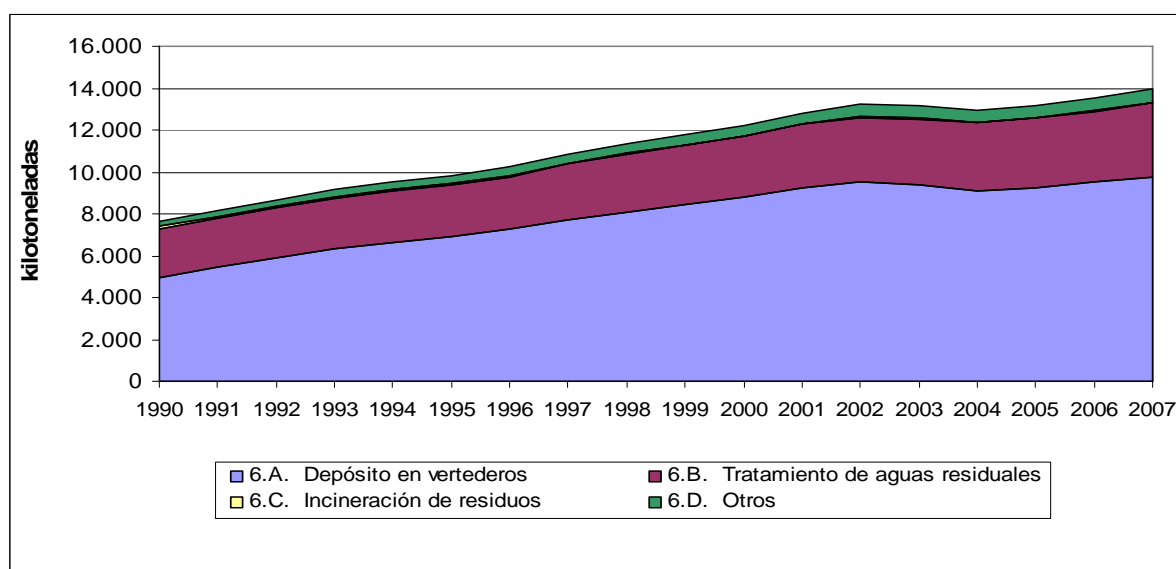


Figura 8.1.2.- Porcentaje de las emisiones de CO₂-eq por categoría respecto al total del inventario

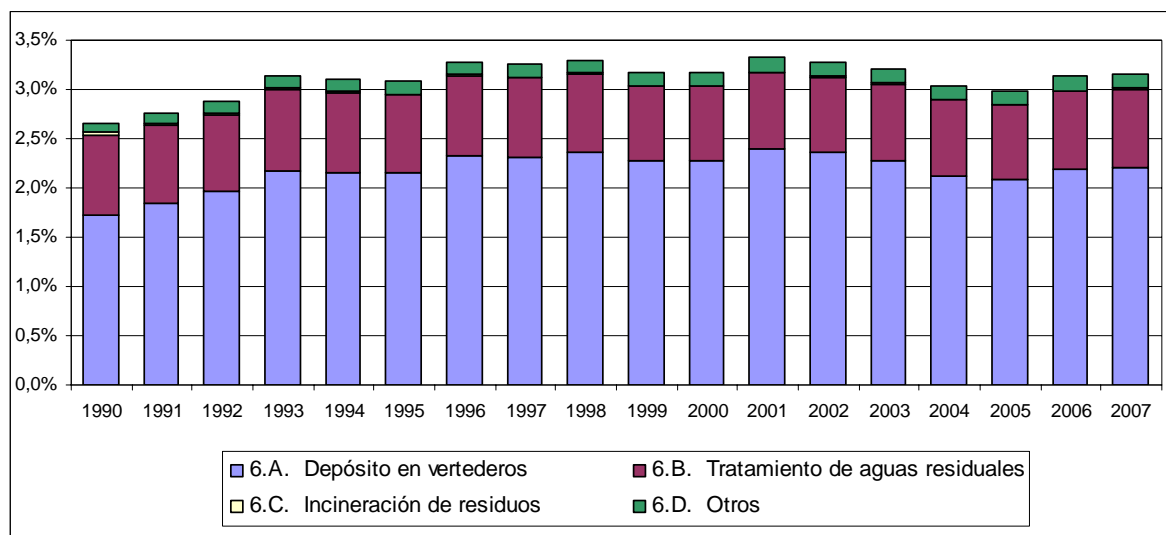
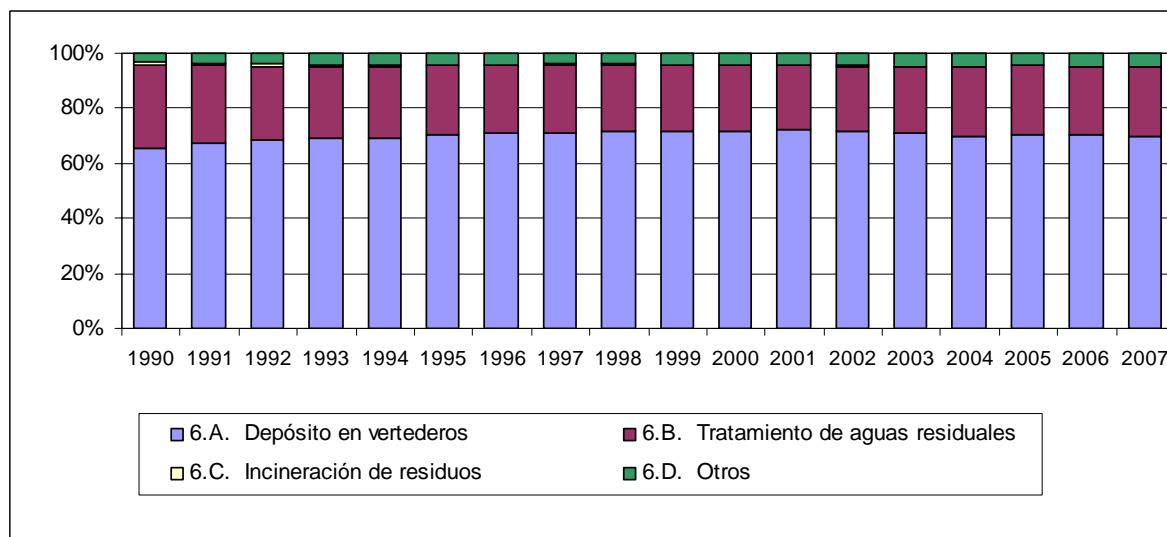


Figura 8.1.3.- Porcentaje de las emisiones de CO₂-eq por categoría respecto al total del sector



El análisis de las emisiones para el periodo 1990-2007 ha permitido la identificación de las siguientes fuentes clave:

- Depósito de RSU en vertederos por su nivel de emisión de CH₄ y por su tendencia para todo el periodo 1990-2007.
- Tratamiento de aguas residuales por su nivel de emisión de CH₄ para los sub-periodos 1993-1999 y 2002-2007.

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 CO₂-eq referidos todos ellos al año 2007.

Tabla 8.1.2.- Fuentes clave: contribución al nivel y a la tendencia

Actividad IPCC		Gas	CO ₂ -eq (Gg) (2007)	Contribución Nivel (2007)			Contribución Tendencia (2007)		
Código	Descripción			%	F.Clave	Orden	%	F.Clave	Orden
6ª	Depósito en vertederos	CH ₄	9.747	2,20	SÍ	13	1,11	SÍ	18
6B	Tratamiento de aguas residuales	CH ₄	2.321	0,52	SÍ	26	0,19	NO	35

Orden: Número de orden de la categoría en la relación de fuentes clave (ordenada según contribución al nivel o a la tendencia).

En comparación con la edición 2008 del Inventario la emisión de N₂O ha perdido la consideración de fuente clave en la edición actual de 2009 en la actividad 6B Tratamiento de aguas residuales.

Explicación de la tendencia

La atenuación del crecimiento y casi estabilización, a partir del año 2002, en la tendencia de las emisiones de CH₄ provenientes del depósito en vertederos controlados parece estar motivada, pendiente de confirmación en años posteriores, por dos principales factores. El primero de ellos es el aumento en el volumen de biogás captado y quemado (en buena parte con valorización energética) que elimina prácticamente la emisión directa de CH₄ sustituyéndola por la de CO₂ de origen biogénico, y por tanto no computable en el inventario nacional. El segundo factor, con incidencia a más largo plazo, es el apunte de una quiebra en la línea expansiva de la cantidad de residuos depositada en vertedero que ahora se desplazan a otros destinos, como compostaje o biometanización, para un tratamiento más adecuado de la materia orgánica.

La creciente generación de residuos y el decalaje temporal en la degradación de los mismos provocan la tendencia al alza de las emisiones del depósito de residuos en vertederos a pesar de las medidas adoptadas para el uso de medios alternativos para la eliminación o tratamiento de los residuos y las técnicas de reducción por captación del biogás generado.

Se hace la llamada de atención de que las emisiones de combustión con valorización energética del biogás se encuentran contabilizadas en el sector de Energía, contabilizándose en el sector Residuos únicamente la parte de la incineración de residuos que no se realiza con valorización energética

Con una tendencia creciente evolucionan las emisiones de CH₄ y N₂O provenientes del tratamiento de las aguas residuales, siendo el incremento debido al aumento de la magnitud de las propias variables de actividad, relacionadas con el de la producción (caso de las aguas residuales industriales) y con el aumento de la población y de la cobertura en su tratamiento (caso de las aguas residuales domésticas).

En cuanto a la incineración de residuos, las emisiones muestran una acusada tendencia descendente, pues buena parte de estas instalaciones al pasar a llevar a cabo combustión con valorización energética ya no se incluyen en el grupo de Residuos sino en el de Energía.

En cuanto al epígrafe “Otros”, donde se recoge el extendido de lodos, se observa una fuerte tendencia al alza de las emisiones, consecuencia del incremento de la correspondiente variable de actividad, pero en todo caso sobre un nivel de contribución a las emisiones del sector que queda siempre por debajo del 10%.

Para ofrecer una visión general de la evolución de estas tendencias, y de la incidencia que en las mismas suponen los cambios en los sistemas de gestión de los residuos, y la importancia creciente entre ellos de la recogida selectiva, la separación para reciclaje, el compostaje selectivo sobre residuos orgánicos, la incorporación de plantas de biometanización, y el depósito alternativo en vertedero de las materias no valorizables, se presenta en las tablas siguientes 8.1.3.a (valores absolutos) y 8.1.3.b (porcentajes) la evolución de las cantidades de residuos según sistemas de tratamiento/eliminación de los mismos a lo largo del periodo inventariado. De la observación de los datos de ambas tablas se evidencia la ponderación creciente de la recogida selectiva, el compostaje, la incineración (con valorización energética) y la biometanización, mientras se estabiliza la cuota de los vertederos controlados (en los que aumenta el nivel de biogás valorizado) y sigue el descenso de los vertederos no-controlados; todo ello en un contexto de evolución creciente del total de residuos generados.

Tabla 8.1.3.a.- Sistemas de tratamiento de RSU (Cifras en toneladas)

Año	Recogida Selectiva	Compostaje	Incineración	Vertedero Controlado	Vertedero Incontrolado	Biometanización	Residuos Generados
1990	0	769.116	606.395	7.439.907	3.287.347	0	12.102.765
1991	0	569.258	634.905	8.326.355	4.012.050	0	13.542.568
1992	0	440.258	649.398	9.290.079	4.612.589	0	14.992.323
1993	0	467.987	635.082	9.900.302	4.457.104	0	15.460.474
1994	0	542.218	625.022	10.685.855	3.610.796	0	15.463.891
1995	0	665.294	693.491	11.670.683	2.630.321	0	15.659.789
1996	450.227	760.634	705.348	12.184.045	1.769.067	0	15.869.321
1997	559.978	946.237	1.008.912	12.668.683	2.859.765	0	18.043.574
1998	734.746	955.216	1.093.166	13.372.340	2.562.151	0	18.717.619
1999	872.711	1.060.933	1.038.501	13.934.692	2.356.100	0	19.262.937
2000	1.067.442	1.322.456	1.061.361	15.073.475	1.398.472	0	19.923.206
2001	1.189.382	1.479.447	1.078.967	14.803.886	1.395.323	0	19.947.005
2002	1.554.167	1.844.313	1.226.972	14.953.931	718.213	0	20.297.597
2003	1.806.873	1.999.223	1.338.835	14.417.068	836.473	70450	20.468.922
2004	2.036.049	2.361.992	1.514.971	14.974.093	731.425	328.995	21.947.525
2005	2.133.435	2.404.264	1.915.279	15.083.378	715.713	434.173	22.686.242
2006	2.519.340	2.567.917	2.024.586	15.642.129	700.000	425.667	23.879.639
2007	2.814.534	2.791.393	2.323.839	16.088.206	659.650	425.667	25.103.288

Tabla 8.1.3.b.- Sistemas de tratamiento de RSU (Cifras en porcentaje)

Año	Recogida Selectiva	Compostaje	Incineración	Vertedero Controlado	Vertedero Incontrolado	Biometanización	Total
1990	0,00	6,35	5,01	61,47	27,16	0,00	100
1991	0,00	4,20	4,69	61,48	29,63	0,00	100
1992	0,00	2,94	4,33	61,97	30,77	0,00	100
1993	0,00	3,03	4,11	64,04	28,83	0,00	100
1994	0,00	3,51	4,04	69,10	23,35	0,00	100
1995	0,00	4,25	4,43	74,53	16,80	0,00	100
1996	2,84	4,79	4,44	76,78	11,15	0,00	100
1997	3,10	5,24	5,59	70,21	15,85	0,00	100
1998	3,93	5,10	5,84	71,44	13,69	0,00	100
1999	4,53	5,51	5,39	72,34	12,23	0,00	100
2000	5,36	6,64	5,33	75,66	7,02	0,00	100
2001	5,96	7,42	5,41	74,22	7,00	0,00	100
2002	7,66	9,09	6,04	73,67	3,54	0,00	100
2003	8,83	9,77	6,54	70,43	4,09	0,34	100
2004	9,28	10,76	6,90	68,23	3,33	1,50	100
2005	9,40	10,60	8,44	66,49	3,15	1,91	100
2006	10,55	10,75	8,48	65,50	2,93	1,78	100
2007	11,21	11,12	9,26	64,09	2,63	1,70	100

En los epígrafes 8.2 y 8.3 de este capítulo se examinan las actividades (según categoría IPCC) del sector de Residuos, habiendo tenido en cuenta para esta agrupación la identificación previamente reseñada de fuentes clave; y, en todo caso, se hace también en el epígrafe final 8.4 una presentación (si bien más resumida) de las fuentes no claves del sector.

8.2.- Depósito en vertederos - CH₄ (6A)

8.2.1.- Descripción de la actividad emisora

El depósito de residuos sólidos urbanos (RSU) en vertederos (controlados y no-controlados) constituye el principal sistema de tratamiento de estos residuos en España con un porcentaje, en 2006, del 68,4% sobre el total de RSU generados. La cantidad de toneladas de RSU depositadas en vertederos en el año 2007 (16.747.856) es ligeramente inferior respecto al año 2006 (16.342.129) a pesar del aumento entre dichos años de la generación nacional de residuos urbanos. Esta asimétrica evolución es el reflejo de la mayor intensidad de crecimiento de los sistemas de tratamiento alternativos de los residuos, si bien el depósito en vertederos sigue siendo el sistema de eliminación mayoritario (véanse las tablas anteriores 8.1.3.a y 8.1.3.b).

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 sistemas para la captura y valorización energética del biogás producido. En este sentido, se han identificado 37 vertederos que durante alguno (o todos) los años del periodo 1990-2007 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 en general de gran dimensión y para la recogida de la información para el inventario se han administrado cuestionarios individualizados a cada uno de ellos.

Los tipos de residuos cuya información se solicita en el cuestionario se clasifican en cuatro 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 voluminosos, de demolición, cenizas de procesos de combustión, etc.). El grado de respuesta a algunos contenidos del cuestionario (depósito, captación y composición molar) es muy elevado; sin embargo, sigue siendo escasa la información específica individualizada por vertedero para algunos parámetros relevantes del algoritmo de cálculo de las emisiones (K, MCF y OX). 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 han tenido que extrapolar hacia el pasado en determinados casos las series de toneladas de RU depositadas cuando la información recibida no cubría los años iniciales de actividad del vertedero. También se han dado casos de vertederos que no han remitido nunca el cuestionario cumplimentado y, así, de ellos se desconoce la cantidad de biogás captado ya que no existe ninguna fuente de información alternativa que suministre ese dato.

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, y Medio Rural y Marino (MARM) 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 infravalorada 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 (profundidad ≥ 5 metros) y que el restante 50% (profundidad < 5 metros) son someros. A su vez, dentro de los vertederos incontrolados, ya sean profundos o no profundos, se han asumido por el equipo de realización del inventario 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 tabla 8.2.1 siguiente se muestran las cantidades de RSU depositadas en vertedero desde 1970 a 2007 clasificadas por tipo de depósito, distinguiendo en los controlados según se haga captación de biogás o no y en los vertederos no controlados diferenciando entre la fracción quemada y no quemada de los residuos.

Tabla 8.2.1.- 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	1.635.179		1.635.179	1.085.762	3.257.287	4.343.049
1971	1.691.903		1.691.903	1.110.801	3.332.402	4.443.203
1972	1.744.445		1.744.445	1.135.996	3.407.987	4.543.983
1973	1.795.367		1.795.367	1.137.074	3.411.221	4.548.295
1974	1.854.438	338.000	2.192.438	1.163.817	3.491.453	4.655.270
1975	2.647.425	701.420	3.348.845	1.196.777	2.792.481	3.989.258
1976	2.754.435	616.227	3.370.662	1.239.538	2.892.256	4.131.794
1977	2.728.187	769.299	3.497.486	1.237.740	2.888.061	4.125.801
1978	2.238.967	1.435.423	3.674.390	1.280.834	2.988.614	4.269.448
1979	2.112.945	1.713.571	3.826.516	1.320.544	3.081.268	4.401.812
1980	2.833.799	1.646.857	4.480.656	1.333.221	2.475.983	3.809.204
1981	2.668.001	1.586.749	4.254.750	1.297.653	2.409.926	3.707.579
1982	2.708.399	1.649.262	4.357.661	1.334.867	2.479.038	3.813.905
1983	2.656.841	2.048.115	4.704.956	1.364.379	2.533.846	3.898.225
1984	2.694.567	2.580.895	5.275.462	1.401.592	2.602.958	4.004.550
1985	2.624.206	2.813.624	5.437.830	2.054.236	2.054.236	4.108.472
1986	2.549.007	3.127.240	5.676.247	2.096.246	2.096.246	4.192.492
1987	2.550.819	3.696.336	6.247.155	2.188.465	2.188.466	4.376.931
1988	3.236.325	4.006.939	7.243.264	1.940.530	1.940.531	3.881.061
1989	2.447.426	4.538.886	6.986.312	1.893.907	1.893.908	3.787.815
1990	2.441.529	4.998.379	7.439.907	2.136.776	1.150.571	3.287.347
1991	2.346.423	5.979.932	8.326.355	2.607.832	1.404.218	4.012.050
1992	2.472.955	6.817.124	9.290.079	2.998.183	1.614.406	4.612.589
1993	3.032.921	6.867.381	9.900.302	2.897.118	1.559.986	4.457.104
1994	3.358.559	7.327.296	10.685.855	2.347.017	1.263.779	3.610.796
1995	4.026.020	7.644.663	11.670.683	2.104.257	526.064	2.630.321
1996	4.367.144	7.816.901	12.184.045	1.415.254	353.813	1.769.067
1997	4.546.541	8.122.142	12.668.683	2.573.788	285.977	2.859.765
1998	4.619.047	8.753.293	13.372.340	2.305.936	256.215	2.562.151

Tabla 8.2.1 (continuación).- 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
1999	4.739.060	9.195.632	13.934.692	2.120.490	235.610	2.356.100
2000	5.422.025	9.651.450	15.073.475	1.258.625	139.847	1.398.472
2001	4.865.110	9.938.776	14.803.886	1.255.791	139.532	1.395.323
2002	4.982.165	9.971.766	14.953.931	646.392	71.821	718.213
2003	4.717.255	9.699.813	14.417.068	752.826	83.647	836.473
2004	4.625.555	10.348.538	14.974.093	731.425	73.143	731.425
2005	4.580.342	10.503.036	15.083.378	644.142	71.571	715.713
2006	4.656.736	10.985.393	15.642.129	630.000	70.000	700.000
2007	4.636.737	11.451.469	16.088.206	659.650	65.965	593.685

En la tabla 8.2.2 se muestran para esta categoría en primer lugar las emisiones absolutas, en masa de CH₄ (primera fila) y en términos de CO₂-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 CO₂-eq, del total del inventario y del sector residuos.

Tabla 8.2.2.- Emisiones: Valores absolutos, índices y ratios

	1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
CH ₄ (Gg)	246	323	445	431	439	452	464
CO ₂ -eq (Gg)	4.976	6.896	9.371	9.060	9.226	9.506	9.761
Índice CO ₂ -eq	100,00	138,58	188,32	182,06	185,41	191,03	196,16
% CO ₂ -eq sobre total inventario	1,73	2,16	2,12	2,28	2,13	2,09	2,20
% CO ₂ -eq sobre sector residuos	65,16	70,16	71,13	69,97	70,11	70,12	69,83

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 2000 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 ocasiones el cálculo de las emisiones anuales de metano se realiza 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, ya desde la edición anterior del inventario, 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:

$$E(C_t) = E(Q_t) - E(Q_{t+1}) = \frac{1 - e^{-k}}{k} (e^{-kt} - e^{-k(t+1)}) Q_0 = \frac{(1 - e^{-k})^2}{k} e^{-kt} Q_0$$

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 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_F)
- * El ratio de generación de metano (k)

Los valores de dichos parámetros provienen de dos fuentes: La Guía de Buenas Prácticas 2000 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 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 de Buenas Prácticas 2000 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 8.2.3). Para los residuos de procedencia distinta a la recogida directa domiciliaria se han utilizado valores específicos, propuestos por el equipo de trabajo del inventario, del parámetro DOC: i) rechazos de plantas de compostaje (0,09) , ii) lodos de depuradora (0,18) y iii) otros (0,05)).

Tabla 8.2.3.- Composición media nacional de RSU (Cifras en %)

Año	Materia orgánica	Papel y cartón	Plásticos	Vidrio	Metales ferreos	Metales no ferreos	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 - 2007	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 1997-2005 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 8.2.3.

- (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 de biogás es el siguiente:

1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
17,60	17,15	16,70	16,36	16,40	16,18	16,00	15,95	15,78	15,90	15,89	15,99	16,01	15,91	15,52	15,01	15,00	14,65

Se hace notar que en los vertederos de los que se capta información de su actividad vía cuestionario individualizado figura la categoría “Restos de poda” que se ha recogido en los mismos buscando una mayor precisión en la determinación del parámetro DOC.

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, siempre que se encuentren en el rango de variación admisible considerado dado en la tabla 5.2 de la Guía de Buenas Prácticas 2000 IPCC, 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 de Buenas Prácticas 2000 IPCC. La media ponderada del factor corrector de metano en los vertederos con captación en el periodo 1990-2007 es 1.

Para los vertederos no-controlados, se ha sumido un valor de $MCF = 0,8$ para los de más de 5 metros de profundidad y $MCF = 0,4$ para los de menos de 5 metros, como recomienda la Tabla 5.1 de la Guía de Buenas Prácticas 2000 IPCC.

F: En cuanto a la fracción, en volumen, de CH_4 en el biogás se procede igual que con los demás parámetros. Se toma en principio el valor reseñado por el vertedero, siempre que se encuentren en el rango de variación admisible considerado dado en la tabla 5.2 de la Guía de Buenas Prácticas 2000 IPCC, y, en su defecto el valor recomendado por la Guía de Buenas Prácticas 2000 IPCC (0,5). 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	2005	2006	2007
51,05	51,07	51,13	51,19	51,88	51,68	51,73	51,73	51,75	51,83	51,85	51,84	51,86	51,80	51,87	51,89	51,62	51,62

DOC_F: La fracción de carbono orgánico degradable toma el valor recomendado por la Guía Buenas Prácticas 2000 IPCC (0,55). De los vertederos con captación encuestados cuatro han contestado a este parámetro, estando estos valores comprendidos entre 0,5 y 0,6.

K: La tasa constante de generación de metano toma el valor recomendado por la Guía de Buenas Prácticas 2000 IPCC (0,05) a excepción de tres vertederos controlados encuestados cuya tasa es de 0,07, 0,043 y 0,049 respectivamente.

Una vez estimado el metano generado (véase la tabla 8.2.4) se procede de la siguiente forma para calcular la emisión de dicho gas. En primer lugar se resta de la cantidad generada, G_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, $G_t - C_t$, 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 (tabla 8.2.5), según se expresa en la ecuación [8.2.3] siguiente:

$$E_t = [G_t - C_t] * (1 - OX) \quad [8.2.3]$$

donde:

E_t = cantidad de CH_4 emitida en el año "t" de referencia del inventario (toneladas de CH_4 /año)

G_t = cantidad de CH_4 generada 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 de Buenas Prácticas 2000 IPCC (0,1). Se ha obtenido información de tres vertederos, de los cuales dos vertederos han contestado 0,1 y el otro 0,07.

C_t : Como se ha comentado anteriormente, la recuperación se ha realizado durante alguno de los años del periodo 1990-2007 en 36 vertederos de los que se ha logrado obtener información sobre captación en 33 de ellos. La cantidad captada C_t se ha estimado como el mínimo entre el 70% del metano generado y la cantidad reportada en el cuestionario como captada o quemada (R_t); así $C_t = \min(0,7 * G; R_t)$.

Tabla 8.2.4.-Generación de biogás y metano en vertederos controlados (Cifras en toneladas)

Año	Vertederos sin captación		Vertederos con captación	
	Biogás generado	Metano generado	Biogás generado	Metano generado
1990	381.339	104.227	347.274	110.079
1991	389.191	106.373	399.299	128.508
1992	397.602	108.672	453.158	145.774
1993	411.204	112.390	503.459	161.922
1994	427.856	116.941	556.294	178.958
1995	451.254	123.336	609.212	195.869
1996	477.546	130.523	660.577	212.409
1997	504.517	137.894	712.465	229.079
1998	530.974	145.125	767.440	246.728
1999	557.467	152.366	820.726	259.855
2000	590.218	161.318	880.853	278.838
2001	615.216	168.150	942.414	297.730
2002	640.288	175.003	1.000.186	315.573
2003	661.209	180.721	1.058.305	330.589
2004	680.096	185.883	1.109.060	346.961
2005	697.562	190.657	1.159.068	361.719
2006	715.020	195.429	1.212.446	376.614
2007	731.406	199.907	1.259.975	390.607

Tabla 8.2.5.- Emisión y recuperación de CH₄ en vertederos controlados (Cifras en toneladas)

Año	Vertederos sin captación		Vertederos con captación					
	Metano generado	Metano emitido	Metano generado	Metano quemado en antorchas	Metano con recuperación energética	Total captado	Metano emitido (fugado)	Número vertederos con captación
1990	104.227	93.804	104.227	2.822	89	2.911	96.451	1
1991	106.373	95.736	106.373	3.554	121	3.675	112.350	1
1992	108.672	97.805	108.672	4.332	395	4.728	126.942	2
1993	112.390	101.151	112.390	5.665	977	6.642	139.752	3
1994	116.941	105.247	116.941	9.687	1.288	10.975	151.185	5
1995	123.336	111.003	123.336	6.894	4.832	11.727	165.728	6
1996	130.523	117.470	130.523	7.907	6.962	14.869	177.785	7
1997	137.894	124.105	137.894	8.949	7.499	16.448	191.368	8
1998	145.125	130.613	145.125	9.541	11.861	21.402	202.794	11
1999	152.366	137.130	152.366	10.280	13.674	23.954	212.311	13
2000	161.318	145.186	161.318	10.654	22.157	32.811	221.424	14
2001	168.150	151.335	168.150	9.666	22.743	32.409	238.789	16
2002	175.003	157.503	175.003	14.742	27.624	42.367	245.886	16
2003	180.721	162.649	180.721	16.953	52.250	69.203	235.248	19
2004	185.883	167.295	185.883	18.971	86.776	105.746	217.093	25
2005	190.657	171.591	190.657	26.849	85.743	115.194	221.873	29
2006	195.429	175.886	195.429	19.275	96.100	118.665	232.155	31
2007	199.907	179.917	199.907	16.941	102.524	122.281	241.493	33

De las emisiones de los contaminantes procedentes de la quema de metano en la captación del biogás en vertederos controlados sólo se incluyen aquí las correspondientes a la quema en antorchas, es decir, cuando no se realiza valorización energética del biogás quemado, pues si se realiza valorización energética las emisiones correspondientes, incluidas en su caso las del combustible auxiliar de apoyo, se contabilizan en la categoría 1A1a del sector Energía. Las emisiones se han calculado multiplicando las toneladas de metano quemado por los factores de emisión correspondientes a antorchas (véase la tabla 8.2.6). Para el CH₄ los factores de emisión se han derivado de la información sobre porcentajes de eficiencia en la quema de hidrocarburos tomados de EPA AP-42 5ª Ed, tabla 2.4-3 del epígrafe 2.4 "Municipal Solid Waste Landfill", asumiendo que los complementos a la unidad de las eficiencias en la quema constituían las fracciones de fuga del metano; para el N₂O el factor ha sido derivado por el equipo de trabajo del inventario a partir del factor del valor de 1,75 g N₂O/GJ_{PCI} del biogás referido en la publicación "Facteurs d'émission du protoxide d'azote pour les installations de combustion et les procédés industriels" del CITEPA. Por último, para NO_x y CO la fuente de información de los factores ha sido EPA AP-42 5ª Ed, tabla 2.4-4 del epígrafe 2.4 "Municipal Solid Waste Landfill".

En la tabla 8.2.6 se muestran los factores de emisión y en la tabla 8.2.7 se muestran las emisiones estimadas de acuerdo con lo expuesto en el párrafo anterior.

Tabla 8.2.6.- Vertederos controlados con captación de biogás. Factores de emisión

	Antorchas	Unidad
CH ₄	8.000	g CH ₄ /t CH ₄
CO	17.545	g CO/t CH ₄
N ₂ O	90	g N ₂ O/t CH ₄
NO _x	950	g NO _x /t CH ₄

Tabla 8.2.7.- Emisiones (antorchas) por la quema de metano en vertederos controlados con captación de biogás (Cifras en toneladas)

AÑO	CH ₄	CO	NO _x	N ₂ O
1990	22,57	49,51	2,68	0,25
1991	28,43	62,36	3,38	0,32
1992	34,66	76,01	4,12	0,39
1993	45,32	99,39	5,38	0,51
1994	77,50	169,96	9,21	0,87
1995	55,15	120,96	6,55	0,62
1996	63,26	138,73	7,51	0,71
1997	71,59	157,01	8,50	0,81
1998	76,33	167,39	9,07	0,86
1999	82,24	180,36	9,77	0,93
2000	85,23	186,92	10,12	0,96
2001	77,33	169,59	9,19	0,87
2002	117,94	258,66	14,01	1,33
2003	135,63	297,44	16,11	1,53
2004	151,76	332,84	18,03	1,71
2005	214,79	471,06	25,52	2,42
2006	154,20	338,18	18,32	1,73
2007	135,53	297,23	16,10	1,52

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 los contaminantes propios de la combustión de la fracción quemada.

La estimación de las emisiones de la fracción quemada se realiza multiplicando la variable de actividad convertida previamente de masa bruta a masa seca combustible¹ por los correspondientes factores de emisión. De la fracción seca combustible de los residuos quemados en vertederos no controlados se considera que un 85% son de origen orgánico renovable y un 15% son de origen fósil². El valor del factor de emisión de CO₂ para la fracción fósil de los residuos quemados se estima en 2.933 g CO₂/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 SO₂, NO_x, N₂O, metales pesados y contaminantes orgánicos persistentes se han tomado los mismos factores que para la incineración de RSUs y para los COVNM, CH₄ 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 las fuentes de referencia "Medio Ambiente en España" y cuestionarios a vertederos que captan biogás 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 de Buenas Prácticas 2000 IPCC dando como resultado una incertidumbre en el factor de emisión estimada en 70,4%.

¹ Para el paso a masa seca se utiliza el factor de escala de 0,52 (se asume un 48% de humedad) y para el paso de masa seca a masa seca combustible se aplica un factor de 0,875 (de la composición tipológica de los residuos se deduce que el 13% no es combustible).

² A estos porcentajes se llega considerando los componentes combustibles de uno y otro origen que figuran en la última fila de la tabla 8.2.3. 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.

8.2.4.- Control de calidad y verificación

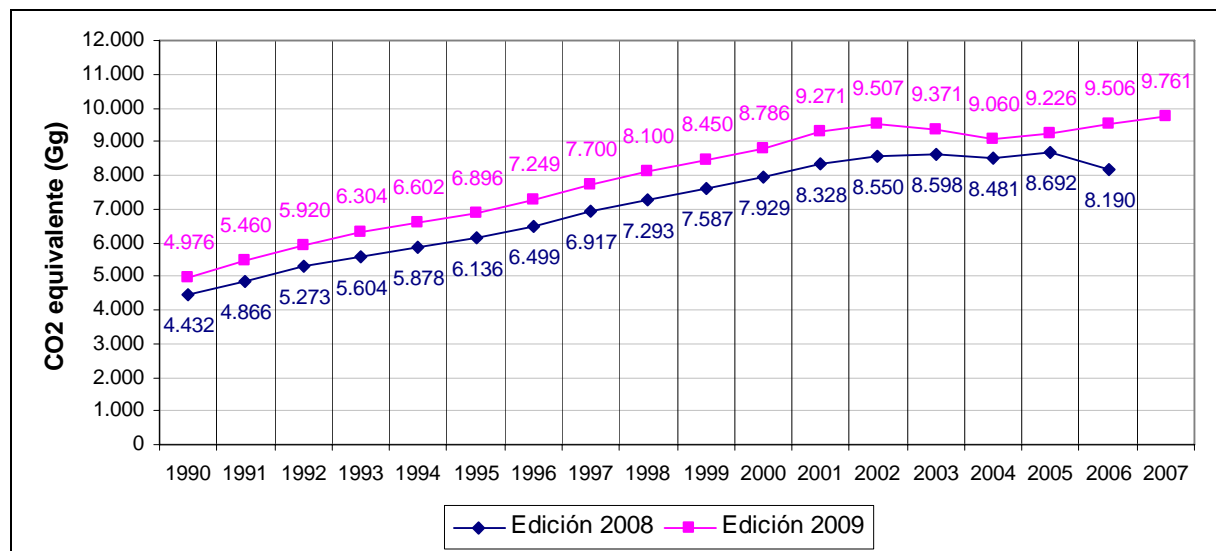
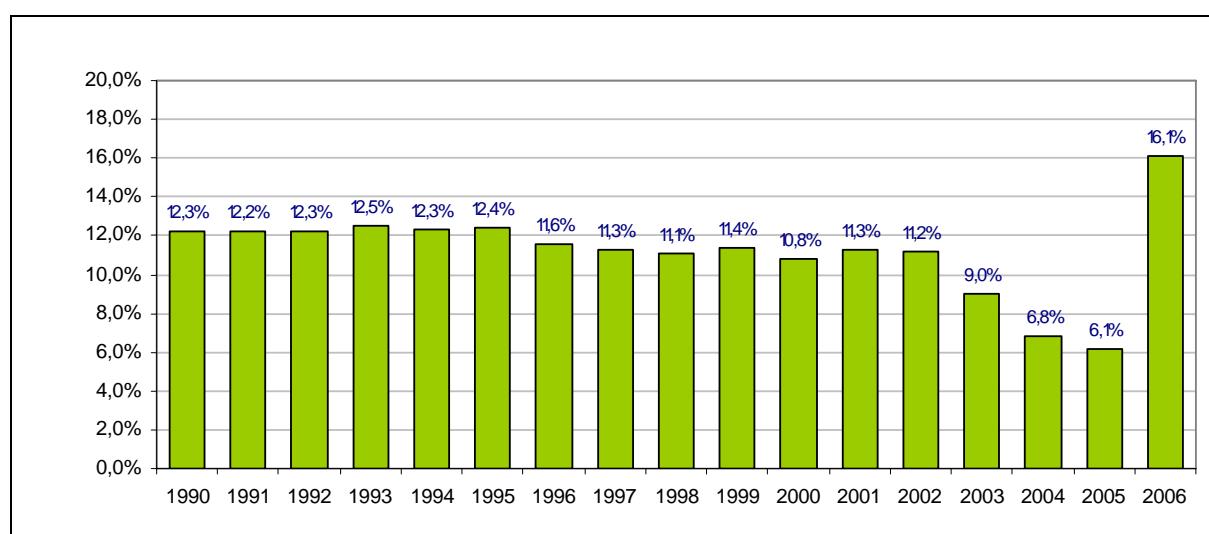
Se ha realizado un significativo esfuerzo para mejorar la calidad de los datos procedentes de los cuestionarios a vertederos que captan biogás, solicitándoles la lista de residuos depositados según el Catálogo Europeo de Residuos (CER) a aquellos que no los hubieran clasificado en los componentes solicitados para poder así asignar el DOC correspondiente a los constituyentes presentes en los RSU según la tabla 6.3 del Manual de Referencia 1996 IPCC. También se han excluido de la cantidad total de residuos depositados los que procedían de la construcción (RCD).

Además del examen pormenorizado realizado a los vertederos controlados que han cumplimentado el cuestionario, se han analizado las series de todos los vertederos que aparecen en el libro “Medio Ambiente en España” y se ha contactado con técnicos del Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino para subsanar las carencias encontradas. Sin embargo no ha sido posible consultar datos anteriores al año 2005.

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

Se ha actualizado los datos de 36 vertederos que facilitan información por mediación de cuestionario individualizado para la estimación de las emisiones de metano generadas en los mismos y del metano captado, todo lo cual ha conllevado la realización de nuevos cálculos para esta categoría del inventario. Entre los 36 vertederos se encuentra el vertedero de Garraf (Barcelona) omitido en la edición anterior por error. La comparación de resultados de las emisiones de CO₂ 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 CO₂-eq. Comparación Eds 2009 vs 2008**Figura 8.2.2.- Emisiones de CO₂-eq. Diferencia porcentual Eds 2009 vs 2008**

8.2.6.- Plan de mejoras

Se seguirá profundizando en el trabajo ya iniciado en ediciones anteriores del inventario referente a la recogida directa e individualizada, vía cuestionario de información, sobre los vertederos que recuperan biogás. Con esa nueva información de base se mejorarán los contrastes sobre parámetros de gestión de vertederos individualizados, así como las estimaciones de la serie de residuos depositados en vertederos controlados. Fruto de estos trabajos se considera que se derivará una mejora significativa de la calidad de la información y de la fiabilidad de las estimaciones de las correspondientes emisiones.

Asimismo, sigue en marcha el proceso de colaboración con la Subdirección General de Producción y Consumos Sostenibles del Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino para la mejora de información sobre: el balance de uso y destino de los diferentes tipos de residuos, los procesos y gestión en vertederos, y los tratamientos emergentes de residuos (compostaje, biometanización, etc.)

La biometanización en España es una práctica de tratamiento de los residuos reciente y de uso todavía limitado realizada como alternativa del depósito de grandes vertederos controlados como La Galiana (Madrid) o Garraf (Barcelona). Se planea realizar cuestionarios individualizados a dichas plantas para incorporar sus emisiones al inventario.

8.3.- Tratamiento de las aguas residuales de origen industrial y residencial-comercial - (CH₄) (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 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 ³)						
1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
30.247.954	30.857.672	106.697.123	98.006.780	94.115.936	100.585.477	105.838.282

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, procede de los estudios de regulación de vertidos realizados por la antigua Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de las Aguas, 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^3 de vertido por unidad de producto o materia prima principal, c) volumen de vertido, expresado en m^3 ; d) ratio de carga orgánica por unidad de vertido, expresado en kg de DQO/ m^3 de agua residual vertida; y e) parámetro DS_{ind} que indica la fracción de la carga residual orgánica (DQO) 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.
 - CNAE 24.41: Fabricación de productos farmacéuticos
 - CNAE 24.42: Fabricación de preparaciones farmacéuticas y otros productos farmacéuticos de uso medicinal
 - CNAE 24.14: Fabricación de productos básicos de química orgánica
 - CNAE 24.15: Fabricación de abonos y compuestos nitrogenados fertilizantes

Tabla 8.3.1.b.- Aguas residuales industriales. Variables de actividad: Fuentes de área

Sector Industrial	Subsector	(Producción/Consumo)		Ratio de vertido		D_{ind} (kg DQO/ m^3)	DS_{ind}
		Cantidad	Ud	Cantidad	Ud		
Alimentación (Año referencia 1994)	Aceites vegetales	10.482.798	Mg	6,00	m^3/Mg	0,93	0,8
	Azúcar	1.339.999	Mg	3,25	m^3/Mg	5,92	0,8
	Café	116.700	Mg	1,09	m^3/Mg	2,20	0,8
	Cárnicas	934.000	Mg	8,70	m^3/Mg	0,92	0,8
	Cerveza	24.280.003	HI	2,00	m^3/HI	0,55	0,8
	Conservas de pescado	670.000	Mg	15,00	m^3/Mg	2,67	0,8
	Conservas vegetales	14.749.998	Mg	15,00	m^3/Mg	2,00	0,8
	Lácteos	4.765.900	Mg	2,00	m^3/Mg	1,75	0,8
	Vinos y licores	38.235.555	HI	6,00	m^3/HI	0,93	0,8
Química (Año referencia 1996)	Farmacia	59.800.653	m^3	0,93	m^3/m^3	5,53	0,8
	CNAE: 24.41	54.804.020	m^3	0,955	m^3/m^3	6	0,8
	CNAE: 24.42	4.996.634	m^3	0,6	m^3/m^3	0,4	0,8
	Química orgánica	84.777.439	m^3	0,68	m^3/m^3	1,46	0,8
	CNAE: 24.14	31.430.199	m^3	0,75	m^3/m^3	3,68	0,8
	CNAE: 24.15	53.347.237	m^3	0,64	m^3/m^3	0,16	0,8

Para obtener series temporales homogéneas de las variables de actividad para el conjunto del periodo 1990-2007 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 (DBO₅). 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 MARM para los años 1994 y 1997, y por interpolación y extrapolación se ha obtenido la serie homogénea para el período 1990 a 2007.

Para la carga orgánica degradable se ha asumido un valor de 300 mg DBO₅/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. DBO₅/litro) por el referido caudal diario (200 litros/habitante-equivalente y día) y por los 365 días del año da como resultado una carga, D_{dom} , de 21,9 kg DBO₅/hab-eq y año, o de 60 g de DBO₅/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_{dom} que representa la fracción de la carga orgánica (DBO₅) 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 ₅ año)	TOS_{dom} (t DBO ₅ 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
2005	92.349.576	21,9	0,75	505.613	1.516.842
2006	93.008.374	21,9	0,75	509.221	1.527.663
2007	94.325.971	21,9	0,75	516.435	1.549.305

En la tabla 8.3.3 se muestran para esta categoría en primer lugar las emisiones absolutas, en masa de CH₄ (primera fila) y en términos de CO₂-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 CO₂-eq, del total del inventario y del sector residuos.

Tabla 8.3.3.- Emisiones: Valores absolutos, índices y ratios

	1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
CH ₄ (Gg)	59	70	96	99	102	105	111
CO ₂ -eq (Gg)	2.313	2.492	3.169	3.269	3.330	3.397	3.542
Índice CO ₂ -eq	100,00	107,76	137,03	141,34	143,98	146,87	153,13
% CO ₂ -eq sobre total inventario	0,80	0,78	0,77	0,77	0,75	0,78	0,80
% CO ₂ -eq sobre sector residuos	30,28	25,35	24,05	25,24	25,31	25,06	25,34

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 de Buenas Prácticas 2000 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 B₀ 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.

B₀, Capacidad máxima de producción de metano

Para la capacidad máxima de producción de metano (B₀), ya sea en la línea de agua como en la de lodos, se han tomado los valores por defecto recomendados en la Guía de Buenas Prácticas 2000 IPCC, y que son:

- 0,25 kg CH₄/kg de DQO para las aguas de origen industrial
- 0,60 kg CH₄/kg de DBO₅ 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 de Buenas Prácticas 2000 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 de Buenas Prácticas 2000 IPCC, como el producto de los respectivos valores de B_0 y de MCF 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 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 g CH₄/Unidad de producción)

SECTOR INDUSTRIAL	SUBSECTOR	FACTOR EMISIÓN
QUÍMICA	FARMACIA	105,56
	QUÍMICA ORGÁNICA	21,78
ALIMENTACIÓN	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 ₄ /m ³ agua tratada

b) Aguas de origen residencial-comercial

Tabla 8.3.5.- Aguas residuales residencial-comercial. Factores de emisión

Línea de aguas (EFw)	
3	g CH ₄ /kg DBO ₅
Línea de lodos (EFs)	
153	g CH ₄ /kg DBO ₅

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 DBO₅ 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 CH₄ 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 CH₄ generado en la línea de aguas y lodos, el 50% es recuperado con fines energéticos.

El consumo humano de proteínas (como emisor de N₂O)

La metodología seguida para el cálculo de las emisiones de óxido nitroso es la del Manual de Referencia 1996 IPCC. El consumo de proteínas (tabla 8.3.6) se ha obtenido de la publicación “La alimentación en España” del antiguo Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación” (MAPA) con una revisión actualizada de los años 2005 a 2007 de la serie 1990-2007 facilitada por la Dirección General de Industria y Mercados Alimentarios del Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino.

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 N₂O-N/kg N en las aguas de saneamiento. Para la población se ha tomado la serie del Instituto Nacional de Estadística, estimada a 1º de julio.

Tabla 8.3.6.- Consumo humano de proteínas medio nacional (Cifras en g/hab/día)

1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
97,01	90,34	96,51	98,14	96,73	95,43	97,27

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 1990-2007 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 de Buenas Prácticas 2000 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 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

Se ha actualizado el consumo de proteínas en los años 2005 y 2006. Así pues, como se muestra en las figuras 8.3.1 (valores absolutos) y 8.3.2 (diferencia porcentual) no se observan discrepancias en las estimaciones de emisiones de CO₂-eq entre las ediciones actual y previa del inventario para el periodo 1990-2004.

La comparación de resultados de las emisiones de CO₂ 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 CO₂-eq. Comparación Eds 2009 vs 2008

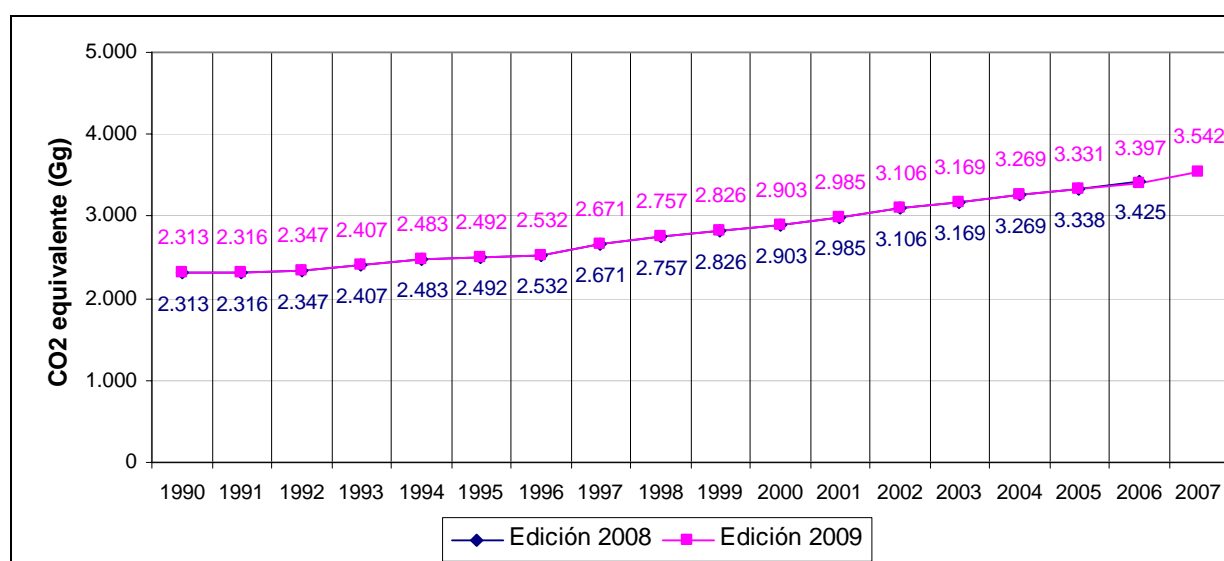
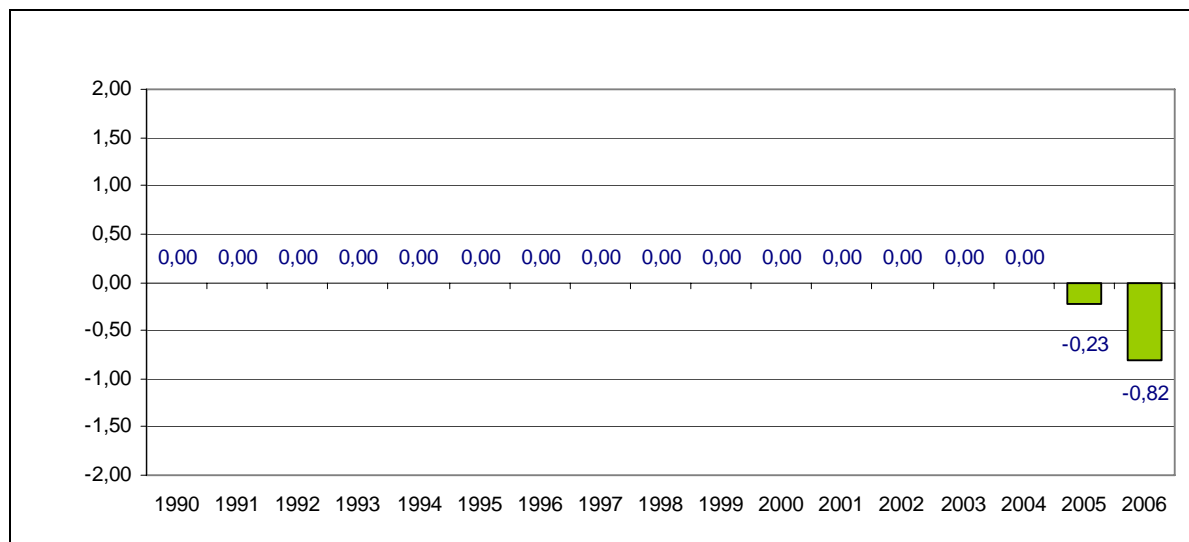


Figura 8.3.2.- Emisiones de CO₂-eq. Diferencia porcentual Eds 2009 vs 2008

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 del Agua del Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino 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 Medio Ambiente Industrial) que elabora el inventario de emisiones.

8.4.- Otras fuentes no clave

En este epígrafe 8.4 se presenta la información de otras actividades del sector residuos que no tienen la categoría de fuente clave ni por el nivel ni por la tendencia. En el epígrafe 8.4.1 se presentan las relacionadas con la Incineración de residuos (categoría 6C) y en el epígrafe 8.4.2 las restantes fuentes no clave "Otras" (categoría 6D), incluyéndose en esta última las emisiones de N₂O derivadas del consumo humano de proteína y las emisiones de CH₄ del extendido de lodos.

Las emisiones en términos de CO₂-eq de estas categorías 6C y 6D ya fueron presentadas en la tabla 8.1.1 y en la figura 8.1.1.

8.4.1.- Incineración de residuos (6C)

8.4.1.1.- Descripción de la actividad emisora

En esta categoría se han estimado las emisiones producidas por las incineraciones de cadáveres, de residuos hospitalarios, de residuos sólidos urbanos cuando no se realiza valorización energética de los mismos y de lodos provenientes de la depuración de aguas residuales. No se han estimado las provenientes de la incineración de residuos industriales para los que, aun habiéndose identificado algún centro de actividad, la información no ha podido ser tratada de forma exhaustiva en esta edición del inventario.

En la tabla 8.4.1 se muestran para esta categoría en primer lugar las emisiones absolutas, en masa de CO₂ (primera fila) y en términos de CO₂-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 CO₂-eq, del total del inventario y del sector residuos.

El descenso tan significativo en el nivel de emisiones que se registra hasta el año 2004 viene determinado esencialmente, como se verá más adelante, por i) el traslado desde el sector "Residuos" al sector "Energía" de la contabilización de las emisiones de la incineración de los residuos sólidos urbanos a medida que dicha incineración se realiza con valorización energética, y ii) la disminución de los residuos hospitalarios incinerados en España.

Tabla 8.4.1.- Emisiones de CO₂ equivalente: valores absolutos, índices y contribuciones relativas

	1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
CO ₂ (Gg)	85	28	8	4	3	3	4
CO ₂ -eq (Gg)	95	36	18	9	9	10	10
Índice CO ₂ -eq	100,00	37,77	19,19	9,95	9,83	10,10	10,60
% CO ₂ -eq sobre total inventario	0,03%	0,01%	0,004	0,002	0,002	0,002	0,002
% CO ₂ -eq sobre sector residuos	1,24	0,36	0,14	0,07	0,07	0,07	0,07

8.4.1.2.- Aspectos metodológicos

A continuación se detalla para cada una de las actividades consideradas la metodología seguida para estimar las emisiones de CO₂.

a) Incineración de cadáveres

La incineración de cadáveres humanos en los crematorios es actualmente la principal actividad que contribuye a las emisiones de CO₂. 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 por la Federación Europea de Servicios Funerarios³. Se han revisado las series de crematorios para el periodo 1990 a 2006, modificándose algunos valores en los años 2005 y 2006. Los datos del año 2007 se obtienen por extrapolación del año 2006.

Tabla 8.4.2.- Incineración de cadáveres. Variables de actividad

1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
5.686	15.413	65.361	67.446	75.613	78.378	88.789

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 realizar la conversión de unidades un peso medio por cadáver de 65 kg⁴.

La información sobre los factores de emisión se ha tomado de la fuente suministradora de los datos. Los factores de emisión aplicados han sido: SO₂ (13 g/c.i.), NO_x (156 g/c.i.), COVNM (14,6 g/c.i.), CH₄ (0,08 g/c.i.), CO (725 g/c.i.), CO₂ (39 kg/c.i.) y NH₃ (3,2 g/c.i.).

b) 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, durante la década de los noventa era habitual incinerar este tipo de residuos, pero con posterioridad la práctica de la incineración ha ido sustituyéndose por la esterilización. Los residuos del Grupo IV deben ser siempre incinerados para su correcto tratamiento.

La estimación de la cantidad generada de este tipo de residuos 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. 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 III y la totalidad de los del Grupo IV son 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,

³ A través de un miembro del Comité de Trabajo de Cementerios Estadísticas e Incineración

⁴ 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.

parámetros y variable de actividad final de este epígrafe se muestran en la tabla 8.4.3 siguiente.

Tabla 8.4.3.- Incineración de residuos hospitalarios. Variables de actividad

Año	Nº Camas	g/cama/día		Producción de residuos biosanitarios (t/a)			Esterilizac. (t/a)	Incineraci. España (t/a)	Incinerac. Extranjero (t/a)
		Grupo III	Grupo IV	Total	Grupo III	Grupo IV			
1990	115.695	426	174	25.337	17.989	7.348	10.866	14.397	74
1991	120.323	414	169	25.604	18.182	7.422	10.993	13.536	1.075
1992	125.136	402	164	25.852	18.361	7.491	11.121	12.674	2.057
1993	130.141	389	159	26.031	18.478	7.553	11.248	11.813	2.970
1994	135.347	377	154	26.232	18.624	7.608	11.376	10.951	3.905
1995	137.469	365	149	25.791	18.314	7.476	11.503	10.090	4.198
1996	139.591	353	144	25.323	17.986	7.337	11.631	9.228	4.464
1997	141.713	340	139	24.776	17.587	7.190	11.758	8.367	4.651
1998	143.835	328	134	24.255	17.220	7.035	11.886	7.505	4.864
1999	145.957	316	129	23.707	16.835	6.872	12.013	6.644	5.050
2000	148.081	303	124	23.079	16.377	6.702	12.141	5.782	5.156
2001	146.369	290	119	21.851	15.493	6.358	12.268	4.921	4.662
2002	146.104	277	114	20.851	14.772	6.079	12.396	4.059	4.396
2003	144.916	264	109	19.730	13.964	5.765	12.523	3.198	4.009
2004	145.877	252	104	18.955	13.418	5.537	12.651	2.336	3.968
2005	145.892	240	100	18.105	12.780	5.325	12.780	1.471	3.854
2006	145.892	240	100	18.105	12.780	5.325	12.780	1.471	3.854
2007	145.892	240	100	18.105	12.780	5.325	12.780	1.471	3.854

La información sobre el número de camas en centros hospitalarios procede del “Anuario Estadístico de España”, que edita el Instituto Nacional de Estadística (INE), y de la Estadística de Establecimientos Sanitarios con Régimen de Internado del Instituto de Información Sanitaria del Ministerio de Sanidad y Consumo. El parámetro de generación de residuos hospitalarios por cama y día ha sido obtenido del “Estudio sobre generación y gestión de los residuos sanitarios en España”, elaborado por el Instituto para la Sostenibilidad de los Recursos para el Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino, y, en su evolución a la baja, puede advertirse una marcada tendencia de los residuos Grupos III y IV a ser reclasificados en residuos que no presentan riesgo de toxicidad ni de infección. La información sobre residuos esterilizados y sobre los incinerados en España procede, análogamente, del mismo estudio mencionado anteriormente.

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 CH₄, al no indicarse ningún factor, éste es 0, y adoptando, para el N₂O, el factor de 100 g por tonelada, similar al que se cita para la incineración de residuos domiciliarios en la misma fuente. Para el cálculo del CO₂ de origen no biogénico se ha asumido un 36% de origen fósil y un 64% de biogénico, sobre una emisión de CO₂ de 1500 kg por tonelada de residuo incinerada, con lo que el factor de CO₂ de origen fósil pasa a ser de $1500 \times 0,36 = 540$ 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.

c) La incineración de residuos municipales sin recuperación energética

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. Dado que progresivamente las incineradoras de RSU han pasado de la incineración sin valorización a la incineración con valorización energética, o incluso han aplicado esta última opción desde el inicio de su actividad, la contabilización de las emisiones de la incineración de RSU ha ido trasladándose del sector “Residuos” al sector “Energía”, de acuerdo con las especificaciones de IPCC y de las guías para la notificación de los inventarios de emisiones de la SCMCC. A partir del año 2004 no ha contribuido a las emisiones del sector “Residuos” ya que, según la información disponible, todas las plantas incineradoras realizan desde esa fecha incineración con recuperación energética. La información de base sobre la variable de actividad (cantidades de residuos incinerados) procede de la publicación “Medio Ambiente en España”.

Las referencias para los factores de emisión son las siguientes: para el SO₂, NO_x, COV, CO, N₂O, NH₃, 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 CH₄. Para el CO₂ 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 CO₂ por tonelada de residuo es de 900 kg (fósil+biogénico)/tonelada. Los valores indicados para el CO₂ se han estimado por el equipo de trabajo del inventario a partir de los datos de la composición de los residuos municipales.

d) La incineración de lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales

En esta categoría se han estimado las emisiones producidas por la incineración de lodos procedentes de los procesos de depuración de aguas residuales. Los valores de esta variable se diferencian según tipología de fuente emisora, que a su vez condiciona la fuente de información utilizada. Así se tiene: 1) los asumidos para las fuentes superficiales (tabla 8.4.4.a) y 2) los obtenidos de cuestionario para las fuentes puntuales (tabla 8.4.4.b).

Respecto al primer tipo de fuentes, las superficiales, los datos para los años 1990, 1991 y 1992 se han obtenido por interpolación de los correspondientes a 1989 y 1993. Los datos de estos dos años se han tomado respectivamente de la información que sobre lodos de depuradora elaboró el antiguo MOPT en la publicación “Medio Ambiente en España, 1991” (en lo referente al año 1991) y en el “Estudio sobre tratamiento y eliminación final de los fangos de depuradoras de aguas residuales urbanas”, realizado por la consultora CADIC, S.A. para la Dirección General de Calidad de las Aguas del MOPTMA, (en lo referente al año 1993). Para el periodo 1997-2007 los datos provienen del “Registro Nacional de Lodos” elaborado por el MAPA, y la serie 1994-1996 se ha obtenido mediante interpolación de los correspondientes a 1993 y 1997. Del año 2003 al 2004 se produce un descenso en la cantidad de lodos incinerados como consecuencia de la revisión actualizada realizada por el MAPA para el periodo 2004 a 2006. Respecto a la segunda fuente, los datos se han derivado de la información obtenida de los cuestionarios enviados a las plantas de refino de petróleo y de fabricación de pasta de papel, cuando en las mismas se realiza dicho

proceso de incineración de lodos. Para el sector refino de petróleo, la información de los cuestionarios que cubre los años 1994 a 2007 se ha extendido hacia atrás utilizando la serie de volumen de agua depurada; para el sector de fabricación de pasta de papel la serie sólo cubre los años 1997-2007 en que se obtuvo respuesta directa vía cuestionario. Como consecuencia de este aumento de la cobertura informativa puede observarse un alta notable a partir del año 1997.

Tabla 8.4.4.a.- Incineración de lodos obtenidos en la depuración de aguas residuales urbanas (Cifras en toneladas)

1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
17.092	39.816	76.813	39.171	39.724	41.067	41.041

Tabla 8.4.4.b.- Incineración de lodos obtenidos en la depuración de aguas residuales en la industria (Cifras en toneladas)

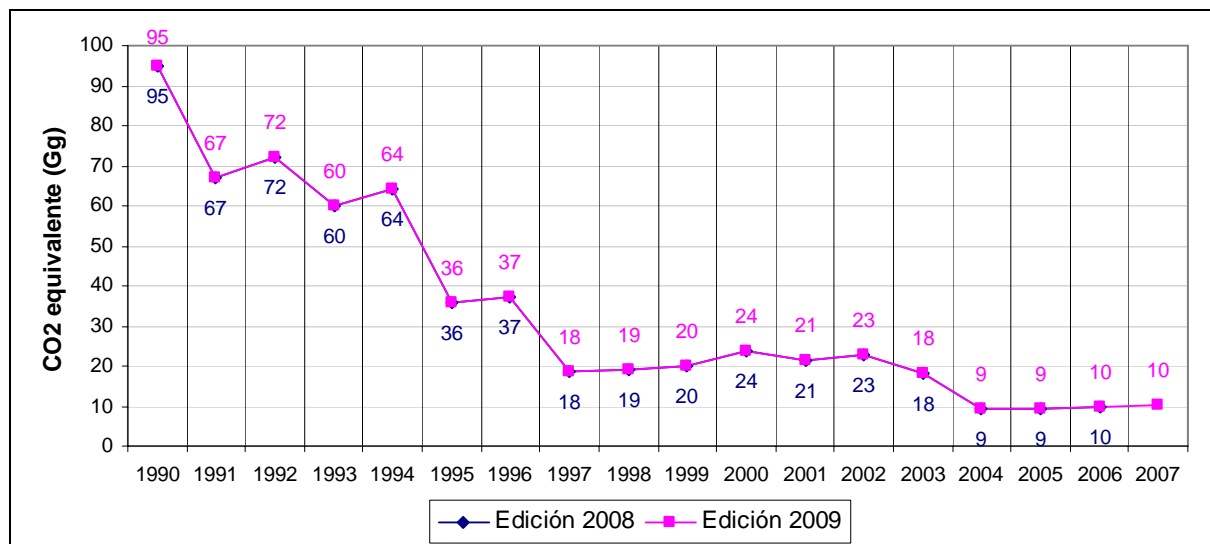
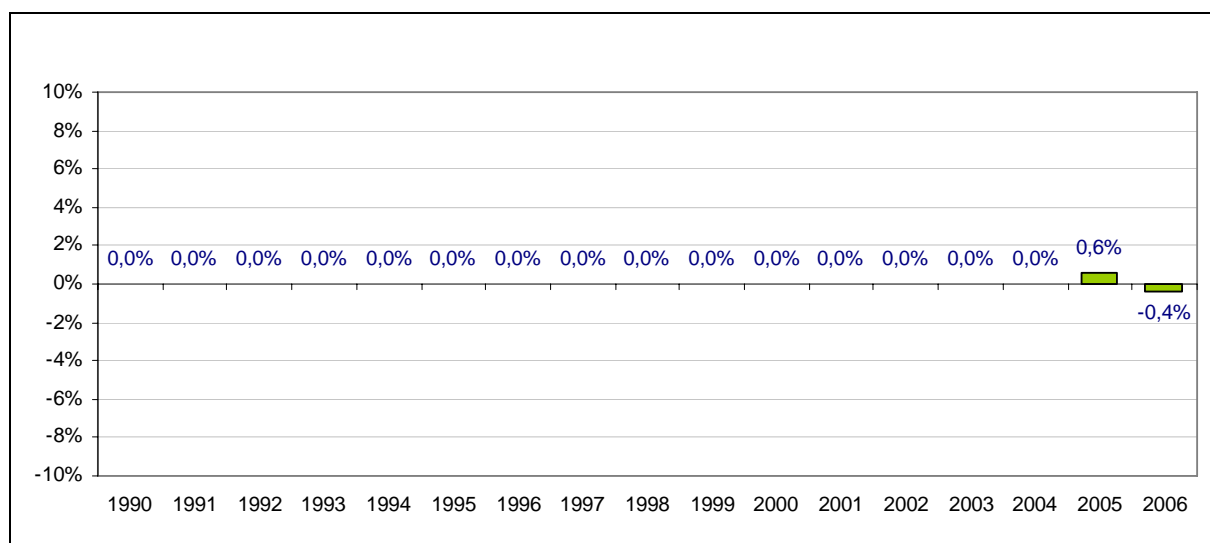
1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
497	463	810	2.143	2.076	1.873	2.431

Los factores de emisión se han tomado de la información que figura a pie de la tabla 2, capítulo B-925 del Libro Guía EMEP/CORINAIR, habiéndose asumido para cada uno de ellos las técnicas de control supuestamente más apropiadas entre las opciones que figuran al pie de dicha tabla; así para los COVNM, el CH₄ y el CO, se ha tomado directamente el valor propuesto en dicha referencia, mientras que para el SO_x, NO_x y N₂O el equipo de trabajo del Inventario ha seleccionado, de entre el rango de valores propuestos en dicha referencia, los valores considerados razonables según la técnica de control. Para el caso del CO₂ se ha tomado, conforme a las metodologías IPCC y EMEP/CORINAIR, un factor igual a cero asumiendo que procede de la incineración de residuos renovables orgánicos.

8.4.1.3.- Realización de nuevos cálculos

Los nuevos cálculos se producen en el periodo 2005-2006 debido a la actualización de las series de incineración de cadáveres en los años 2005 y 2006.

En las figuras 8.4.1 y 8.4.2 se muestran las diferencias en las emisiones de esta categoría 6C entre las estimaciones de la edición 2008 y 2009. La figura 8.4.1 presenta los niveles absolutos de las emisiones en cada una de las dos ediciones, la figura 8.4.2 las diferencias porcentuales respecto al nivel de la edición de 2008.

Figura 8.4.1.- Emisiones de CO₂-eq. Comparación Eds 2009 vs 2008**Figura 8.4.2.- Emisiones de CO₂-eq. Diferencia porcentual Eds 2009 vs 2008**

8.4.2.- Otras fuentes (6D)

En esta categoría 6D se incluye las emisiones de CH₄ en el extendido de lodos de depuradora.

El extendido de lodos (como emisor de CH₄)

En esta actividad se recogen las emisiones del extendido de lodos (sludge spreading) procedentes de las depuradoras de aguas residuales para su secado y que se puede considerar como un proceso integrante de los tratamientos de las aguas residuales.

Se ha intentado actualizar la serie de fracciones de secado de los lodos, pero no se ha podido disponer de datos contrastados de la actividad. A falta de mejor información se ha asumido que la fracción de lodos tratados en las depuradoras de aguas residuales que se secan mediante su extendido al aire libre es igual a la unidad. En la tabla 8.4.5 se muestra las cifras de la variable de actividad del extendido de lodos.

Los gases estimados han sido las fracciones COVNM y CH₄ de los COV, con unos valores respectivamente de 20 kg (COVNM) y de 29 kg (CH₄) por tonelada de lodo secada (véase pág. 14 del documento "Report on Complementary Information in the Frame of the Assistance Provided for CORINAIR 90 Inventory", CITEPA). La cifra de 20 kg antes referida es una media del rango de dispersión que se extiende de 7,1 kg a 29 kg, (véase pág. 14 "Report on Complementary Information in the Frame of the Assistance Provided for CORINAIR 90 Inventory").

Tabla 8.4.5.- Extendido de lodos (Cifras en toneladas)

1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
416.884	665.155	1.012.158	1.002.857	975.396	1.057.572	1.092.252

10.- NUEVOS CÁLCULOS Y MEJORAS

10.1.- Explicación y justificación de los nuevos cálculos

La edición correspondiente al año 2009 del inventario de emisiones de gases de efecto invernadero, edición que cubre el periodo 1990-2007, ha conllevado nuevos cálculos para el periodo 1990-2006 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 propiciada por los procedimientos propios de verificación, y complementada por las recomendaciones de los informes de revisión del inventario español comisionados por la Secretaría de la Convención Marco sobre el Cambio Climático (SCMCC).

En los epígrafes siguientes 10.2 y 10.3 se trata respectivamente las implicaciones que sobre los niveles de emisión y sobre las tendencias han tenido los nuevos cálculos, refiriendo el análisis a las emisiones del inventario con la exclusión de las emisiones y sumideros del sector LULUCF. Los comentarios sobre los recálculos de las emisiones y sumideros del sector LULUCF se presentan específicamente en el Capítulo 7 y el Anexo 3.3. En el epígrafe 10.4 dedicado a las mejoras planeadas del inventario sí se incluye, sin embargo, la descripción de las mejoras previstas para el sector LULUCF.

10.2.- Implicaciones en los niveles de emisión

En términos siempre de CO₂-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 -0,06% (año 2006) y el 0,26% (año 1999), siendo por tanto clasificables como cambios menores (inferiores al 1% en valor absoluto)¹.

Entrando en el examen por sectores de actividad pueden identificarse las causas de las variaciones originadas por los nuevos cálculos según se especifica a continuación.

En el sector “Energía”, véase figura 10.2.2, se producen cambios que tienen lugar a lo largo de toda la serie, y que pueden agruparse de la siguiente manera: i) Actualización de información de base facilitada directamente por grandes plantas del sector químico que ha motivado un descuento de emisiones por reasignación de combustibles desde el sector energía al sector procesos, donde ya estaban contabilizadas las emisiones de CO₂; ii) disponibilidad de nueva información más precisa sobre otros focos puntuales que mejora la calidad de la estimación de las emisiones con referencia a las variables de actividad

¹ 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).

(consumo de combustibles) y de los factores de emisión según características de combustibles específicos; iii) revisión en los años 2004 a 2006 del consumo de gas natural a partir de la información actualizada facilitada del balance nacional de este combustible. Como consecuencia de estas revisiones se producen variaciones relativas que oscilan entre el -0,33% del año 2006 y el 0,03% de los años 1998 y 1999.

En el sector “Procesos industriales”, véase figura 10.2.3, los cambios más relevantes provienen de la revisión de las variables de actividad en los procesos de descarbonatación en la cerámica fina (para todo el periodo 1990-2006) y en la producción de clínker (año 2006) por actualización de la información sobre la variable de actividad. Adicionalmente, para la fabricación de carburo de calcio se ha incluido la estimación de las emisiones de metano, que no figuraban en ediciones anteriores del inventario, siguiendo las recomendaciones del equipo revisor de la SCMCC.

En el sector “Uso de disolventes y otros productos”, véase figura 10.2.4, los recálculos cuyo valor absoluto no supera 0,4%, se deben a diversas revisiones en las variables de algunas actividades de este sector, principalmente en el uso doméstico de disolventes y de productos farmacéuticos.

En el sector “Agricultura”, véase figura 10.2.5, la revisión se ha centrado esencialmente en el año 2006, con una variación del -0,79%, y que ha venido motivada por: i) la revisión de las cifras de animales en las especies de porcino (corrección de un error detectado en la edición anterior del inventario) y aves (nueva información disponible); ii) la disponibilidad de información actualizada relativa a las estadísticas de producción de leche; y iii) la revisión de los parámetros de fracción quemada de los distintos residuos de cultivos. Para los restantes años de la serie las variaciones son prácticamente inapreciables (del orden de 0,02%).

En el sector “Residuos”, véase figura 10.2.6, es donde se ha operado en términos relativos la revisión más significativa, con incrementos que varían entre el 4% y el 8% entre los años 1990 y 2005, y cuya causa ha sido el incremento del volumen de residuos depositados en vertedero según refleja la información recogida en los cuestionarios administrados individualizadamente a los principales vertederos. Para el año 2006, junto a la causa ya citada, la variación se debe a la subsanación de una ausencia de información en el depósito de residuos en uno de los principales vertederos. Debe observarse que sin este segundo efecto, la tendencia que se observa en las variaciones del periodo 1990-2005 se extendería al año 2006 (cuya variación tendencial ya no resultaría anómala).

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 CO₂, puede observarse cómo la figura 10.2.7 reproduce fielmente el perfil de la figura 10.2.7 del sector Energía, pues ello es consecuencia de que las revisiones realizadas en ese sector dominan las variaciones que se han producido en este gas.

Con respecto al CH₄, en las variaciones mostradas en la figura 10.2.8, que oscilan entre el 1,46% (año 2005) y el 2,65% (año 2006), son esencialmente el reflejo de las modificaciones realizadas en la categoría de vertederos en el sector Residuos, y que para el

año 2006 se combina con la revisión de las emisiones en la gestión de estiércoles como consecuencia de la actualización ya indicada de las cifras de animales en porcino.

Las variaciones a la baja experimentadas en el N₂O, véase figura 10.2.9, con valores que oscilan entre el -0,18% (año 2006) y -0,05% (año 2000), se deben principalmente al efecto combinado de los cambios en Agricultura y en Residuos, si bien son de una cuantía menor en el conjunto del inventario.

Para finalizar, los gases fluorados, véanse figuras 10.2.10, 10.2.11 y 10.2.12, no ha experimentado revisiones en esta última edición con respecto a la anterior.

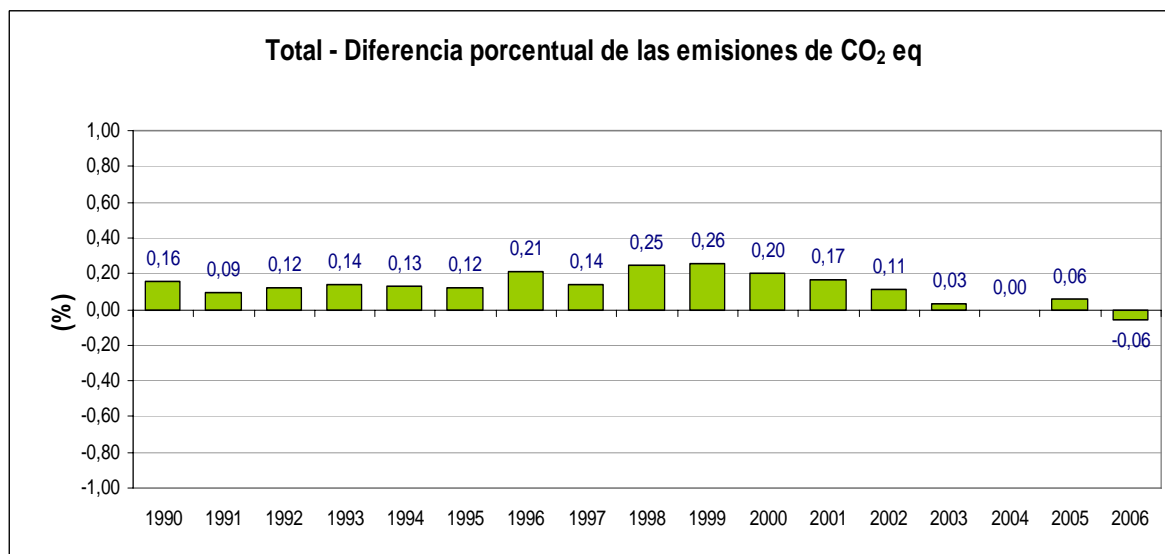
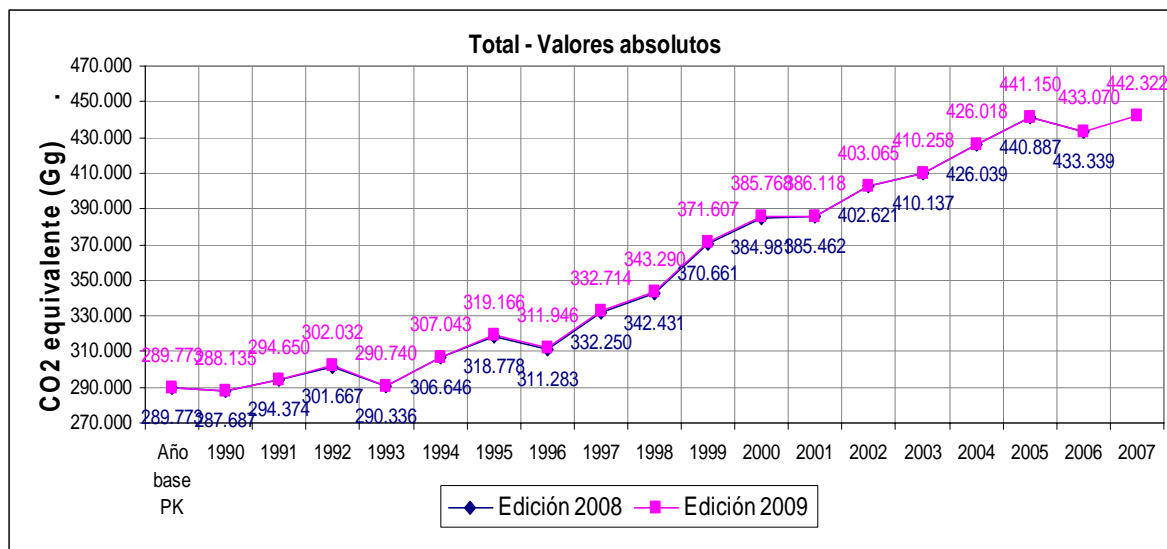
Figura 10.2.1.- Comparación de niveles del agregado

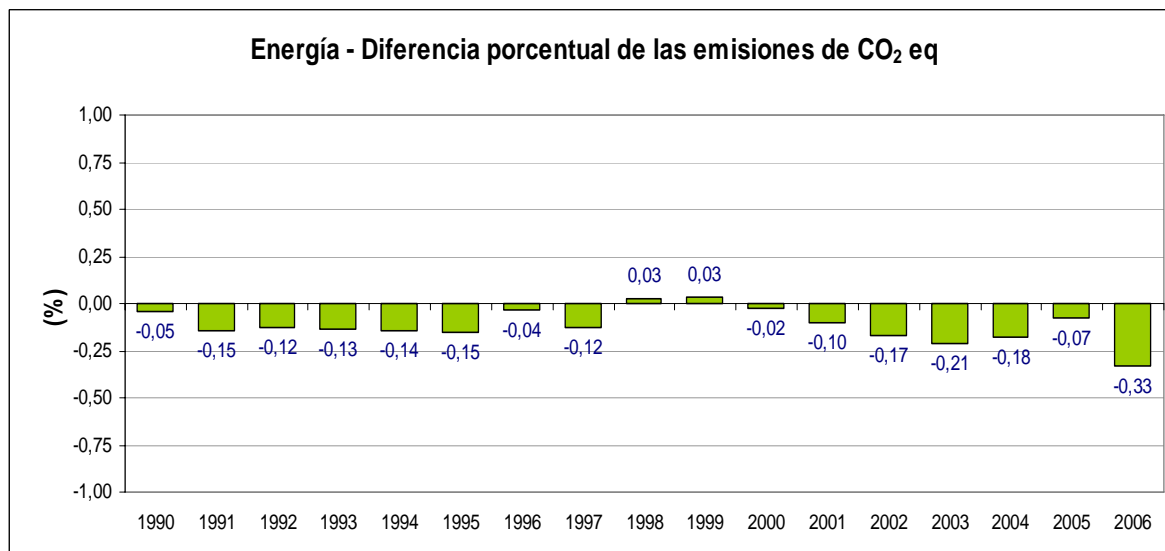
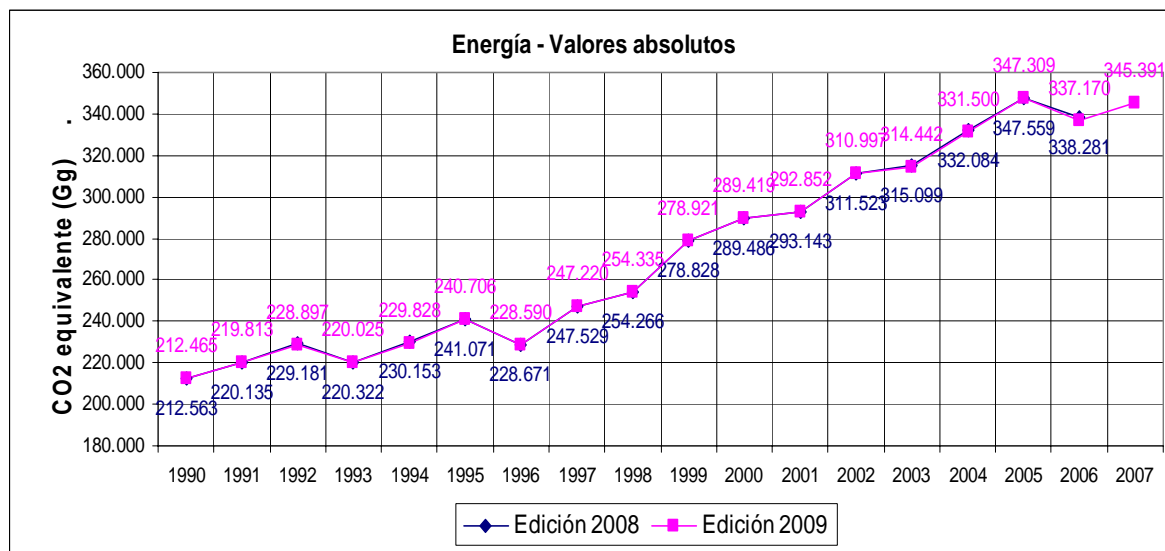
Figura 10.2.2.- Comparación de niveles del sector de la energía

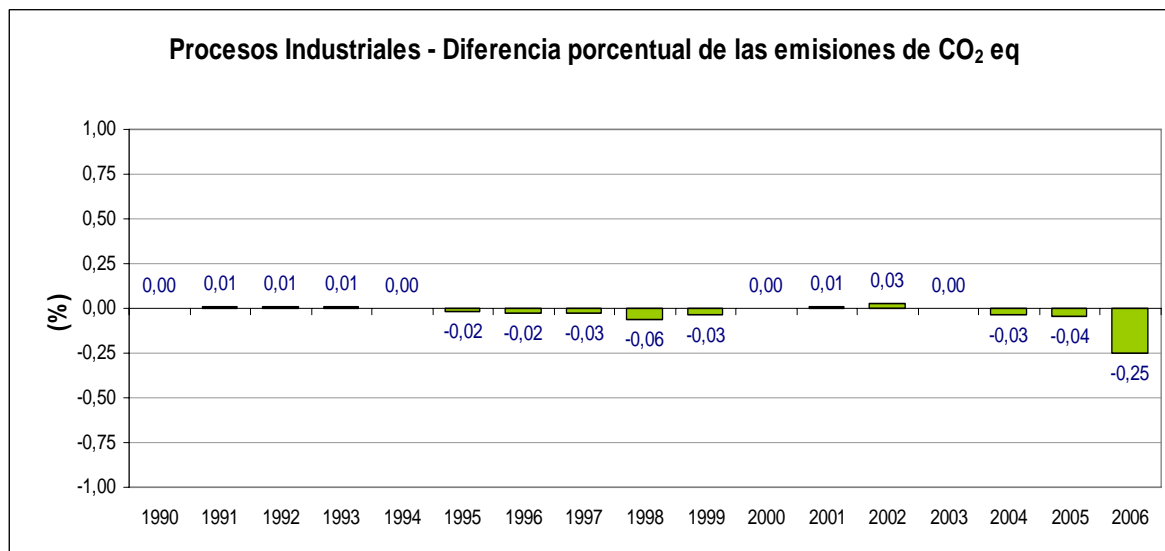
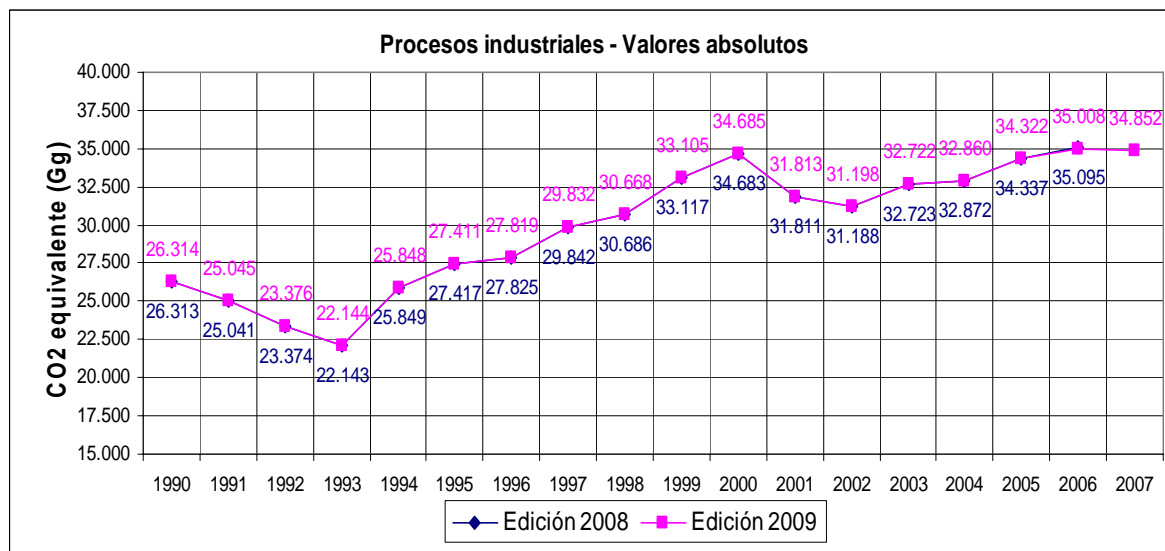
Figura 10.2.3.- Comparación de niveles de los procesos industriales

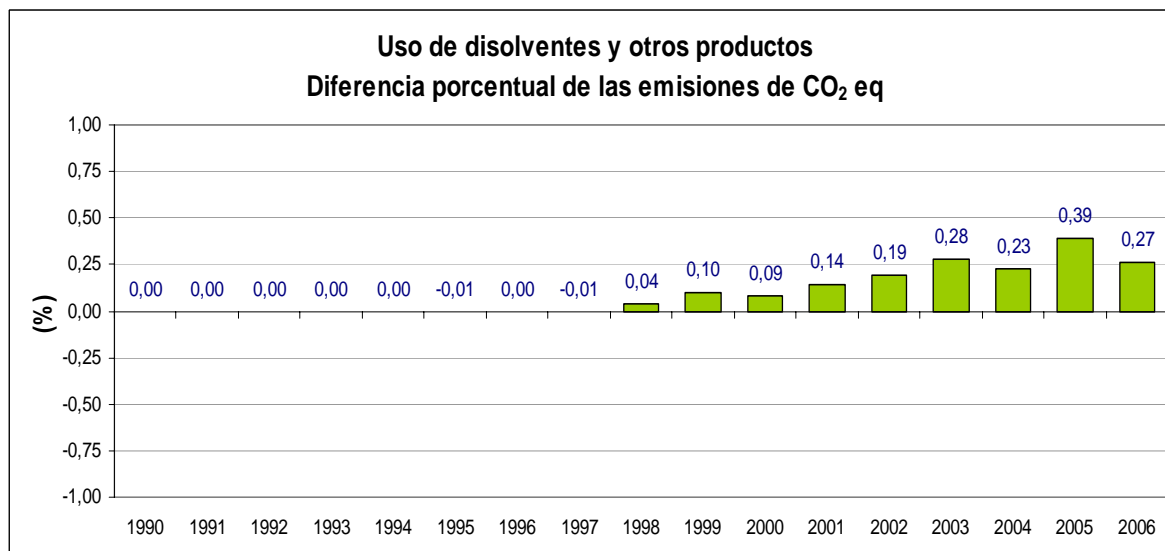
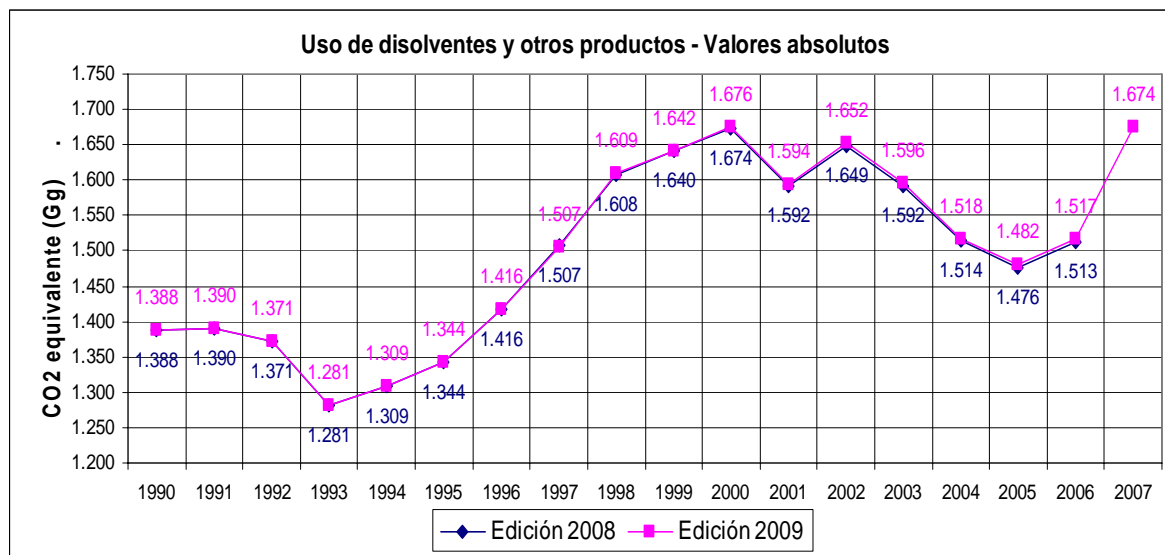
Figura 10.2.4.- Comparación de niveles del uso de disolventes y otros productos

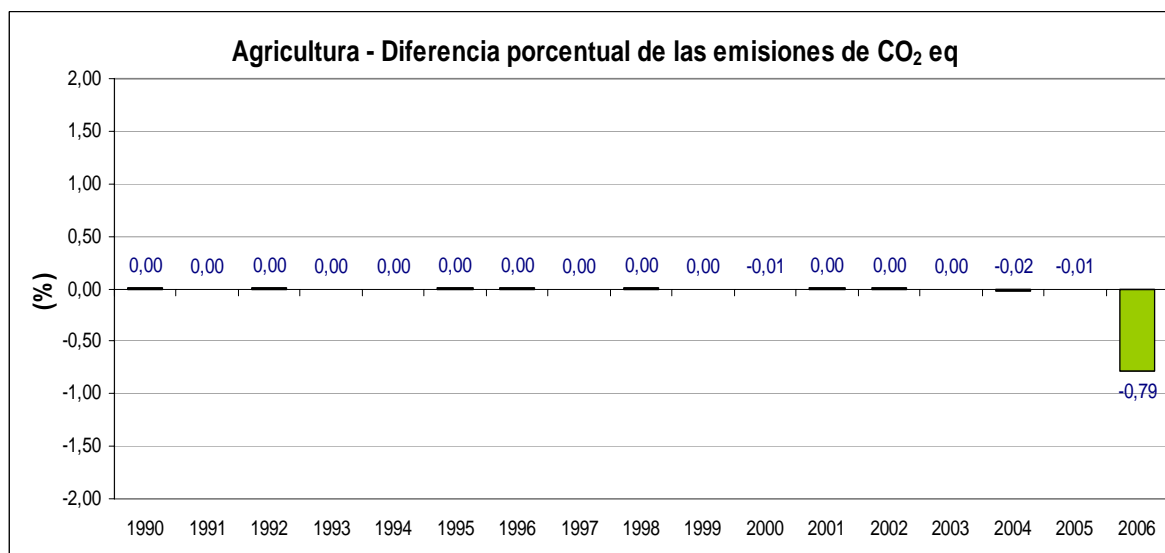
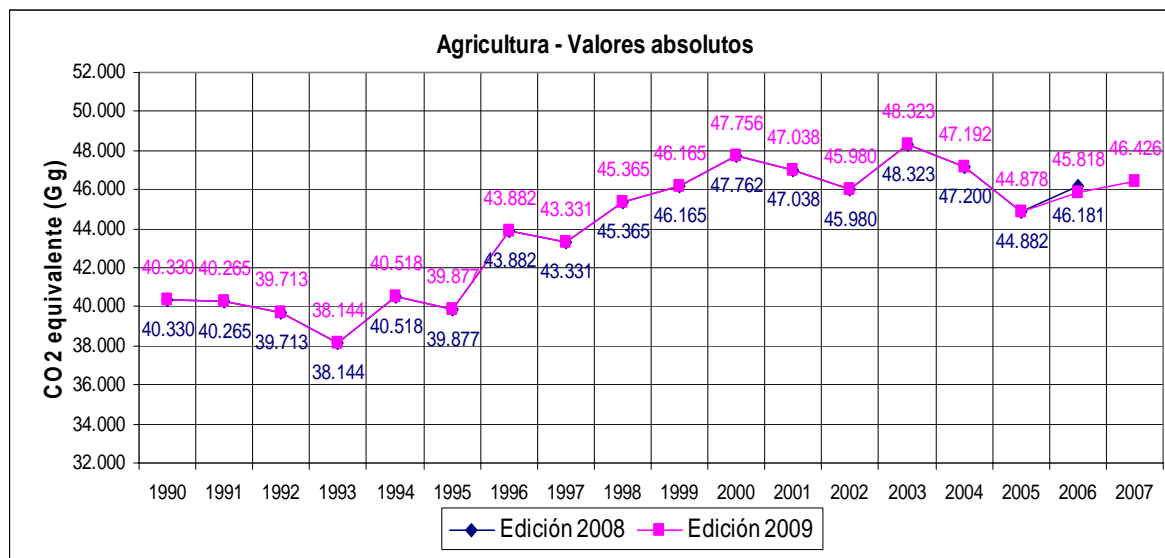
Figura 10.2.5.- Comparación de niveles de la agricultura

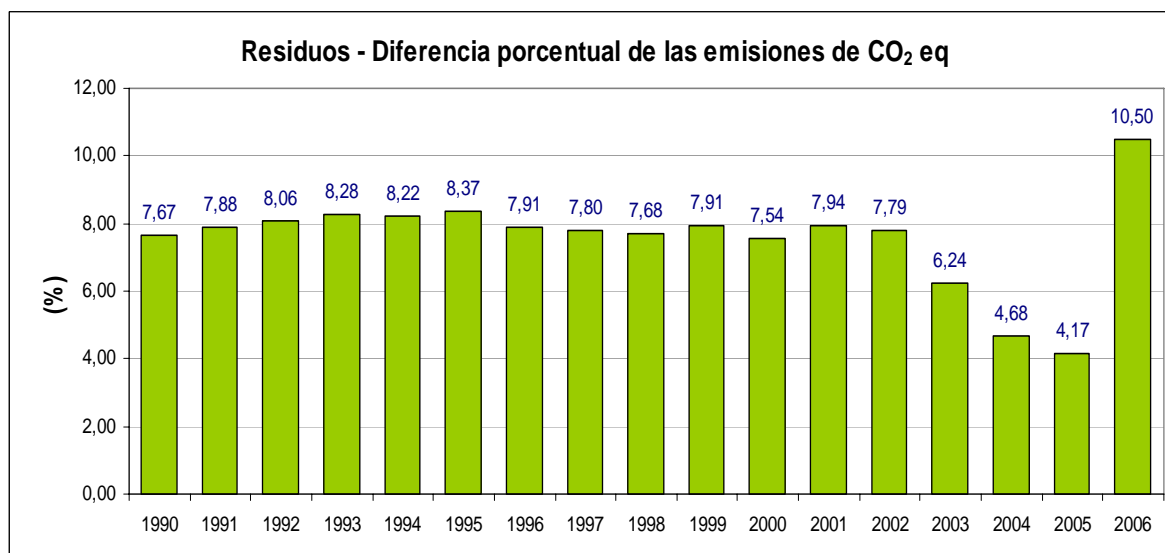
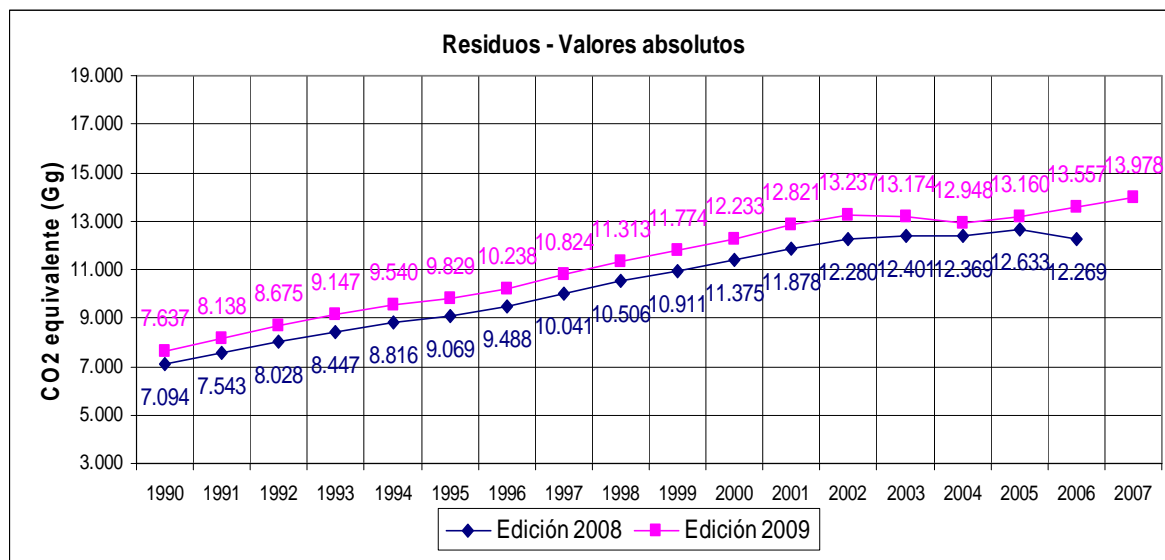
Figura 10.2.6.- Comparación de niveles de los residuos

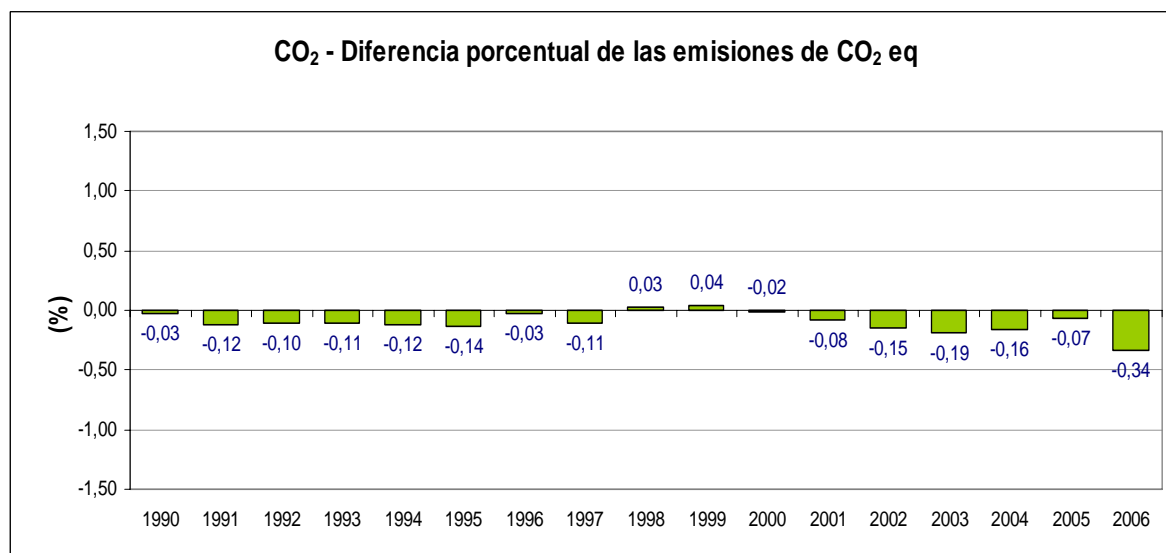
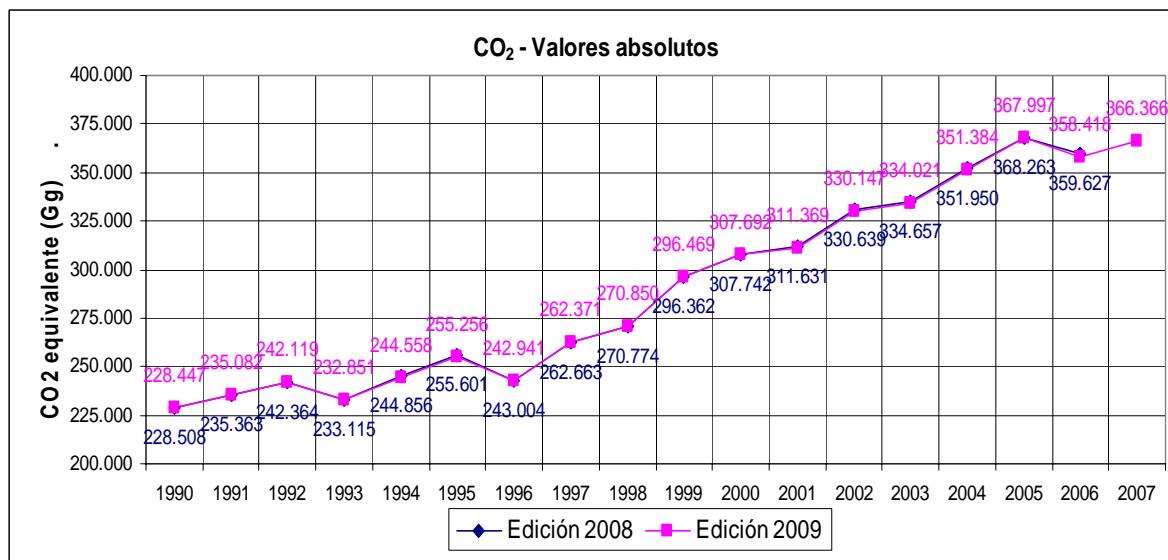
Figura 10.2.7.- Comparación de niveles de las emisiones de CO₂

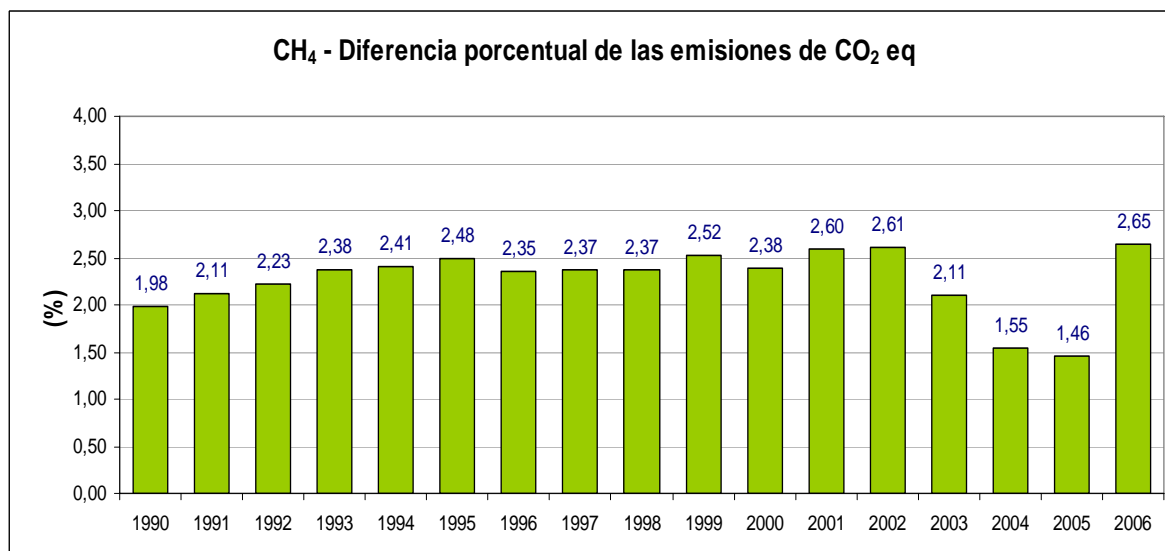
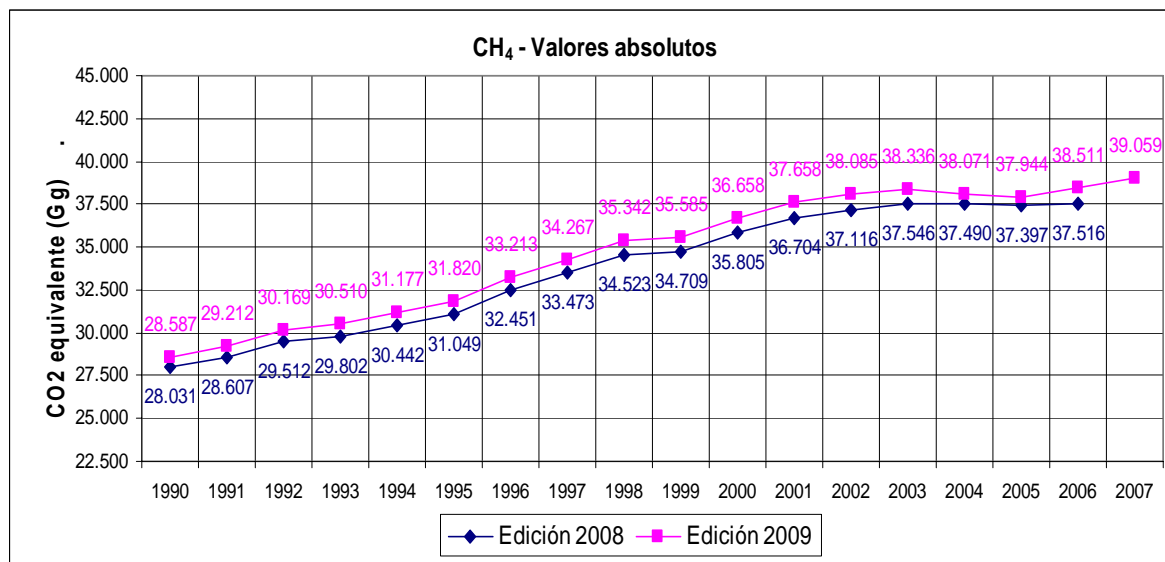
Figura 10.2.8.- Comparación de niveles de las emisiones de CH₄

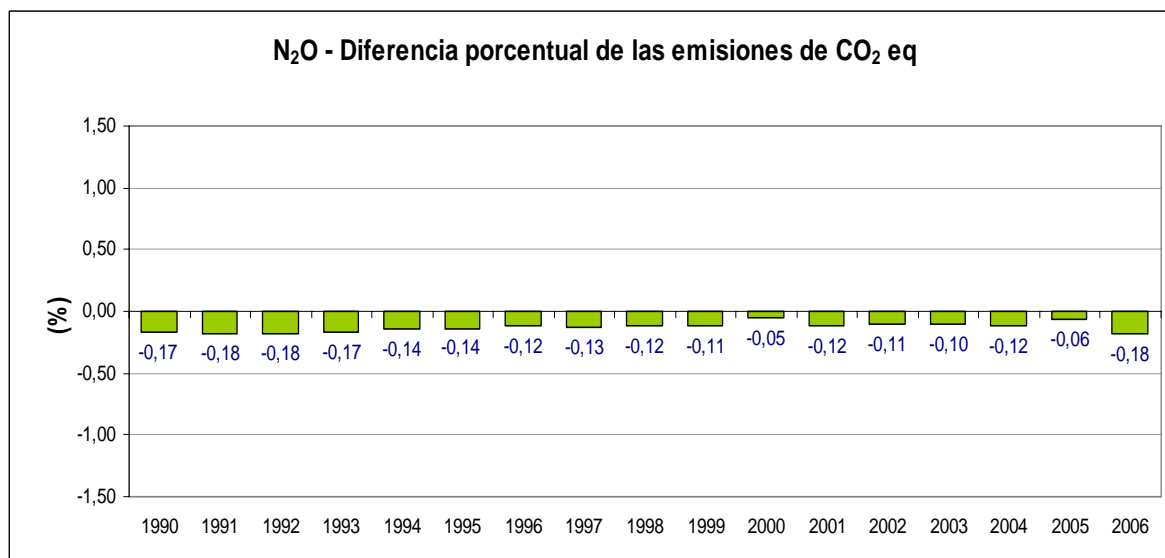
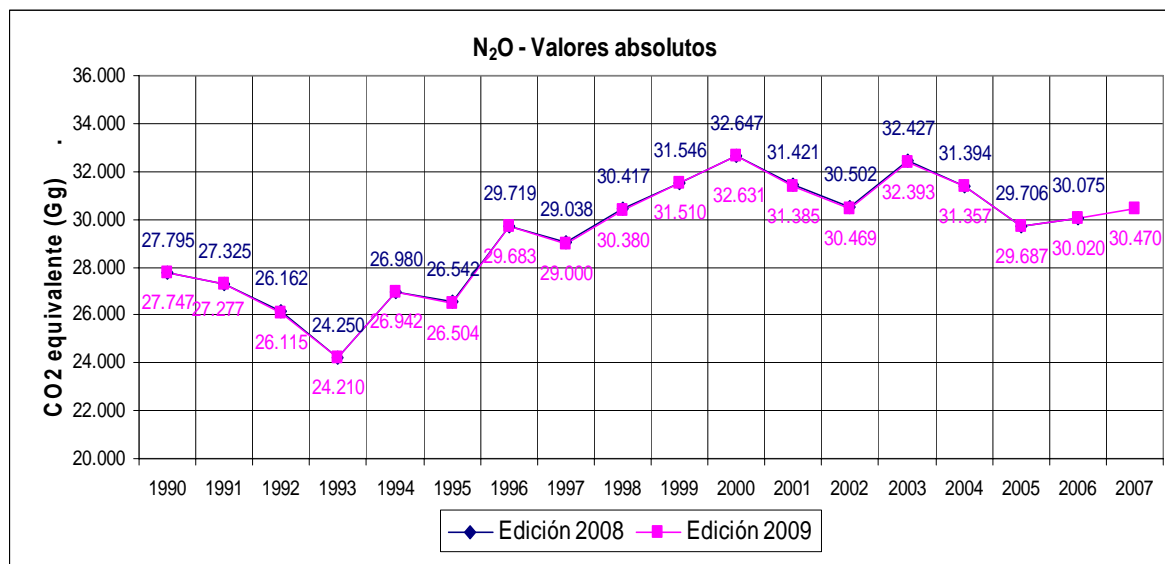
Figura 10.2.9.- Comparación de niveles de las emisiones de N₂O

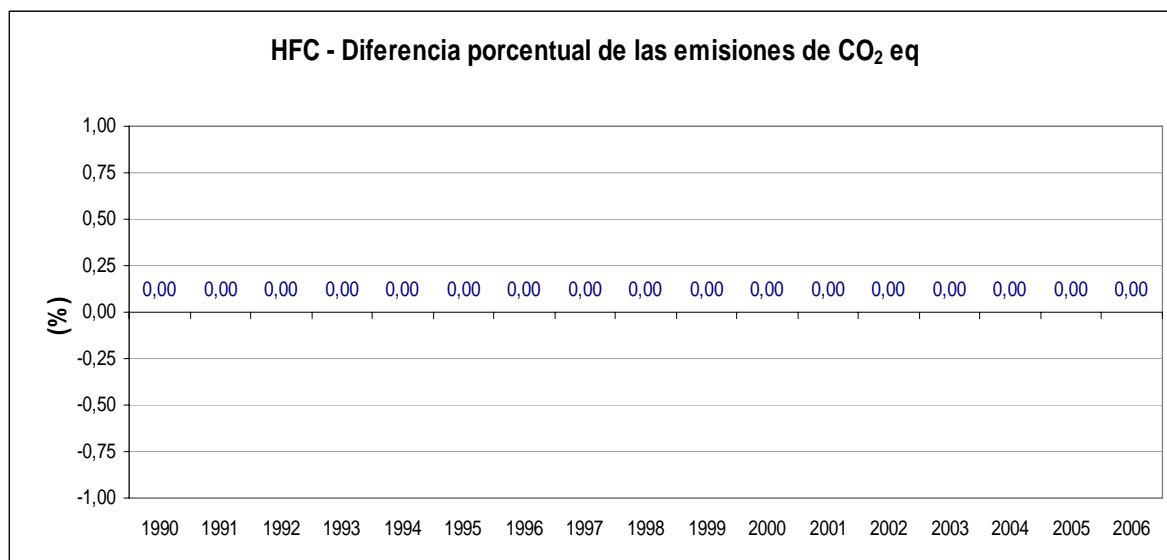
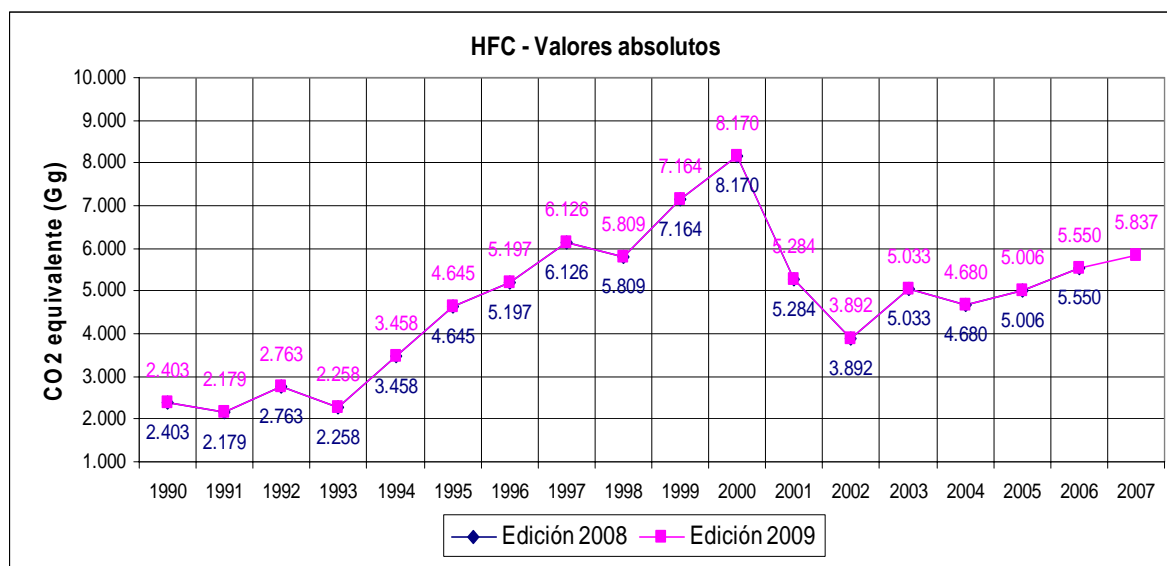
Figura 10.2.10.- Comparación de niveles de las emisiones de HFC

Figura 10.2.11.- Comparación de niveles de las emisiones de PFC

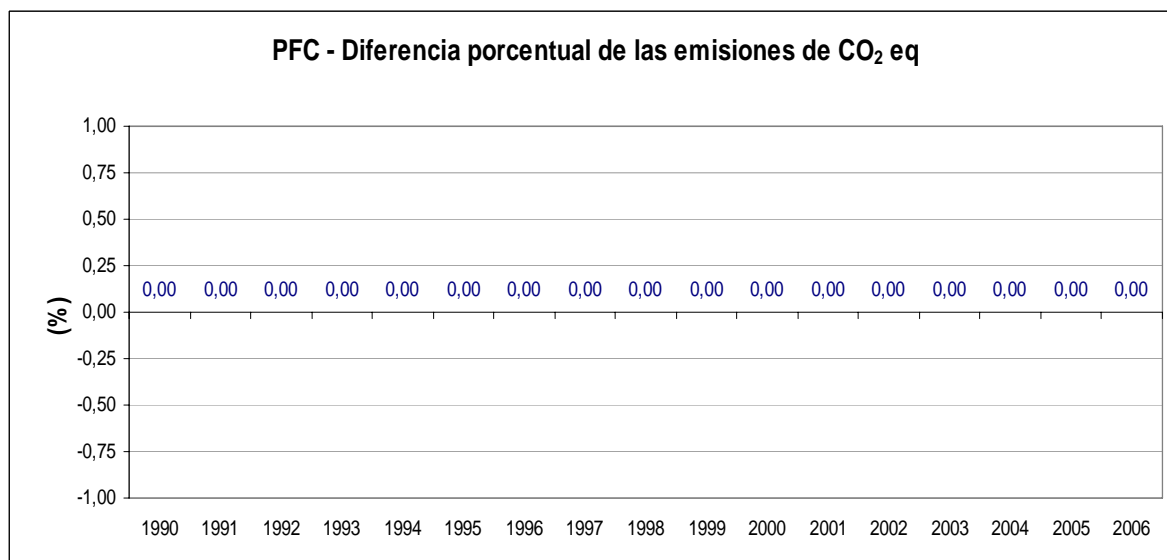
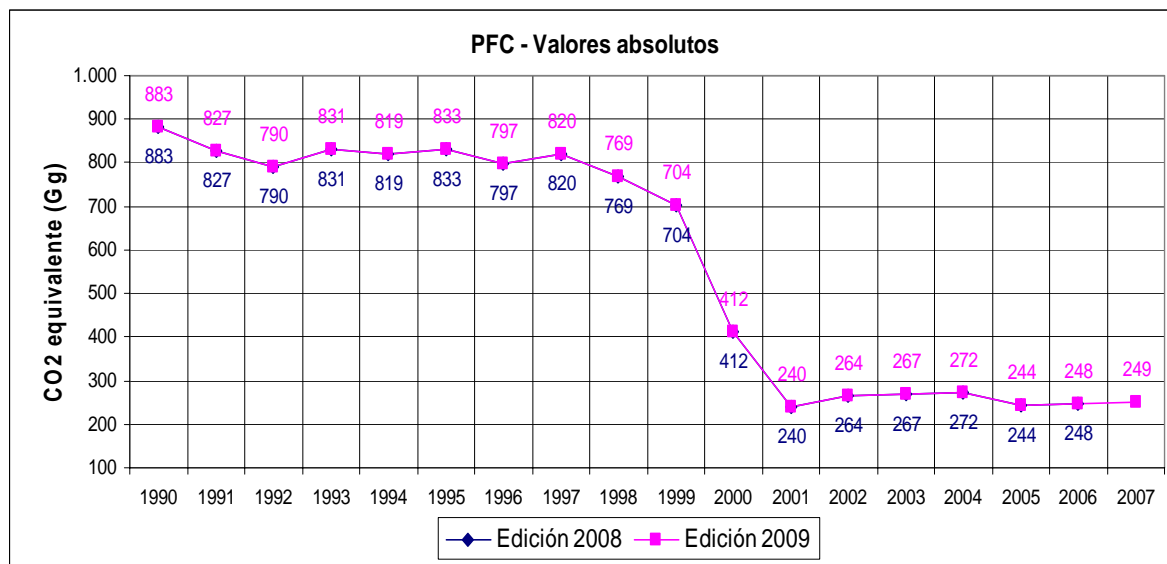
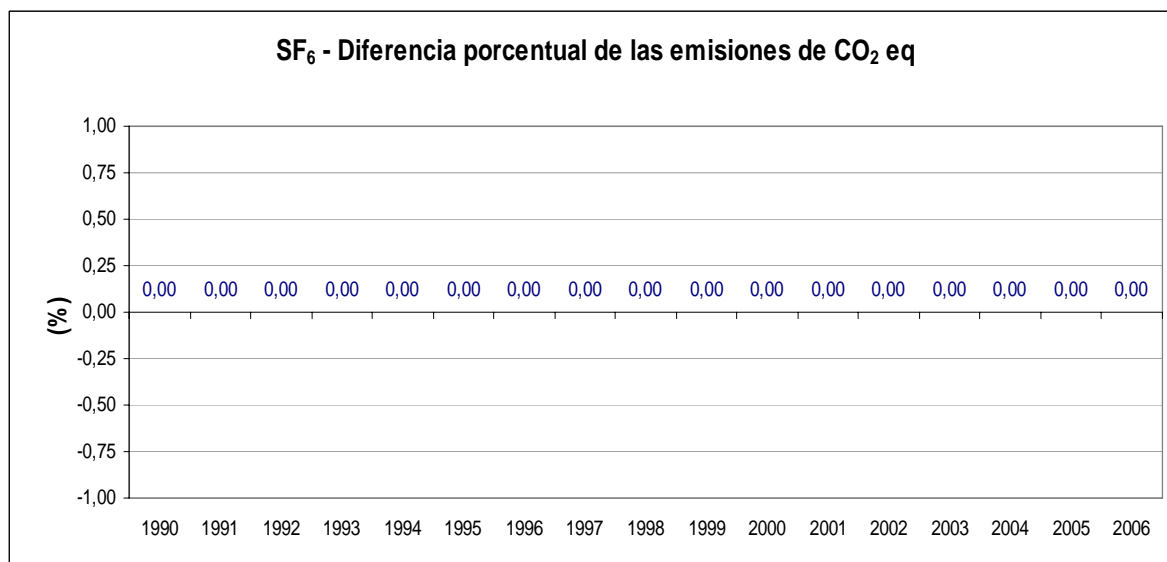
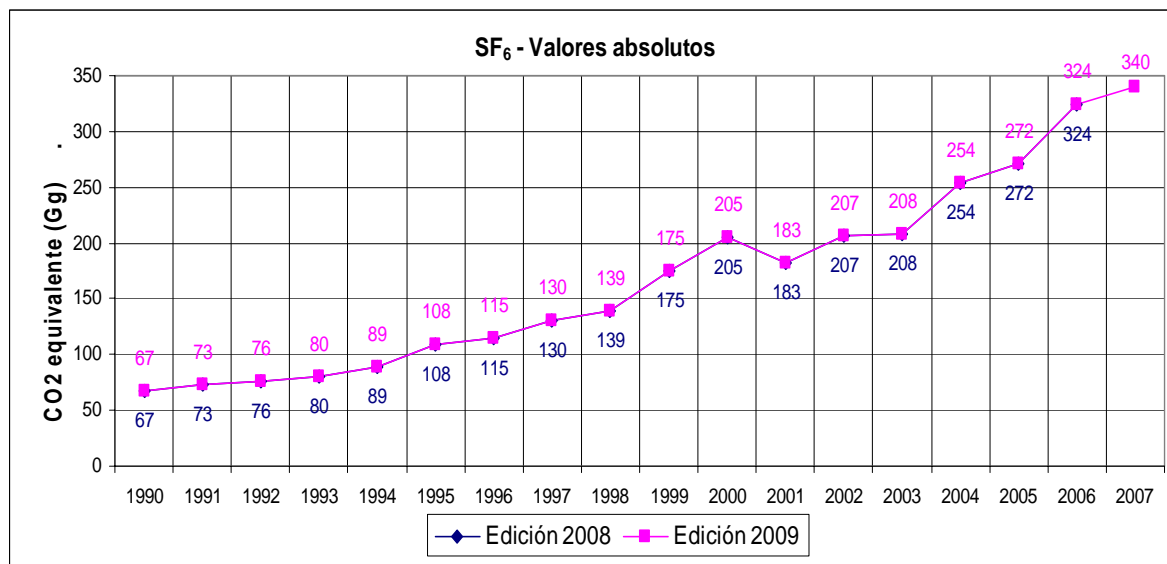


Figura 10.2.12.- Comparación de niveles de las emisiones de SF₆

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 CO₂-equivalente) de la edición correspondiente al año 2009 del inventario con respecto a la edición anterior del año 2008.

Para la comparación de los índices se calcula la diferencia, en cada año, entre los valores de los índices correspondiente a la edición de 2009 y el de la edición de 2008 (valor Ed 2009 – valor Ed 2008).

En la figura 10.3.1 puede observarse la práctica superposición entre los gráficos de los índices de evolución temporal de las series de los agregados de emisiones de CO₂-equivalente entre ambas ediciones del inventario. Las diferencias son mayoritariamente positivas con un máximo de 0,3 en el año 1999, con las excepciones de los años 2004 y 2006, en los que la diferencia es prácticamente inapreciable. Así pues, en el conjunto de los años comunes a ambas series, 1990-2006, puede decirse que se mantiene el perfil de la tendencia.

La evolución de las tendencias según sectores de actividad se comenta seguidamente sobre la evidencia mostrada, respectivamente por las figuras 10.3.2 a 10.3.6.

Examinando la figura 10.3.2 puede extraerse la conclusión de que los perfiles tendenciales del sector Energía son también muy similares. Las diferencias entre los índices son en este caso negativas, excepción hecha de mínimos valores positivos de los años 1998 y 1999, con un máximo de -0,4 que corresponde al año 2006. Se mantiene pues el perfil común de tendencia en este sector entre ambas ediciones del inventario.

En la figura 10.3.3 se muestra la comparación de los perfiles de evolución temporal del sector Procesos Industriales, advirtiéndose aquí ciertas diferencias, de signo generalmente negativo, con un máximo en valor absoluto de 0,4 en el año 2006. Estos cambios, de cuantía muy reducida, han venido motivados principalmente por la revisión de las variables de actividad en los siguientes subsectores industriales: producción de cemento, cerámica fina y alguna actividad del sector químico. La explicación de esta diferencia radica en que en la edición 2008 del inventario se han reasignado al sector Procesos Industriales las emisiones de las antorchas de la siderurgia integral que en ediciones anteriores del inventario se contabilizaban en el sector Residuos y, dada la variabilidad interanual de dichas emisiones, su reflejo aparece en la evolución de los índices. En conjunto, la repercusión de los recálculos se traduce fundamentalmente en una variación muy reducida del índice de la edición actual respecto al de la edición anterior, pero manteniendo ambos esencialmente un perfil similar de la tendencia.

Los índices de evolución temporal del sector Uso de Disolventes y Otros Productos son, según se muestran en la figura 10.3.4, son prácticamente coincidentes hasta el año 1998 y con ligeras variaciones de signo positivo a partir de 1999, con un máximo en valor absoluto de 0,4 en el año 2005, resultando en consecuencia una pauta tendencial muy similar al comparar en este sector los índices de ambas ediciones del inventario.

En el sector Agricultura, cuyos índices de evolución temporal se muestran en la figura 10.3.5 la diferencia en los índices sólo se aprecia en el año 2006 en el que la diferencia en el índice alcanza un valor de -0,9 puntos. Este cambio es principalmente resultado de una actualización de las variables de actividad de cabezas de porcino y de aves, así como de los datos de producción de leche. En conjunto, se mantiene un perfil similar de la tendencia de ambos índices.

En el sector de Residuos sí se han registrado cambios significativos, véase la figura 10.3.6, en los índices de evolución temporal entre ambas ediciones del inventario. La causa fundamental ha sido la revisión al alza de la serie del volumen de residuos depositados en vertederos controlados, con especial incidencia en el periodo 2003-2006, año este último en el que además se superpone una corrección de error identificada en los datos de la edición anterior. El resultado es un cambio apreciable en el nivel y perfil en los años 2003-2006 entre las series de ambas ediciones, mientras que en el resto de años las diferencias son poco significativas (no mayores de 0,2 puntos).

La evolución de las tendencias según gases se comenta seguidamente sobre la evidencia mostrada, respectivamente por las figuras 10.3.7 a 10.3.12.

En cuanto al CO₂, las diferencias en los índices de evolución temporal son reducidas, registrándose las diferencias más apreciables en los últimos años del periodo analizado, con una diferencia máxima de 0,05 puntos en el año 2006. En términos generales, las diferencias en el índice de CO₂ entre las series de ambas ediciones son similares a las que tienen lugar en el sector Energía, lo que por otra parte es reflejo de la alta contribución que tiene dicho sector a las emisiones de este gas. Se puede afirmar en todo caso que para este gas no se aprecian cambios en el perfil de su tendencia entre las estimaciones de ambas ediciones del inventario.

Por lo que al CH₄ se refiere, las diferencias en los índices de evolución temporal, que se muestran en la figura 10.3.8, están determinadas mayoritariamente por los recálculos, ya comentados más arriba, efectuados en el sector Residuos, lo que se evidencia en un alza del nuevo índice hasta el año 2003, año a partir del cual se produce un cruce entre las series de ambas ediciones. Caben pues comentarios similares en cuanto a la evolución de ambos índices a los ya realizados respecto al sector Residuos.

En la figura 10.3.9 se muestran los índices de evolución temporal de las emisiones de N₂O para el conjunto de actividades que emiten dicho gas. Como puede observarse las diferencias son en valor absolutos inferiores siempre inferiores a 0,1 puntos. Así, ambos índices mantienen prácticamente las mismas pautas de tendencia.

En las figuras 10.3.10, 10.3.11 y 10.3.12 se muestran respectivamente, la comparación de los índices de evolución temporal de HFC, PFC y SF₆ entre las ediciones actual y previa del inventario. Como puede observarse no se han producido variaciones en ningún año de la serie.

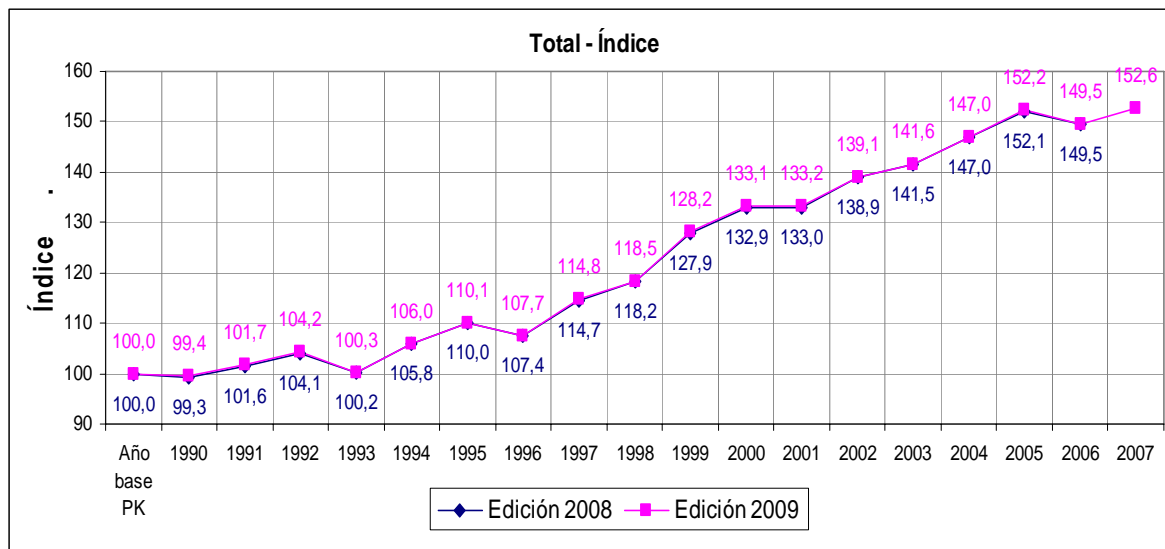
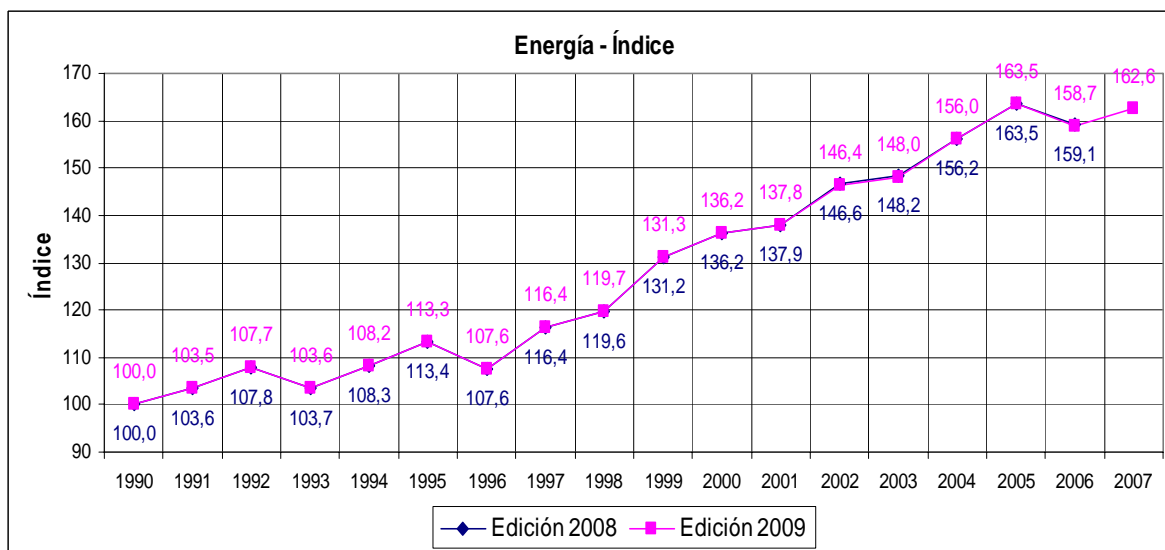
Figura 10.3.1.- Comparación de tendencias del agregado**Figura 10.3.2.- Comparación de tendencias del sector energía**

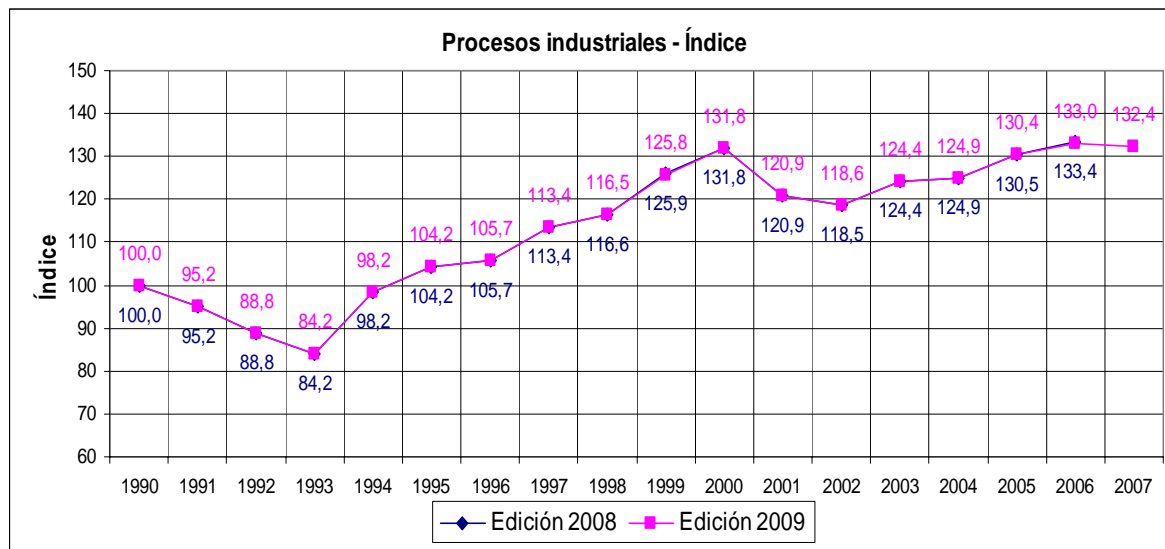
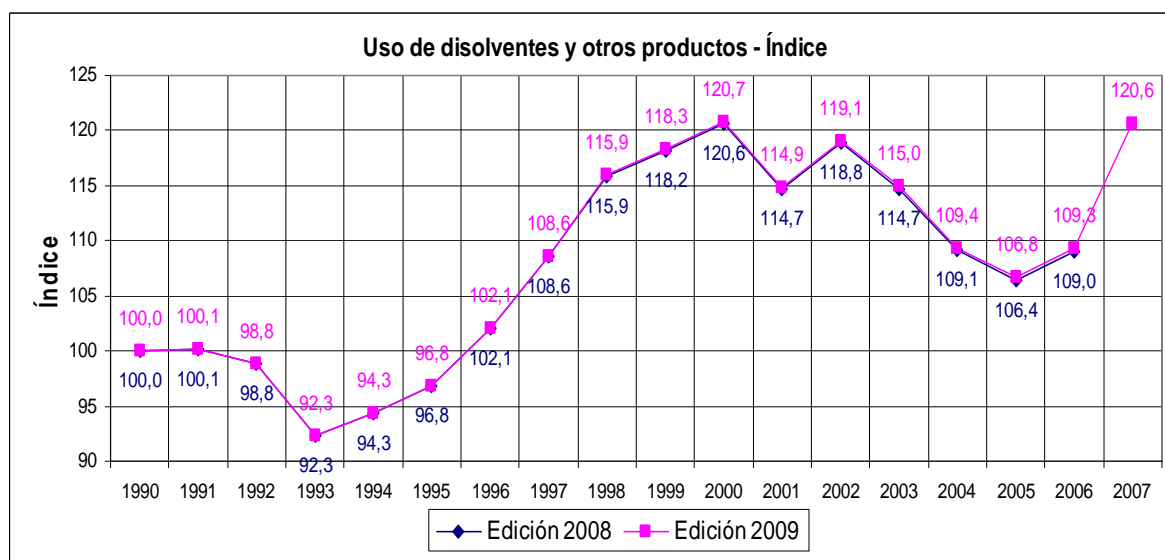
Figura 10.3.3.- Comparación de tendencias de los procesos industriales**Figura 10.3.4.- Comparación de tendencias del uso de disolventes y otros productos**

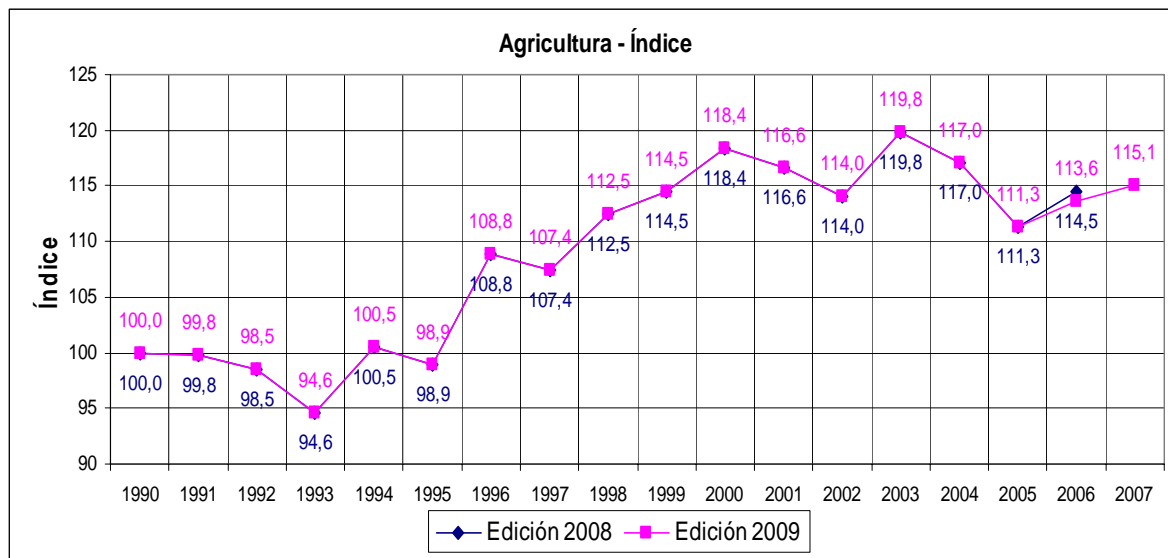
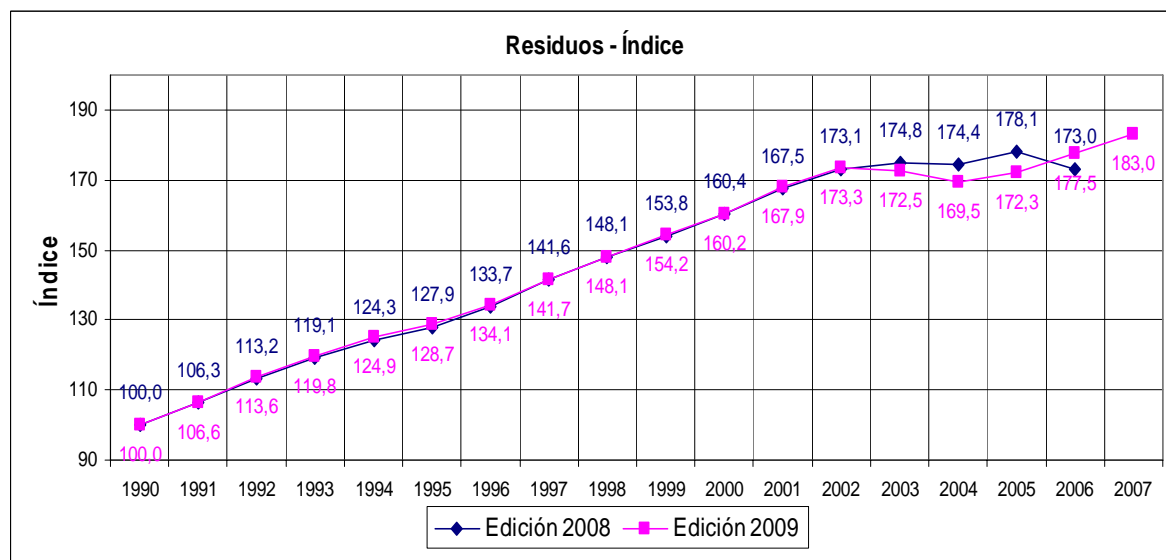
Figura 10.3.5.- Comparación de tendencias de la agricultura**Figura 10.3.6.- Comparación de tendencias de los residuos**

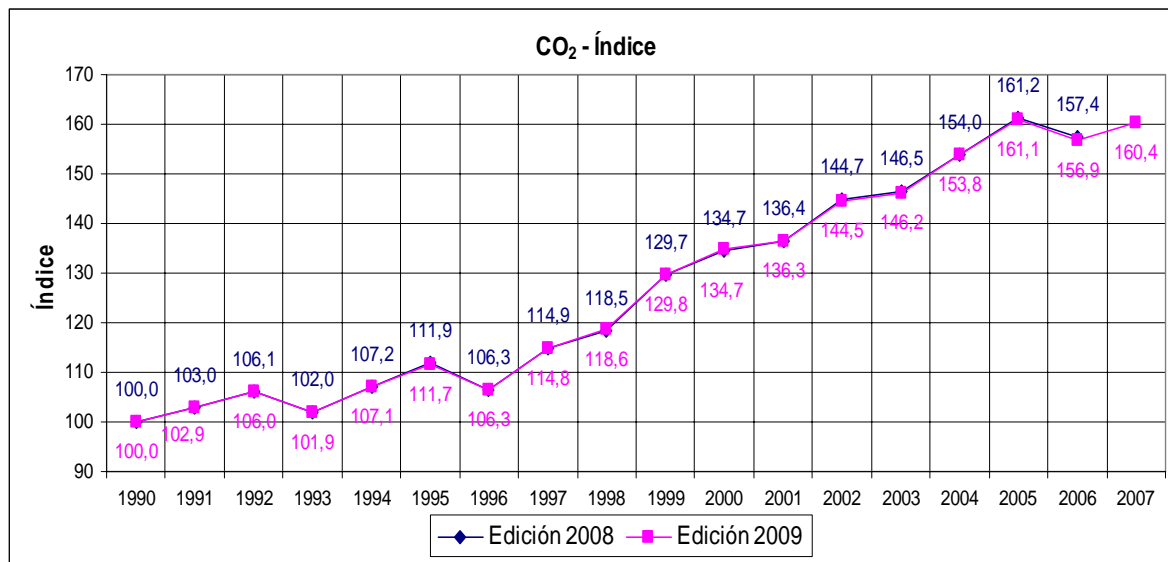
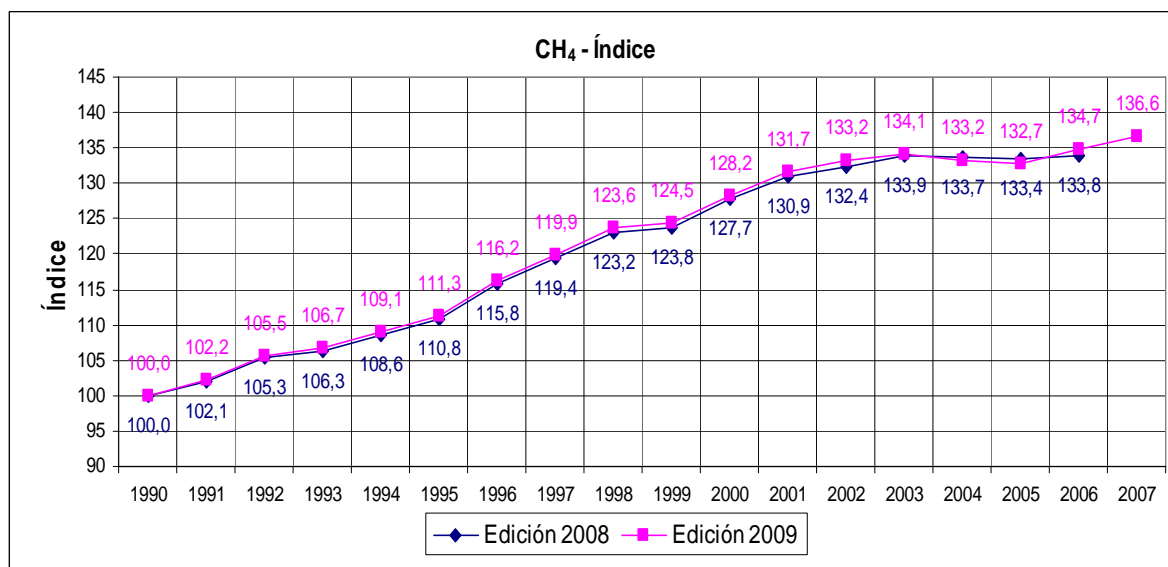
Figura 10.3.7.- Comparación de tendencias de las emisiones de CO₂**Figura 10.3.8.- Comparación de tendencias de las emisiones de CH₄**

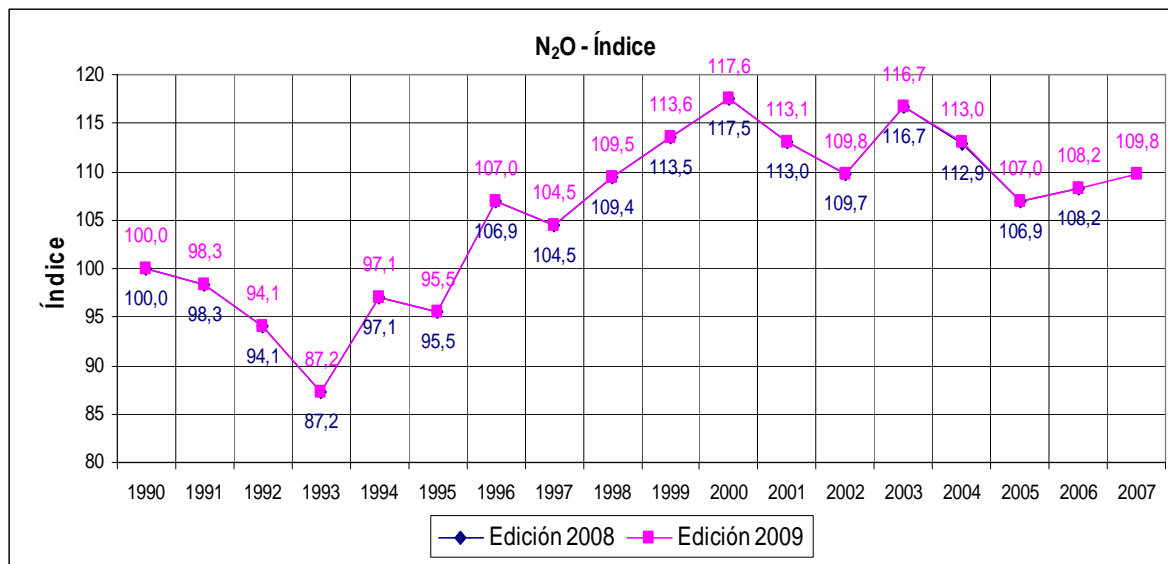
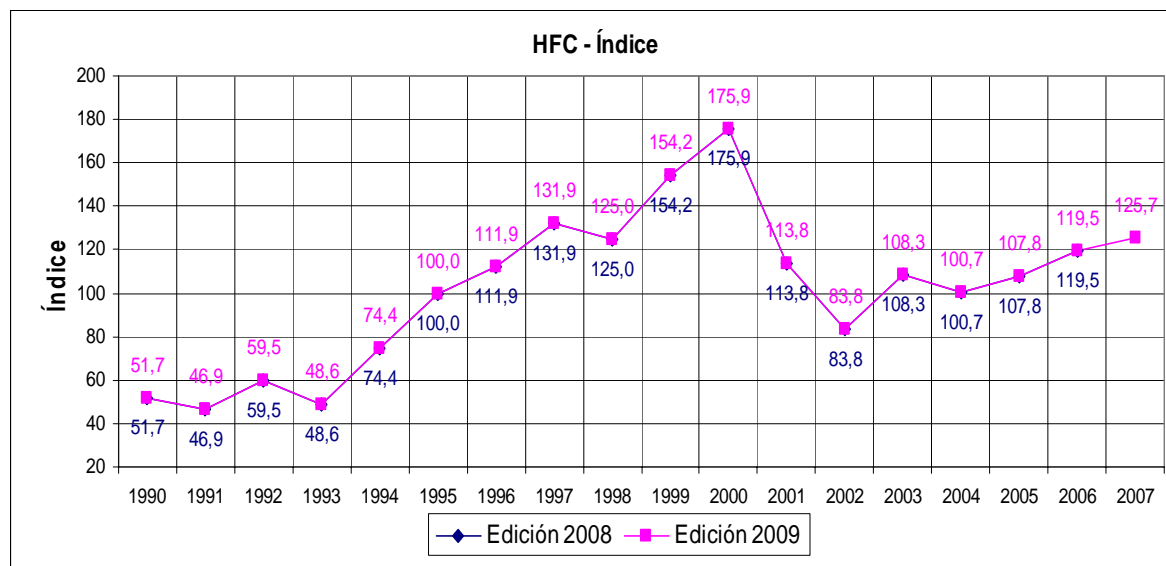
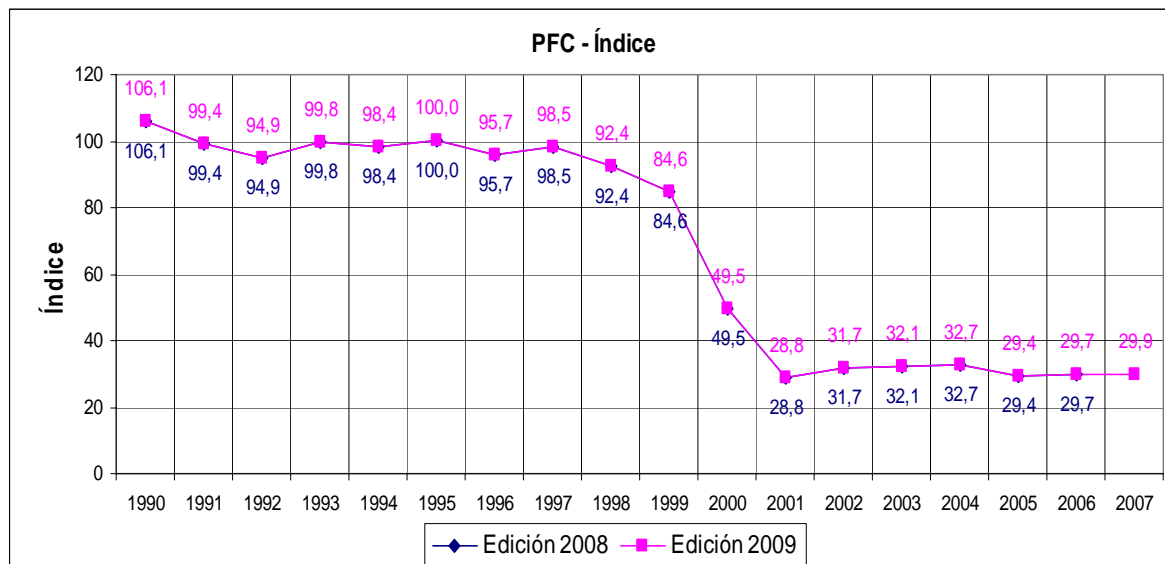
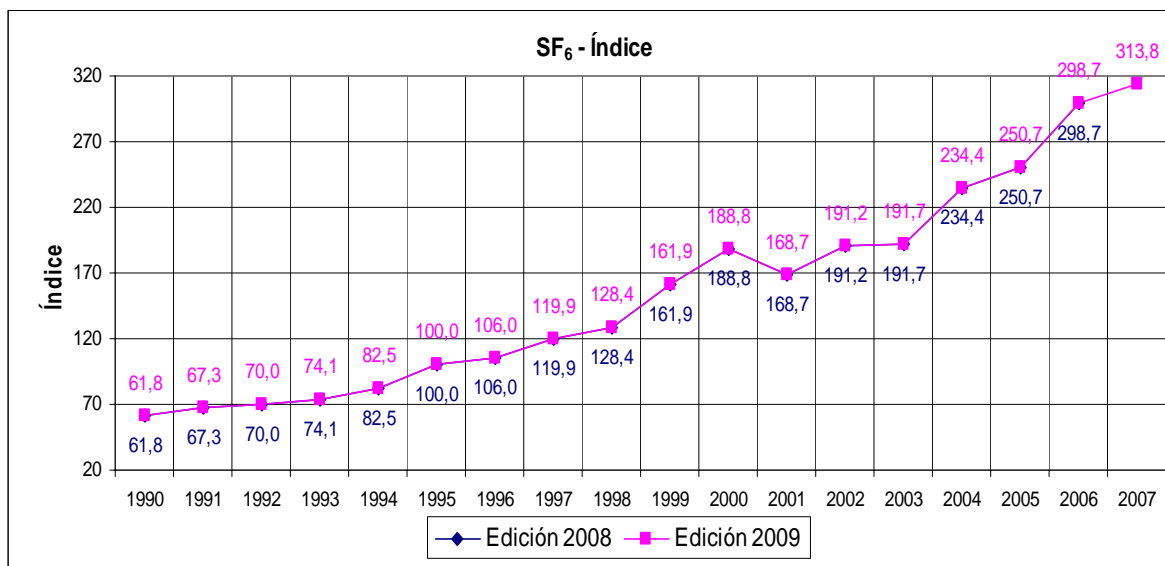
Figura 10.3.9.- Comparación de tendencias de las emisiones de N₂O**Figura 10.3.10.- Comparación de tendencias de las emisiones de HFC**

Figura 10.3.11.- Comparación de tendencias de las emisiones de PFC**Figura 10.3.12.- Comparación de tendencias de las emisiones de SF₆**

10.4.- Realización de nuevos cálculos y mejoras previstas en el inventario

10.4.1.- Nuevos cálculos

La realización de nuevos cálculos ha tenido un alcance relativamente limitado en esta edición 2009 del inventario como ya se ha comentado en el epígrafe 10.2. Como más destacados cabe citar los siguientes: i) la revisión efectuada en el sector Residuos de las cantidades depositadas en vertederos controlados; ii) la revisión en el sector de Energía al haberse actualizado la información de combustibles de diversos sectores industriales, así como la revisión de una partida significativa de combustible en la industria química que ha pasado de considerarse como consumo energético a no energético; iii) el descuento en el CO₂ computable de las emisiones de la fracción renovable de la gasolina y el gasóleo consumidos en el tráfico por carretera. Otros cambios son ya más puntuales y para su referencia se remite al apartado “nuevos cálculos” de los correspondientes capítulos sectoriales.

10.4.2.- Mejoras previstas en el inventario

Entre las mejoras previstas en el inventario se consideran, por un lado las de tipo horizontal que afectan al conjunto del sistema del inventario nacional, y, por otro lado, las que se orientan a sectores específicos de actividad.

10.4.2.1.- Horizontales

Las principales actuaciones de corte transversal previstas para la mejora del inventario son las siguientes:

- Continuación en el planteamiento de cuantificación de los objetivos de mejora del sistema del inventario nacional y de la cuantificación del balance objetivos-recursos.
- Profundización en el desarrollo de los arreglos institucionales especialmente en lo que concierne a la cooperación entre los departamentos ministeriales a través de sus grupos focales y a los grupos temáticos de trabajo establecidos con la participación de distintos ministerios y entidades colaboradoras. Entre estos grupos se incluye también el constituido con las comunidades autónomas para la armonización de los inventarios autonómicos y nacional.
- Continuación del esfuerzo ya iniciado en la actualización del inventario para incluir entre la información de base del inventario la generada por el desarrollo de los instrumentos de comercio de derecho de emisiones (datos de base de emisiones de CO₂ certificadas). En este sentido de armonización (*streamlining*) se ha concretado un acuerdo de colaboración entre, por un lado, los departamentos del Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino y del Ministerio Industria, Turismo y Comercio, y por otro, las comunidades autónomas, orientado a la cumplimentación por estas últimas

de un cuestionario por instalación sometida al régimen del Comercio de Derechos de Emisión² mediante el cuál las comunidades autónomas facilitarán a la Administración Central información de base y emisiones estimadas de CO₂ certificado por instalación sometida al citado régimen de seguimiento de emisiones de CO₂.

- Identificación de categorías clave utilizando el enfoque de nivel 2 y la inclusión de las actividades del sector LULUCF.
- Aplicación selectiva, en determinados sectores de actividad (entre ellos Agricultura), del enfoque de nivel 2 (Tier 2) para la estimación de la incertidumbre.
- Continuación en el desarrollo y documentación de los métodos de identificación de atípicos y de métodos de reemplazo de valores anómalos/ausentes integrándolos en los procedimientos existentes de control de calidad y verificación del inventario.

10.4.2.2.- Sectoriales

Aunque una relación detallada de las mejoras sectoriales ya ha sido presentada para cada actividad en los correspondientes capítulos sectoriales, se reseñan de nuevo aquí, por conveniencia de presentación, las que se consideran más relevantes.

a) Energía

a.1) General para la energía

Un punto prioritario de actuación es la revisión metodológica para la elaboración del balance de combustibles líquidos (fósiles y biogénicos) que se proyecta realizar en colaboración con la unidades relevantes de la Secretaría de la Energía del MITYC. Este punto incluye, tanto la cuantificación con desglose sectorial de los consumos de este tipo de combustibles en actividades energéticas, como de uso no energético, y la evaluación precisa de las características (contenidos de carbono y azufre, poder calorífico) de dichos combustibles.

Un tratamiento análogo se propone también para la mejora de la información sobre los consumos de combustibles de biomasa y otros combustibles derivados de residuos. En este aspecto se planea una colaboración con el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio IDAE-MITYC y con la Subdirección General de Producción y Consumos Sostenibles del Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. La colaboración con el IDAE-MITYC se extenderá para la mejora de la información del balance de combustibles específico de las unidades de cogeneración (de las que ya se obtiene información a partir de una explotación específica que realiza el IDAE para el inventario de emisiones) y, en particular, de cómo las fracciones de combustibles imputables a generación de electricidad y a generación de calor se armonizan con la información del balance energético nacional.

² Cuestionario individual a instalaciones encuadradas dentro de la Decisión 2007/589/CE relativa a las directrices de notificación y validación de las emisiones de gases de efecto invernadero.

Por otra parte se proyecta implantar las recomendaciones referentes a aspectos energéticos del Programa de Garantía de Calidad del Inventario Nacional de Emisiones a la Atmósfera realizado por el CIEMAT en 2007-2008.

a.2) Combustión en industrias del sector energético (1A1)

Se planea intensificar el control de las características de los combustibles para identificar con mayor precisión los eventuales valores atípicos reportados por las grandes instalaciones de combustión (principalmente centrales térmicas, refinerías de petróleo) en que se recibe la información de base vía cuestionario individualizado por planta. Se prevé también continuar y extender en su caso el análisis individualizado de grandes vertederos y en especial de los que realizan valoración del biogás captado.

En cuanto a las plantas de transformación de combustibles sólidos (coquerías) se planea incorporar aquellas no emplazadas en las plantas siderúrgicas integrales al sistema de recogida de información vía cuestionario individualizado a plantas. Este planteamiento se prevé pueda ser aplicado en función de la información obtenida a nivel de planta que reportan emisiones certificadas de CO₂ dentro del marco del Comercio de Derechos de Emisión. De este modo se espera disponer 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.

a.3) Combustión en la industria (1A2)

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 plomo secundario y cobre secundario, donde para algunas de ellas ya se dispone de información individualizada). Este mismo planteamiento se pretende aplicar a las fundiciones de hierro.

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.

a.4) Combustión en el transporte (1A3)

En cuanto al transporte aéreo, se encuentra actualmente en proceso un proyecto de colaboración entre distintas entidades nacionales (DGCEA, Agencia Estatal de Seguridad Aérea – AESA- y la Sociedad para los Servicios y Estudios de la Navegación Aérea y la Seguridad Aeronáutica -SENASA-) y organismos internacionales (EUROCONTROL) con el propósito de aplicar una metodología ya desarrollada del modelo de tráfico y emisiones del tráfico aeronáutico (modelo

MECETA). En futuras ediciones se planea implantar en el inventario nacional los aspectos metodológicos e información derivada de este programa.

Por lo que se refiere al transporte por carretera, el procedimiento de estimación irá evolucionando en paralelo con los nuevos desarrollos que se produzcan en la metodología COPERT (próxima incorporación de la versión COPERT IV) 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 y la Dirección General de Tráfico del Ministerio del Interior, se propone avanzar en la estimación del parque efectivo circulante que transite por las carreteras (tráfico interurbano y rural). A más largo plazo se planea también la recogida de información directa de indicadores de tráfico en núcleos urbanos.

Por último, para el tráfico marítimo, se está promoviendo un proyecto de colaboración, actualmente en fase de planteamiento tanto con la Dirección General de Marina Mercante, con el Ente Público Puertos del Estado como con la Asociación de Navieros Españoles (ANAVE), para acceder y poder procesar la información correspondiente a las variables de actividad en el tráfico marítimo nacional, e incluso de las rutas marítimas seguidas por el mismo.

a.5) Combustión en otros sectores (1A4)

Para futuras ediciones del inventario se proyecta una revisión, centrada especialmente en la maquinaria móvil agroforestal, de la metodología (integrando información sobre estándares de requerimiento energético y otros parámetros relevantes para los algoritmos de estimación de las emisiones) en la cual se considere la progresiva renovación del parque y la consiguiente penetración de tecnologías destinadas a limitar las emisiones en este tipo de maquinaria según normativa vigente. Esta línea de trabajo, emprendida en la presente edición del inventario en colaboración con la Dirección General de Recursos Agrícolas y Ganaderos del Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino, actualmente se encuentra en proceso de desarrollo.

a.6) Otra combustión (1A5)

Se explorará en esta categoría las vías de recogida de información sobre actividades de combustión que ahora no están identificadas en el inventario, tales como las de las actividades militares distintas de los servicios generales institucionales, y en particular, se indagará sobre la cobertura de las mismas en el balance nacional de combustibles.

a.7) Emisiones fugitivas (1B)

Se seguirá investigando la relación de nuevas empresas suministradoras de gas a medida que se vayan incorporando al mercado gasista, solicitando la información pertinente al objeto de obtener un desglose más específico sobre determinados segmentos de este mercado.

Se proyecta completar la información de operadores de la explotación petrolífera y gasista, incorporando la estimación de dichas actividades en el inventario, aunque ya se avanza que será de una cuantía muy reducida.

b) Procesos industriales

b.1) Productos minerales (2A)

En la fabricación de cemento se prevé de cara al futuro, y a través de contactos con la Agrupación de Fabricantes de Cemento de España (OFICEMEN), obtener factores específicos por planta que pudieran mejorar la precisión del factor genérico de CO₂ por descarbonatación que se utiliza ahora para el conjunto del sector.

En lo referente al uso de piedra caliza y dolomita, se propone investigar 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 parámetro que puede mostrar una mayor variabilidad. En el caso concreto de la fabricación de ladrillos y tejas se propone utilizar (contando con su disponibilidad) coeficientes provinciales de contenido carbonatos en las arcillas utilizadas en la fabricación de estos productos.

b.2) Industria química (2B)

La prioridad en este sector se centrará en completar la investigación en la industria de fabricación de ácido nítrico, mediante el uso de cuestionario individualizado a plantas con el objeto de discernir modos de operación según tecnologías, para obtener un balance más afinado (enfoque metodológico de nivel superior) de las emisiones de N₂O en esta actividad. Este mismo planteamiento se tratará de implantar en los procesos de fabricación de carburo de calcio y de silicio.

b.3) Producción metalúrgica (2C)

En el caso del hierro y del acero se plantea revisar en colaboración con UNESID (Unión de Empresas Siderúrgicas) el balance de carbono de otros materiales entrantes y salientes en la producción de acero en hornos eléctricos, balance que hasta ahora se suponía que estaba en equilibrio de carbono, pero que a la vista de la nueva información disponible es razonable revisar este supuesto. Adicionalmente, se dará prioridad a la mejora de la información relativa a los procesos de fabricación de ferroaleaciones.

b.4) Consumo halocarburos y SF₆ (2F)

En cuanto al consumo de HFC, se considera prioritaria la 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. Por lo que respecta al consumo de SF₆ en equipos eléctricos se planea recabar información específica sobre los sistemas de gestión en la retirada de equipos, incluyendo información sobre eficiencia en la recogida de SF₆ y sus eventuales tratamientos posteriores. En este sentido se está trabajando con SERCOBE (Asociación Española de Fabricantes de Bienes de Equipo), las empresas de producción, transporte y distribución de electricidad, y con los principales sectores industriales de consumo de electricidad en alta tensión.

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

Se está ultimando una revisión en profundidad de la metodología y de los procedimientos para la obtención de información sobre los parámetros básicos de la actividad agro-ganadera relevantes para el inventario de emisiones a través de los Grupos de Trabajo sobre ganadería (GT INV-GAN) y sobre agricultura (GT INV-AG) del Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino con la colaboración de expertos del ámbito académico, consultores y asociaciones empresariales.

Complementariamente, se están realizando en este momento estudios de campo para poder determinar con mayor base estadística la distribución de los sistemas de tratamiento y aplicación de los estiércoles en el caso español.

e) Usos del suelo, cambios de uso del suelo y silvicultura

Los próximos trabajos del grupo de trabajo GT-USCC (véase capítulo 7), orientados a la mejora de la información del inventario en este sector, tienen como prioridad desarrollar la metodología y la recogida de nueva información de base para la estimación de las emisiones y sumideros de las categorías 5B a 5F, y la profundización en el seguimiento de la estimación de las superficies (cambios en las superficies) por categorías de uso del suelo, a la luz de la nueva información de CORINE-LandCover 2006 y del sistema SIOSE, ya referidos en el capítulo 7.

f) Residuos

Una prioridad general para la mejora del sector Residuos es continuar con los procedimientos ya en marcha de verificación de los datos (series temporales) de generación de residuos y de la distribución de los mismos según sistemas y tecnologías de tratamiento, todo ello en colaboración con la Subdirección General de Producción y Consumos Sostenibles del Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. Como actuaciones más concretas en subsectores específicos cabe reseñar las relacionadas con los vertederos de residuos y con el tratamiento de aguas residuales.

f.1) Depósito en vertederos

Se seguirá profundizando en el trabajo ya iniciado en ediciones anteriores del inventario referente a la recogida directa e individualizada, vía cuestionario, de información, sobre los vertederos que recuperan biogás. Con esa nueva información de base se mejorarán los contrastes sobre parámetros de gestión de vertederos individualizados, así como las estimaciones de la serie de residuos depositados en vertederos controlados.

La biometanización en España es una práctica de tratamiento de los residuos reciente y de uso todavía limitado realizada como alternativa del depósito de grandes vertederos controlados. Se planea por tanto realizar cuestionarios individualizados a dichas plantas para incorporar sus emisiones al inventario.

f.2) Tratamiento aguas residuales

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 del Agua del Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino 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 Medio Ambiente Industrial) que elabora el inventario de emisiones.

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 ²	10^3	kilo	k
Volumen	metro cúbico	m ³	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 cuadrado (m²) o directamente la expresión equivalente utilizada más frecuentemente. Así se tratará de metros al cuadrado (m²) o de hectáreas (ha, igual a 10000 m²).

En cuanto a la magnitud volumen se utilizará, según sea el caso un prefijo antepuesto a la unidad metro cúbico (m³). En el caso de los gases se referirá la medición a condiciones normales (m³N) es decir a 0°C y 1 atmósfera de presión.

POTENCIALES DE CALENTAMIENTO ATMOSFÉRICO

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

Las emisiones de gases de efecto invernadero con efecto directo sobre el calentamiento se computan de forma agregada en términos de CO₂ equivalente (CO₂-eq) ponderando los gases individuales del inventario de acuerdo con la tabla de potenciales de calentamiento de IPCC 1995 tomada del Segundo Informe de Evaluación sobre el Cambio Climático mostrada más arriba.

¹ IPCC ha publicado en 2001 y 2007, respectivamente su Tercer y Cuarto Informe de Evaluación sobre Cambio Climático, en los que actualiza la estimación de los potenciales de calentamiento de los gases, pero estas actualizaciones no han tenido hasta ahora implicación para la evaluación de los compromisos ya adquiridos de reducción de emisiones por los países que han ratificado el Protocolo de Kioto.

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

AEDA	Asociación Española de Aerosoles
AEMET	Agencia Estatal de Meteorología
AENA	Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea
AESA	Agencia Estatal de Seguridad Aérea
AFOEX	Asociación Nacional de Empresas para el Fomento de las Oleaginosas y su Extracción
AIE	Agencia Internacional de la Energía
ITEMIN	Asociación para la Investigación y Desarrollo Industrial de los Recursos Naturales
ANAIP	Asociación Española de Industriales de Plásticos
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	American Petroleum Institute (Instituto Americano del Petróleo)
ASCER	Asociación Española de Fabricantes de Azulejos y Pavimentos Cerámicos
ASEFAPI	Asociación Española de Fabricantes de Pinturas y Tintas de Imprimir
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
CIEMAT	Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas
CITEPA	Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique (Centro Técnico Interprofesional de Estudios de la Contaminación Atmosférica)

CLRTAP	Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution (Convenio de Ginebra sobre Contaminación Transfronteriza a gran Distancia)
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 (Formulario Común para Informes)
EGTEI	Expert Group on Techno-Economic Issues of CLRTAP/EMEP (Grupo de Expertos en Temas Técnico-Económicos de CLRTAP/EMEP)
EMEP	European Monitoring Evaluation Programme of CLRTAP (Programa Europeo de Vigilancia continua y Evaluación de CLRTAP)
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	International Air Transport Association (Asociación de Transporte Aéreo Internacional)
OACI	International Civil Aviation Organization (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 (actualmente Agencia Estatal de Meteorología - AEMET)
IPCC	Panel Intergubernamental para el Cambio Climático
MAPA	Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (actualmente Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino – MARM)
MARM	Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino
MITYC	Ministerio de Industria, Turismo y Comercio
MMA	Ministerio de Medio Ambiente (actualmente Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino - MARM)
MECETA	Modelo Español de Cuantificación de Emisiones del Transporte Aéreo
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
SENASA	Servicios y Estudios para la Navegación Aérea y la Seguridad Aeronáutica
SERCOBE	Asociación Nacional de Fabricantes de Bienes de Equipo
SIN	Sistema de Inventario Nacional
SNAP	Nomenclatura CORINAIR de actividades potencialmente contaminantes de la atmósfera
HTC	Hidrocarburos totales
US EPA	United States Environmental Protection Agency (Agencia de Protección Medioambiental de Estados Unidos)

USDA	United States Department of Agriculture (Departamento de Agricultura de Estados Unidos)
UNESID	Unión de Empresas Siderúrgicas
UNFCCC	Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático

ANEXO 1.- CATEGORÍAS 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 categorías clave o prioritarias.

La identificación de fuentes clave se ha realizado, en primer lugar, para el conjunto de categorías del inventario con exclusión de las correspondientes al sector de “Usos de la tierra, cambios de usos de la tierra y silvicultura (cuyos acrónimos son: UTCUTS en español y LULUCF en inglés) y, en segundo lugar, se han considerado adicionalmente, pero por separado de las anteriores, las categorías clave correspondientes a las actividades de UTCUTS¹.

En este sentido, la Guía de Buenas Prácticas 2000 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 la edición actual del inventario, la identificación de categorías 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 CO₂-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 inventario². Para la

¹ En la Guía de Buenas Prácticas LULUCF 2003 IPCC se establece ya la distinción entre “categoría clave” y “fuente clave”. El primer término es más comprensivo que el segundo, pues incluye tanto “fuentes” como “sumideros”, mientras el segundo sólo se refiere a las fuentes emisoras. Esta distinción se ha mantenido en la Guía 2006 IPCC, pero no figuraba en las guías anteriores de IPCC.

² 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

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 tendencia³. En la identificación de las categorías del sector UTCUTS se han aplicado las especificidades establecidas en la Guía de Buenas Prácticas LULUCF 2003 IPCC con relación a las métricas de valor absoluto y de tendencia (ecuaciones 5.4.1 a 5.4.3)

Además de la calificación, según proceda, de una categoría 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 categorías 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 donde, además, es presumible que se registre una expansión en el futuro a medida que los HFC desplacen en el uso a otras clases de gases, tales como CFC y HCFC, según estas últimas clases de gases finalicen sus periodos de posibilidad de utilización;
- las emisiones de N₂O del tráfico, en las que se ha constatado que existe una amplia variabilidad en los factores de emisión implícitos en las comparaciones entre países, dado que la cuantía de estas emisiones depende, de manera sensible, de las estimaciones de la composición del parque circulante según categorías y tecnologías (edades) de los vehículos;

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.

- ³ 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

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

0 es aquí el "año de referencia 90/95", i.e. 1995 para los compuestos fluorados y 1990 para el resto de contaminantes, de la edición actual del inventario. Se reserva el término "año base" para referirse al año de referencia 90/95 de la edición 2006, serie 1990-2004, del inventario, edición verificada en 2007 por el equipo comisionado al efecto por la SCMCC y en la que quedó fijada la Cantidad Asignada que se tomará como referencia para evaluar el cumplimiento, por parte de España, de su compromiso con el Protocolo de Kioto en el periodo 2008-2012.

- la asignación de consumos de combustibles a las actividades militares y el encuadre de tales consumos dentro del balance de combustibles del inventario nacional;
- la determinación de la contribución en los tráficos aéreo y marítimo del segmento doméstico respecto al tráfico total (doméstico más internacional), dado que en el caso del inventario español el porcentaje de combustible atribuido al tráfico doméstico aéreo es notablemente superior al porcentaje estimado mediante el uso de modelos de tráfico, como es el caso del modelo PAGODA desarrollado por EUROCONTROL.

Estas categorías de 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 2000 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 CO₂ por combustión dentro del Sector Energía (excluyendo las originadas por transporte) se han desglosado cruzando el grupo de combustible, según clasificación en grandes categorías: sólidos, líquidos, gaseosos y otros, con las siguientes subcategorías: centrales térmicas (1A1a), refinerías de petróleo (1A1b), transformación de combustibles sólidos (1A1c), sector industria (1A2) y otras fuentes (1A4). De forma análoga las emisiones de CH₄ y de N₂O se han discriminado por grupo de combustible y fuente de actividad emisora, estableciendo en este caso las siguientes subcategorías: generación de energía y transformación de combustibles (1A1), sector industria (1A2) y otras fuentes (1A4).
- Dentro del tráfico por carretera, las emisiones de CO₂ se han desagregado en función del tipo de combustible, analizando por separado las emisiones asociadas a vehículos diesel de las emisiones correspondientes a los vehículos 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, CO₂ y CH₄.
- Para asegurar un análisis exhaustivo del inventario se ha ampliado el índice de categorías expuestas en la tabla 7.1 de la Guía de Buenas Prácticas 2000 IPCC adaptándola a la relación de fuentes emisoras nacionales de contaminantes con poder de calentamiento atmosférico. 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 CO₂

- Otros procesos industriales, donde se excluyen la producción de cemento (2A1), cal (2A2), dolomita y piedra caliza (2A3), y siderurgia (2C1), por el gas CO₂
- Consumo de halocarburos y SF₆ (2F) por los gases HFC y PFC
- Uso de disolventes y de otros productos (3) por el gas CO₂
- Emisiones de suelos agrícolas asociadas a producción animal (4D2) por N₂O

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 (2007), tablas A1.1 y A1.2, y de la tendencia en el año 2007, tabla A1.3, para las categorías del inventario con exclusión de las correspondientes al sector UTCUTS.

En el sector UTCUTS las actividades identificadas como categorías clave (fuente o sumidero), ya sea por su contribución al nivel o a la tendencia han sido:

- Fijación de carbono (captaciones de CO₂) en los sistemas forestales (categoría 5A)
- Emisiones agregadas de CH₄ y N₂O por incendios en sistemas forestales (categoría 5A)

Una síntesis de los resultados de la identificación de categorías clave para el conjunto del periodo inventariado se muestra en la tabla A1.4.a. para el conjunto de categorías con exclusión de las correspondientes a UTCUTS, y en la tabla A1.4.b para las actividades del sector UTCUTS.

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 7 “Usos de la tierra, cambios de uso de la tierra y silvicultura”; y 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 ₂ -eq	Contribución (1)	Acumulado (2)
1A1a	Producción de electricidad y calor en CCTT de servicio público	Sólido	CO ₂	57.787,48	20,06	20,06
1A3b	Transporte por carretera	Gasolina	CO ₂	25.928,33	9,00	29,05
1A2	Combustión - Sector industria	Líquido	CO ₂	24.519,80	8,51	37,56
1A3b	Transporte por carretera	Diésel	CO ₂	24.435,56	8,48	46,04
1A4	Combustión - Otros sectores	Líquido	CO ₂	21.680,13	7,52	53,57
1A2	Combustión - Sector industria	Sólido	CO ₂	13.237,79	4,59	58,16
2A1	Producción de cemento		CO ₂	12.534,33	4,35	62,51
4A	Fermentación entérica en ganado doméstico		CH ₄	11.779,63	4,09	66,60
1A1b	Refino de petróleo	Líquido	CO ₂	10.860,82	3,77	70,37
4D1	Suelos agrícolas - Emisiones directas		N ₂ O	10.105,85	3,51	73,88
1A2	Combustión - Sector industria	Gaseoso	CO ₂	8.438,89	2,93	76,81
4D3	Suelos agrícolas - Emisiones indirectas		N ₂ O	7.515,36	2,61	79,42
4B	Gestión de estiércol		CH ₄	6.230,60	2,16	81,58
1A1a	Producción de electricidad y calor en CCTT de servicio público	Líquido	CO ₂	6.006,63	2,08	83,66
6A	Depósito en vertederos		CH ₄	4.742,18	1,65	85,31
1A3a	Aviación civil		CO ₂	4.129,65	1,43	86,74
2B2	Producción de ácido nítrico		N ₂ O	2.884,16	1,00	87,74
2-2A1-2A2-2A3-2C1	Otros procesos industriales		CO ₂	2.634,71	0,91	88,66
2C1	Producción de hierro y acero		CO ₂	2.490,64	0,86	89,52
4B	Gestión de estiércol		N ₂ O	2.464,77	0,86	90,38
2E1	Emisiones HFC-23 de la fabricación de HCFC-22		HFC	2.403,18	0,83	91,21
1A4	Combustión - Otros sectores	Sólido	CO ₂	2.282,29	0,79	92,00
1A1c	Combustión estacionaria - Manufactura de combustibles sólidos y otras	Sólido	CO ₂	1.847,39	0,64	92,64
1B1	Emisiones fugitivas - Combustibles sólidos		CH ₄	1.817,54	0,63	93,28
1B2	Emisiones fugitivas - Petróleo y gas natural		CO ₂	1.760,36	0,61	93,89
1A3d	Tráfico marítimo nacional		CO ₂	1.499,79	0,52	94,41
4D2	Suelos agrícolas - Producción animal		N ₂ O	1.366,32	0,47	94,88
1A4	Combustión - Otros sectores	Gaseoso	CO ₂	1.318,59	0,46	95,34
SUBTOTAL				274.702,80		
EMISIONES TOTALES (sin UTCUTS)				288.134,66		
PORCENTAJE DEL TOTAL				95,34		

(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 2007

CATEGORÍAS DE FUENTES IPCC		Combustible	Gas	Gg CO ₂ -eq	Contribución (1)	Acumulado (2)
1A3b	Transporte por carretera	Diésel	CO ₂	76.542,10	17,30	17,30
1A1a	Producción de electricidad y calor en CCTT de servicio público	Sólido	CO ₂	71.081,95	16,07	33,37
1A2	Combustión - Sector industria	Gaseoso	CO ₂	35.621,07	8,05	41,43
1A1a	Producción de electricidad y calor en CCTT de servicio público	Gaseoso	CO ₂	25.879,82	5,85	47,28
1A2	Combustión - Sector industria	Líquido	CO ₂	25.749,54	5,82	53,10
1A4	Combustión - Otros sectores	Líquido	CO ₂	24.910,44	5,63	58,73
1A3b	Transporte por carretera	Gasolina	CO ₂	21.185,15	4,79	63,52
2A1	Producción de cemento		CO ₂	17.304,59	3,91	67,43
4A	Fermentación entérica en ganado doméstico		CH ₄	13.559,54	3,07	70,50
1A1b	Refino de petróleo	Líquido	CO ₂	11.371,67	2,57	73,07
1A4	Combustión - Otros sectores	Gaseoso	CO ₂	11.282,71	2,55	75,62
4D1	Suelos agrícolas - Emisiones directas		N ₂ O	9.974,70	2,26	77,88
6A	Depósito en vertederos		CH ₄	9.747,19	2,20	80,08
1A1a	Producción de electricidad y calor en CCTT de servicio público	Líquido	CO ₂	9.706,12	2,19	82,27
4B	Gestión de estiércol		CH ₄	9.457,63	2,14	84,41
4D3	Suelos agrícolas - Emisiones indirectas		N ₂ O	7.910,80	1,79	86,20
1A3a	Aviación civil		CO ₂	7.582,05	1,71	87,92
1A2	Combustión - Sector industria	Sólido	CO ₂	5.694,09	1,29	89,20
2F	Consumo de halocarburos y SF ₆		HFC&PFC	5.255,16	1,19	90,39
2-2A1-2A2-2A3-2C1	Otros procesos industriales		CO ₂	3.460,74	0,78	91,17
1A3d	Tráfico marítimo nacional		CO ₂	3.260,45	0,74	91,91
4B	Gestión de estiércol		N ₂ O	2.981,17	0,67	92,58
1A3b	Transporte por carretera		N ₂ O	2.851,37	0,64	93,23
1B2	Emisiones fugitivas - Petróleo y gas natural		CO ₂	2.482,49	0,56	93,79
2C1	Producción de hierro y acero		CO ₂	2.362,93	0,53	94,32
6B	Tratamiento de aguas residuales		CH ₄	2.320,58	0,52	94,85
2A3	Uso de piedra caliza y dolomita		CO ₂	2.128,67	0,48	95,33
SUBTOTAL				421.664,72		
EMISIONES TOTALES (sin UTCUTS)				442.321,56		
PORCENTAJE DEL TOTAL				95,33		

(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 2007

CATEGORÍAS DE FUENTES IPCC		Combustible	Gas	Gg CO ₂ -eq Año de referencia 90/95	Gg CO ₂ - eq2007	Tendencia (1)	Contribución (2)	Acumulado (3)
1A3b	Transporte por carretera	Diésel	CO ₂	24.435,56	76.542,10	0,06	17,30	17,30
1A1a	Producción de electricidad y calor en CCTT de servicio público	Gaseoso	CO ₂	427,14	25.879,82	0,04	11,10	28,40
1A2	Comb. - Sector Industria	Gaseoso	CO ₂	8.438,89	35.621,07	0,03	10,02	38,41
1A3b	Transporte por carretera	Gasolina	CO ₂	25.928,33	21.185,15	0,03	8,06	46,47
1A1a	Producción de electricidad y calor en CCTT de servicio público	Sólido	CO ₂	57.787,48	71.081,95	0,03	7,46	53,93
1A2	Combustión - Sector industria	Sólido	CO ₂	13.237,79	5.694,09	0,02	6,37	60,29
1A2	Combustión - Sector industria	Líquido	CO ₂	24.519,80	25.749,54	0,02	5,10	65,40
1A4	Combustión - Otros sectores	Gaseoso	CO ₂	1.318,59	11.282,71	0,01	4,08	69,48
1A4	Combustión - Otros sectores	Líquido	CO ₂	21.680,13	24.910,44	0,01	3,57	73,05
2E1	Emisiones de HFC-23 de la fabricación de HCFC-22		HFC	4.637,88	422,84	0,01	2,92	75,97
4D1	Suelos agrícolas - Emisiones directas		N ₂ O	10.105,85	9.974,70	0,01	2,38	78,35
2F	Consumo de halocarburos y SF ₆		HFC&PFC	7,91	5.255,16	0,01	2,31	80,66
1A1b	Refino de petróleo	Líquido	CO ₂	10.860,82	11.371,67	0,01	2,28	82,94
4A	Fermentación entérica en ganado doméstico		CH ₄	11.779,63	13.559,54	0,01	1,93	84,86
4D3	Suelos agrícolas - Emisiones indirectas		N ₂ O	7.515,36	7.910,80	0,01	1,56	86,42
2B2	Producción de ácido nítrico		N ₂ O	2.884,16	1.359,14	0,00	1,33	87,76
1A4	Combustión - Otros sectores	Sólido	CO ₂	2.282,29	553,49	0,00	1,29	89,04
6A	Depósito en vertederos		CH ₄	4.742,18	9.747,19	0,00	1,11	90,15
1B1	Emisiones fugitivas - Combustibles sólidos		CH ₄	1.817,54	884,27	0,00	0,83	90,98
1A1c	Combustión estacionaria - Manufactura de combustibles sólidos y otras	Sólido	CO ₂	1.847,39	945,11	0,00	0,82	91,80
1A3b	Transporte por carretera		N ₂ O	679,46	2.851,37	0,00	0,80	92,60
2A1	Producción de cemento		CO ₂	12.534,33	17.304,59	0,00	0,79	93,39
2C1	Producción de hierro y acero		CO ₂	2.490,64	2.362,93	0,00	0,63	94,02
1A1b	Refino de petróleo	Gaseoso	CO ₂	45,08	1.478,07	0,00	0,62	94,64
1A3a	Aviación civil		CO ₂	4.129,65	7.582,05	0,00	0,57	95,21
SUBTOTAL				258.367,43	391.509,80	0,327		
EMISIONES TOTALES (sin UTCUTS)				289.920,73	442.321,56	0,343		
PORCENTAJE DEL TOTAL				89,12	88,51	95,33		

(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.a- Síntesis contribución de las actividades al inventario (excluido UTCUTS)

CATEGORÍAS DE FUENTES IPCC		Combustible	Gas	Categoría Fuentes	Criterio (1)		Comentarios	
					Nivel	Tendencia		
ENERGÍA								
1A1a	Producción electricidad y calor CCTT servicio público	Gaseoso	CO ₂	SI	SI	SI	Nivel en 1997-2007	Tendencia en 1993-1995,1997-2007
1A1a	Producción electricidad y calor CCTT servicio público	Sólido	CO ₂	SI	SI	SI	Nivel en 1990-2007	Tendencia en 1990-1994,1996-2007
1A1a	Producción electricidad y calor CCTT servicio público	Líquido	CO ₂	SI	SI	SI	Nivel en 1990-2007	Tendencia en 1990-1992,1994-2007
1A1a	Producción electricidad y calor CCTT servicio público	Otros	CO ₂					
1A1b	Refino de petróleo	Gaseoso	CO ₂	SI		SI		Tendencia en 1997-2000,2002-2007
1A1b	Refino de petróleo	Líquido	CO ₂	SI	SI	SI	Nivel en 1990-2007	Tendencia en 1990-1992,1994-1996,1998-2007
1A1c	Transformación de combustibles sólidos	Gaseoso	CO ₂	SI		SI		Tendencia en 1991,1996
1A1c	Transformación de combustibles sólidos	Sólido	CO ₂	SI	SI	SI	Nivel en 1990-1994	Tendencia en 1992-2007
1A1c	Transformación de combustibles sólidos	Líquido	CO ₂	SI		SI		Tendencia en 1994-2000
1A1	Combustión - Sector energía		CH ₄					
1A1	Combustión - Sector energía		N ₂ O					
1A2	Combustión - Sector industria	Gaseoso	CO ₂	SI	SI	SI	Nivel en 1990-2007	Tendencia en 1990,1992-2007
1A2	Combustión - Sector industria	Sólido	CO ₂	SI	SI	SI	Nivel en 1990-2007	Tendencia en 1990-2007
1A2	Combustión - Sector industria	Líquido	CO ₂	SI	SI	SI	Nivel en 1990-2007	Tendencia en 1990-2007
1A2	Combustión - Sector industria	Otros	CO ₂					
1A2	Combustión - Sector industria		CH ₄					
1A2	Combustión - Sector industria		N ₂ O					
1A3a	Aviación civil		CO ₂	SI	SI	SI	Nivel en 1990-2007	Tendencia en 1990-1997,2007
1A3a	Aviación civil		CH ₄					
1A3a	Aviación civil		N ₂ O					
1A3b	Transporte por carretera	Gasolina	CO ₂	SI	SI	SI	Nivel en 1990-2007	Tendencia en 1990-2007
1A3b	Transporte por carretera	Gasóleo	CO ₂	SI	SI	SI	Nivel en 1990-2007	Tendencia en 1990-2007
1A3b	Transporte por carretera		CH ₄					
1A3b	Transporte por carretera		N ₂ O	SI	SI	SI	Nivel en 1997-2007	Tendencia en 1993-2007
1A3d	Tráfico marítimo nacional		CO ₂	SI	SI	SI	Nivel en 1990-1996,1999-2007	Tendencia en 1993-1994,1997-1998
1A3d	Tráfico marítimo nacional		CH ₄					
1A3d	Tráfico marítimo nacional		N ₂ O					
1A3c+1A3e	Otros transportes		CO ₂					
1A3c+1A3e	Otros transportes		CH ₄					
1A3c+1A3e	Otros transportes		N ₂ O					
1A4	Combustión - Otros sectores	Gaseoso	CO ₂	SI	SI	SI	Nivel en 1990-2007	Tendencia en 1991-2007
1A4	Combustión - Otros sectores	Sólido	CO ₂	SI	SI	SI	Nivel en 1990-1996	Tendencia en 1991-1992,1994-2007
1A4	Combustión - Otros sectores	Líquido	CO ₂	SI	SI	SI	Nivel en 1990-2007	Tendencia en 1990-1994,1996-2007
1A4	Combustión - Otros sectores		CH ₄	SI		SI		Tendencia en 1995,1999
1A4	Combustión - Otros sectores		N ₂ O					
1B1	Emisiones fugitivas - Combustibles sólidos		CO ₂					
1B1	Emisiones fugitivas - Combustibles sólidos		CH ₄	SI	SI	SI	Nivel en 1990-1998	Tendencia en 1991-2007
1B2	Emisiones fugitivas - Petróleo y gas natural		CO ₂	SI	SI	SI	Nivel en 1990-2007	Tendencia en 1991, 1993-1994
1B2	Emisiones fugitivas - Petróleo y gas natural		CH ₄	SI		SI		Tendencia en 1991-1992

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

Tabla A1.4.a (Continuación)- Síntesis contribución de las actividades al inventario (excluido UTCUTS)

CATEGORÍAS DE FUENTES IPCC		Combustible	Gas	Categoría Fuentes Clave	Criterio (1) Nivel Tendencia		Comentarios
PROCESOS INDUSTRIALES							
2A1	Producción de cemento		CO ₂	SI	SI	SI	Nivel en 1990-2007 Tendencia en 1990-2007
2A2	Producción de cal		CO ₂				
2A3	Uso de piedra caliza y dolomita		CO ₂	SI	SI	SI	Nivel en 1996-2007 Tendencia en 1991-1993
2C1	Producción de hierro y acero		CO ₂	SI	SI	SI	Nivel en 1990-2007 Tendencia en 1991-1992,1994-2007
2-2A1-2A2-2A3-2C1	Otros procesos industriales		CO ₂	SI	SI	SI	Nivel en 1990-2007 Tendencia en 1990,1992-1994
2	Procesos industriales		CH ₄				
2B2	Producción de ácido nítrico		N ₂ O	SI	SI	SI	Nivel en 1990-2003 Tendencia en 1990-2007
2C3	Producción de aluminio		PFC	SI		SI	Tendencia en 1990,1999-2003,2005-2006
2E1	Fabricación de HCFC-22 (Emisión de HFC-23)		HFC	SI	SI	SI	Nivel en 1990-2001 Tendencia en 1990-1995,1997-1998,2001-2007
2E2+2E3	Producción de halocarburos y SF ₆ (excluido HCFC-22)		HFC&PFC				
2F	Consumo de halocarburos y SF ₆		HFC&PFC	SI	SI	SI	Nivel en 2000-2007 Tendencia en 1997-2007
2F7	Equipamiento eléctrico		SF ₆	SI		SI	Tendencia en 1990
USO DE DISOLVENTES Y OTROS PRODUCTOS							
3	Uso de disolventes y de otros productos		CO ₂	SI		SI	Tendencia en 1994-1995
3	Uso de disolventes y de otros productos		N ₂ O				
AGRICULTURA							
4A	Fermentación entérica en ganado doméstico		CH ₄	SI	SI	SI	Nivel en 1990-2007 Tendencia en 1990,1992,1994-2007
4B	Gestión de estiércol		CH ₄	SI	SI	SI	Nivel en 1990-2007 Tendencia en 1990-1998
4B	Gestión de estiércol		N ₂ O	SI	SI		Nivel en 1990-2007
4C	Cultivo de arroz		CH ₄				
4D1	Suelos agrícolas - Emisiones directas		N ₂ O	SI	SI	SI	Nivel en 1990-2007 Tendencia en 1990-1995,1997-2007
4D2	Suelos agrícolas - Producción animal		N ₂ O	SI	SI	SI	Nivel en 1990-1992,1995-1999 Tendencia en 1992
4D3	Suelos agrícolas - Emisiones indirectas		N ₂ O	SI	SI	SI	Nivel en 1990-2007 Tendencia en 1990-1995,1997-2007
4D4	Suelos agrícolas - Otros		N ₂ O				
4F	Quema en campo de residuos agrícolas		CH ₄				
4F	Quema en campo de residuos agrícolas		N ₂ O				
RESIDUOS							
6A	Depósito en vertederos		CO ₂				
6A	Depósito en vertederos		CH ₄	SI	SI	SI	Nivel en 1990-2007 Tendencia en 1990-2007
6B	Tratamiento de aguas residuales		CH ₄	SI	SI		Nivel en 1993-1999,2002-2007
6B	Tratamiento de aguas residuales		N ₂ O				
6C	Incineración de residuos		CO ₂				
6C	Incineración de residuos		CH ₄				
6C	Incineración de residuos		N ₂ O				

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

Tabla A1.4.b- Síntesis contribución de las actividades UTCUTS

CATEGORÍAS IPCC		Combustible	Gas	Categoría Clave	Criterio (1) Nivel Tendencia			Comentarios
UTCUTS								
5A	Fijación de carbono en sistemas forestales		CO ₂	SI	SI	SI	Nivel en 1990-2007	Tendencia en 1990-1992, 1994-2007
5A	Incendios en sistemas forestales		CH ₄ & N ₂ O	SI		SI		Tendencia en 1991, 1994

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

ANEXO 2.- EXAMEN DETALLADO DE LA METODOLOGÍA Y LOS DATOS PARA ESTIMAR LAS EMISIONES DE CO₂ 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 CO₂ 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 en detalle algunas descripciones metodológicas de la estimación de las emisiones para determinados sectores o categorías de actividad que amplían la exposición realizada en los correspondientes capítulos sectoriales.

A3.1.- Emisiones fugitivas. Transformación de combustibles sólidos (CO₂)

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 2000-2007. 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 motivó que, por un lado, en las coquerías no emplazadas en siderurgia se utilizara el valor promedio observado en el periodo 2000-2002 en los años posteriores; y por otro lado, en las coquerías emplazadas en plantas siderúrgicas se han utilizado en los años 2003 y 2004 los factores específicos por planta derivados en 2003, mientras que en los años 2005-2007, y partiendo de dichos factores implícitos en cada uno de los centros se ha realizado una imputación manteniendo la restricción del balance de carbono total de los centros para las coquerías ubicadas en la siderurgia.

En la tabla A3.1.1 se presenta la plantilla general elaborada para la recogida de información procedente de las plantas de siderurgia integral.

Tabla A3.1.1.- Apertura y extinción de hornos de coque. Balance de carbono

		Flujo de productos		Contenido de carbono		Balance de carbono	
		Valor	Unidad	Valor	Unidad	Valor	Unidad
ENTRADA	Carbón coquizable		kt		% C		t C
	Antracita y carbón sub-bituminoso		kt		% C		t C
	Pasta de carbón		kt		% C		t C
	Total entradas						t C
SALIDA	Coque		kt		% C		t C
	Gas de coquería		TJ (PCI)		t C/TJ(PCI)		t C
	Polvo de coque		kt		% C		t C
	Benzol		kt		% C		t C
	Alquitrán		kt		% C		t C
	Brea		kt		% C		t C
	Emisiones difusas de partículas al agua		kt		% C		t C
	Emisiones difusas de partículas al aire		kt		% C		t C
	Total salidas						t C
Diferencia en masa de carbono							t C
Emisión CO₂							kt CO₂
Factor de emisión CO₂ implícito							kg/t coque

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, véase 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 Ordeño	Ordeñadas	No ordeñadas

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			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.	Verracos	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 CH₄ 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_{jk} 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 Inventario¹ es la siguiente:

$$Factor(t) = Factor(10) + b(10 - t)^m$$

¹ Esta variación de la metodología fue notificada a la Unidad de Apoyo Técnico de IPCC.

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

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:

- Ratio residuo/cultivos.
- Contenido de materia seca.
- Fracción de carbono.
- Fracción de nitrógeno.

Las tablas 4.17 (pág. 4.85, 1996 IPCC Guidelines) y 4.16 (pág. 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 A.3.2.6 presenta los valores de estos parámetros junto con la fuente de la que provienen. Estas fuentes (con su código identificativo correspondiente) son:

- 1: *Manual de Referencia IPCC + Guía de Buenas Prácticas de IPCC.*
- 2: MARTÍNEZ, X. "Gestión y tratamiento de residuos agrícolas". *RETEMA: Revista Técnica de Medio Ambiente*, año 19, nº 111 (mar.-abr. 2006), p, 62-75.
- 3: Roselló, J. y Domínguez, A. (2006). *Comunicación personal.*
- 4: *Crop parameters: Harvest. Harvest index. 2006.*
<<http://c100.bsye.wsu.edu/cropsyst/manual/parametres/crop/harvest.htm#Hlcons>>
- 5: KRIDER, J.N., et al. *Agricultural waste management field handbook. Washington D.C.: Natural Resources Conservation Service (NRCS), 1999.*
- 6: VILLALOBOS, F.J., et al. *Fitotecnia: bases y tecnologías de la producción agrícola. Madrid: Mundi-Prensa, 2002.*
- 7: WHEELER, R.M. "Carbon balance in biogenerative life support systems: some effects of system closure, waste management, and crop harvest index". *Advances in Space Research: the oficial journal of the Comittee on Space Research (COSPAR)*, 2003, 31(1):169-75, que figura en referencia 6 (Villalobos, F.J., et al.).
- 8: *Agencia Andaluza de la Energía (1999). Potencial y aprovechamiento energético de la biomasa del olivar en Andalucía. Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa Ed. 24 pág. En:*
<http://www.agenciaandaluzadelaenergia.es/cocoon/aae/portal/com/bin/contenidos/publicaciones/aprovechamiento_energetico/1130059713839_potencial_y_aprovechamiento.pdf>
- 9: *Senovilla, L. y Antolín, G. (2005). Revalorización energética de los residuos de la industria vitivinícola. Proyecto Final de Carrera. Cátedra de Energías Renovables. Universidad de Valladolid. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales. En:*
<http://www.eis.uva.es/energias-renovables/trabajos_05/SenovillaArranz.pdf>

A la hora de seleccionar un valor se ha adoptado un criterio de prelación, siendo preferidos los valores del Guía de Buenas Prácticas de IPCC con relación a los del Manual de Referencia de IPCC en caso de discrepancia entre ambas fuentes. En la tabla A.3.2.6 se incluyen etiquetas de calidad con rango A a E, siendo A de máxima calidad y E el de mínima.

De todos los valores de la tabla A.3.2.6 se decidió finalmente incorporar al Inventario como información de parámetros de los cultivos aquellos que tuvieran asociados códigos de calidad A, B o C en sus etiquetas, descartándose, en consecuencia, aquellos etiquetados como D o E por considerarlos de inferior calidad.

Tabla A.3.2.6.- Parámetros relativos a la quema de residuos de cultivos

Cultivo		Tasa residuo/ cultivo	Fuente	Q	Materia seca	Fuente	Q	Fracción de carbono	Fuente	Q	Fracción de nitrógeno	Fuente	Q
HORTALIZAS	Acelga	0,25	4	D	0,10	1	E	0,4100	3	C	0,0274	3	C
	Achicoria y otros	0,25	4	D	0,10	1	E	0,4100	3	C	0,0274	3	C
	Ajo	1,00	4	D	0,10	1	E	0,4100	3	C	0,0274	3	C
	Alcachofa	0,80	1	A	0,17	6	B	0,4100	3	C	0,0274	3	C
	Apio	1,00	4	D	0,05	6	B	0,4100	3	C	0,0274	3	C
	Berza	1,00	4	D	0,10	1	E	0,4100	3	C	0,0274	3	C
	Berenjena	1,00	4	D	0,10	1	E	0,4100	3	C	0,0274	3	C
	Calabaza y calabacín	1,00	4	D	0,10	1	E	0,4100	3	C	0,0274	3	C
	Cardo	1,00	4	D	0,10	1	E	0,4100	3	C	0,0274	3	C
	Cebolla	1,00	4	D	0,08	6	B	0,4100	3	C	0,0274	3	C
	Cebolleta	1,00	4	D	0,10	1	E	0,4100	3	C	0,0274	3	C
	Col y repollo	4,00	7	C	0,14	6	B	0,4100	3	C	0,0274	3	C
	Coliflor	4,00	4	D	0,10	1	E	0,4100	3	C	0,0274	3	C
	Escarola	0,25	4	D	0,06	6	B	0,4100	3	C	0,0274	3	C
	Espárrago	1,00	4	D	0,08	6	B	0,4100	3	C	0,0274	3	C
	Espinaca	0,25	7	C	0,09	6	B	0,4100	3	C	0,0274	3	C
	Flores	1,00	4	D	0,10	1	E	0,4100	3	C	0,0274	3	C
	Fresa y fresón	1,00	4	D	0,10	1	E	0,4100	3	C	0,0274	3	C
	Guindilla	1,00	4	D	0,10	1	E	0,4100	3	C	0,0274	3	C
	Lechuga	0,18	7	C	0,05	6	B	0,4400	3	B	0,0314	3	B
	Melón	1,00	4	D	0,10	1	E	0,4100	3	C	0,0274	3	C
	Nabo y otras	1,00	4	D	0,10	1	E	0,4100	3	C	0,0274	3	C
	Patata	0,43	1	A	0,45	1	A	0,4226	1	A	0,0110	1	A
	Pepinillo	1,00	4	D	0,10	1	E	0,4100	3	C	0,0274	3	C
	Pepino	1,00	4	D	0,10	1	E	0,4100	3	C	0,0274	3	C
	Pimiento	1,00	4	D	0,10	1	E	0,4100	3	C	0,0274	3	C
	Puerro	1,00	4	D	0,10	1	E	0,4100	3	C	0,0274	3	C
	Rábano	1,00	7	C	0,10	1	E	0,4100	3	C	0,0274	3	C
	Sandía	1,00	4	D	0,10	1	E	0,4100	3	C	0,0274	3	C
	Tomate	1,00	7	C	0,10	1	E	0,4100	3	C	0,0274	3	C
	Zanahoria	1,00	4	D	0,16	6	B	0,4100	3	C	0,0274	3	C

Tabla A.3.2.6. (continuación) - Parámetros relativos a la quema de residuos de cultivos

Cultivo		Tasa residuo/ cultivo	Fuente	Q	Materia seca	Fuente	Q	Fracción de carbono	Fuente	Q	Fracción de nitrógeno	Fuente	Q
FRUTALES	Aguacate	0,16	4	D	0,80	4	E	0,5700	3	C	0,0036	3	C
	Albaricoquero	0,16	4	D	0,80	4	E	0,5700	3	C	0,0036	3	C
	Almendro	3,17	2	C	0,85	6	B	0,5700	3	C	0,0036	3	C
	Avellano	3,17	4	D	0,95	6	B	0,5700	3	C	0,0036	3	C
	Cerezo y guindo	0,16	4	D	0,80	4	E	0,5700	3	C	0,0036	3	C
	Chirimoyo	0,00	4	E	0,80	4	E	0,5700	3	C	0,0036	3	C
	Ciruelo	0,16	4	D	0,80	4	E	0,5700	3	C	0,0036	3	C
	Higuera	0,16	4	D	0,80	4	E	0,5700	3	C	0,0036	3	C
	Limonero	0,07	2	C	0,80	4	E	0,5500	3	B	0,0203	3	B
	Mandarino	0,07	2	C	0,80	4	E	0,5500	3	B	0,0203	3	B
	Manzano	0,16	2	C	0,80	4	E	0,5700	3	C	0,0036	3	C
	Melocotonero	0,16	4	D	0,80	4	E	0,5700	3	C	0,0036	3	C
	Membrillero	0,16	4	D	0,80	4	E	0,5700	3	C	0,0036	3	C
	Naranja	0,07	2	C	0,80	4	E	0,5500	3	B	0,0203	3	B
	Níspero	0,16	4	D	0,80	4	E	0,5700	3	C	0,0036	3	C
	Nogal	3,17	2	C	0,80	4	E	0,5700	3	C	0,0036	3	C
	Olivar aderezo	1,13	2	C	0,7815	8	B	0,4952	8	B	0,0039	8	B
	Olivar almazara	1,13	2	C	0,7815	8	B	0,4952	8	B	0,0039	8	B
	Peral	0,16	4	D	0,80	4	E	0,5700	3	C	0,0036	3	C
	Plátano	0,00	4	E	0,80	4	E	0,5700	3	C	0,0036	3	C
	Viñedo mesa	0,43	2	C	0,736	9	C	0,5700	3	C	0,0036	3	C
	Viñedo vino	0,43	2	C	0,736	9	C	0,5700	3	C	0,0036	3	C
LEGUMINOSAS GRANO	Altramuz	1,00	4	E	0,85	4	E	0,4252	4	C	0,0250	5	C
	Garbanzo	1,00	4	E	0,85	4	E	0,4252	4	C	0,0250	5	C
	Guisante seco	1,38	7	D	0,90	6	B	0,2211	4	C	0,0130	6	B
	Guisante verde	1,50	1	A	0,87	1	A	0,2415	4	C	0,0142	1	A
	Haba seca	1,00	4	E	0,85	6	B	0,2721	4	C	0,0160	6	B
	Haba verde	1,00	4	E	0,85	6	B	0,4252	4	C	0,0250	5	C
	Judía seca	1,65	7	D	0,89	6	B	0,2041	4	C	0,0120	6	B
	Judía verde	2,10	1	A	0,86	1	A	0,2041	4	C	0,0120	6	B
	Lenteja	1,43	7	D	0,85	4	E	0,4252	4	C	0,0250	5	C
	Veza	1,00	4	E	0,85	6	B	0,4932	4	C	0,0290	6	B
LEGUMINOSAS FORRAJERAS	Alfalfa	0,00	1	A	0,25	6	B	0,4422	4	C	0,0260	6	B
	Esparceta	0,00	1	A	0,25	4	E	0,4252	4	C	0,0250	5	C
	Trébol	0,00	1	A	0,25	4	E	0,4252	4	C	0,0250	5	C
	Veza forrajera	0,00	1	A	0,25	6	B	0,5102	4	C	0,0300	6	B
	Yero	0,00	1	A	0,25	4	E	0,4252	4	C	0,0250	5	C
	Zulla	0,00	1	A	0,25	4	E	0,4252	4	C	0,0250	5	C

Tabla A.3.2.6. (continuación) - Parámetros relativos a la quema de residuos de cultivos

Cultivo		Tasa residuo/ cultivo	Fuente	Q	Materia seca	Fuente	Q	Fracción de carbono	Fuente	Q	Fracción de nitrógeno	Fuente	Q
CULTIVOS INDUSTRIALES	Algodón	2,00	4	E	0,93	6	B	0,2450	4	E	0,0098	6	B
	Colza	4,00	7	C	0,83	6	B	0,2000	4	E	0,0080	6	B
	Caña de azúcar	2,00	4	E	0,83	1	A	0,4235		A	0,0040	1	A
	Lino	2,00	4	E	0,93	6	B	0,2650	4	E	0,0106	6	B
	Lúpulo	2,00	4	E	0,85		E						
	Remolacha azucarera	0,30	1	A	0,15	1	A	0,4072		A	0,0228	1	A
	Remolacha mesa	0,30	1	A	0,15	1	A	0,4072		A	0,0228	1	A
	Tabaco	2,00	4	E	0,78	6	B				0,0400	6	B
	Soja	2,10	1	A	0,87	1	A	0,3912	4	C	0,0230	1	A
	Girasol	2,08	7	D	0,87	6	B	0,2000	4	E	0,0080	6	B
CEREALES	Avena	1,30	1	A	0,92	1	A	0,4118	4	C	0,0070	1	A
	Arroz	1,40	1	A	0,85	1	A	0,4144		A	0,0067	1	A
	Cebada	1,20	1	A	0,85	1	A	0,4567		A	0,0043	1	A
	Centeno	1,60	1	A	0,90	1	A	0,3840	4	C	0,0048	1	A
	Maíz	1,00	1	A	0,78	1	A	0,4709		A	0,0081	1	A
	Sorgo	1,40	1	A	0,91	1	A	0,5400	4	B	0,0108	1	A
	Trigo	1,30	1	A	0,85	1	A	0,4853		A	0,0028	1	A
	Triticale	1,30	4	E	0,90	6	B	0,5600	4	C	0,0070	6	B
	Sorgo forrajero	0,00	1	A	0,26	6	B	0,5400	4	E	0,0108	4	D
	Maíz forrajero	0,00	1	A	0,85	5	B	0,5200	4	C	0,0065	5	B
OTROS	Calabaza forrajera	0,00	1	A									
	Col forrajera	0,00	1	A	0,12	6	B				0,0300	6	B
	Praderas polifitas	0,00	1	A	0,25		E	0,5250	4	C	0,0210	5	B
	Otras gramíneas forrajeras	1,00	4		0,18	4					0,0150	4	
	Otras hortalizas	1,00	4		0,10	4					0,0150	4	
	Otras leguminosas	1,81	4		0,85	4					0,0150	4	
	Otras leguminosas forrajeras	1,00	4		0,20	4					0,0300	4	
	Otros cereales	1,50	4		0,85	4					0,0150	4	
	Otros cítricos	0,07	4		0,80	4					0,0150	4	
	Otros forrajeros	1,00	4		0,10	4					0,0150	4	
	Otros industriales	2,00	4		0,80	4					0,0150	4	
	Otros leñosos	1,00	4		0,80	4					0,0150	4	
	Otros no cítricos	1,00	4		0,80	4					0,0150	4	
	Otros tubérculos	0,50	4		0,40	4					0,0150	4	

Esta tabla es, por tanto, la ampliación y ajuste al caso español de la tabla 4-17 del Manual de Referencia IPCC. Tanto una como la otra son incompletas, es decir no aparecen todos los cultivos que se consideran en el Inventario, por tanto, las estimaciones de las emisiones sólo se pueden realizar sobre los cultivos de los que se dispone de información completa de los parámetros que aparecen en la tabla A.3.2.6, sin tener en cuenta los asociados con una etiqueta de calidad D ó E como se explicó anteriormente.

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 (%)
		Planta
1990-1999	Cereales	7,1
	Tubérculos	100
	Caña de azúcar	100
	Algodón	50
	Lino, colza, girasol y otros cultivos industriales	50
	Soja	50
	Tabaco	100
	Flores	100
	Hortalizas (planta, bulbo o raíz)	50
	Hortalizas (fruto)	50
2000	Cereales (Zona A)	2,4
	Cereales (Zona B)	1,2
	Tubérculos	50
	Caña de azúcar	50
	Algodón	33,3
	Lino, colza, girasol y otros cultivos industriales	33,3
	Hortalizas (fruto)	20
	Resto de cultivos	Igual que 1990
2001-2003	Cereales (Zona A)	1,2-
	Algodón	33,3
	Tabaco	100
	Flores	100
2004-2006	Tabaco	100
	Flores	100
	Algodón	33,3

A3.3.- Usos y cambios de uso de la tierra y silvicultura

En este epígrafe se presentan comentarios y tablas adicionales sobre el contenido del capítulo 7 “Uso de la tierra, cambios de uso de la tierra y silvicultura” del informe del inventario 1990-2007. El epígrafe se estructura en dos subapartados que tratan respectivamente sobre:

- a) Ilustración de la metodología utilizada en la categoría 5A (bosque) para el cálculo de la biomasa
- b) Cálculo de la variable básica intermedia Carbono emitido como CO₂ en los incendios forestales

A3.3.1.- Ilustración de la metodología utilizada en la categoría 5A (bosque) para el cálculo de la biomasa

El cálculo del carbono existente debido a la biomasa viva en el bosque que se mantiene como bosque, se ha calculado utilizando un procedimiento basado en la GPG-2003.

Como ejemplo explicativo se presenta el caso de una de las provincias de España: Madrid. Un cálculo similar se ha realizado para todas las provincias.

De los dos Inventarios Forestales Nacionales utilizados se toman para cada provincia los datos de volumen maderable en m³ por hectárea y por especie. El producto de estos volúmenes por los parámetros de expansión de biomasa² (BEF·D), da como resultado el **valor anual de biomasa aérea** (Ba) en toneladas de materia seca por hectárea.

$$Ba = V \bullet BEF \cdot D$$

donde,

Ba = biomasa aérea (t m.s. ha⁻¹)

V = volumen maderable (m³ ha⁻¹)

$BEF \cdot D$ = factor de expansión de biomasa para convertir el volumen maderable a biomasa arbórea sobre el suelo (t m.s. m⁻³)

Aplicando el factor de expansión de raíces (R) a este valor anual, se obtiene el valor total anual de biomasa (B_{TOTAL}), tanto aérea como subterránea, como puede verse en la tabla A.3.3.1.

² Estos parámetros de expansión de biomasa (BEF) se muestran, más adelante, en la tabla A.3.3.5.

$$B_{TOTAL} = Ba \bullet (1 + R)$$

donde,

B_{TOTAL} = biomasa total (t m.s. ha⁻¹)

Ba = biomasa aérea (t m.s. ha⁻¹)

R = relación raíz-vástago³ (sin dimensiones)

En la Tabla 3A.1.8 de la GPG-2003 se proponen una serie de valores para R . Se han tomado los correspondientes a los tipos de vegetación de coníferas y frondosas, de las que se ha calculado la media de los valores, obteniendo:

- Bosque de coníferas. $R = 0,337$
- Bosque de frondosas. $R = 0,326$

Tabla A.3.3.1.- Conversión del volumen con corteza medido en el IFN2 al valor anual de biomasa, tanto aérea como subterránea

VCC	Especie	Vcc (m ³ /ha)	BEFD (t/m ³)	R	Btotal=Vcc•BEFD•(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
	CONIFERAS				
	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
	FRONDOSAS				
Madrid	TOTALES	34,78			33,86

A partir del resultado de B_{total} para cada inventario forestal 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 un valor medio (el

³ Entendido vástago como el total de la biomasa aérea.

Incremento de B_{TOTAL} anual) que habrá que sumar en cada año para tener el valor de B_{TOTAL} del año siguiente (Tabla A.3.3.2.).

Tabla A.3.3.2.- Obtención de los valores de B_{total} anual ($G \dot{t}$), a partir de los datos del Segundo y Tercer Inventario Forestal Nacional

Madrid	$B_{total}=V_{cc} \cdot BEFD \cdot (1+R)$ (tn m.s. • ha ⁻¹)	Años inventarios	Dif. años entre inventarios(A) (año)	Dif. Bt entre inventarios (B) (tn m.s. • ha ⁻¹)	B/A (tn m.s. • ha ⁻¹ • año ⁻¹)
IFN3	40,90 ⁽¹⁾	2000			
IFN2	33,86 ⁽¹⁾	1990	10	7,05	0,70

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Madrid	33,86 ⁽¹⁾	34,56	35,27	35,97	36,68	37,38	38,09	38,79	39,50	40,20	40,91 ⁽¹⁾

(1): Datos correspondientes al año de cada uno de los dos inventarios: IFN3 y IFN2.

Este procedimiento de cálculo de las existencias se ha realizado para cada provincia, cada una de las cuales se ha agrupado en su respectiva Comunidad Autónoma, obteniéndose resultados a nivel de Comunidad Autónoma como se muestra en la tabla A.3.3.3 siguiente.

Tabla A.3.3.3.- Valores de B_{total} anual por Comunidad Autónoma

	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Galicia	80,19	85,01	89,82	90,78	91,75	92,71	93,67	94,64	95,60	96,56
Baleares	47,76	47,18	46,60	46,49	46,37	46,25	46,14	46,02	45,91	45,79
Murcia	13,90	18,18	22,46	23,31	24,17	25,02	25,88	26,74	27,59	28,45
Asturias	90,46	100,50	110,55	112,55	114,56	116,57	118,58	120,59	122,60	124,61
Cantabria	128,21	127,41	126,61	126,45	126,29	126,13	125,97	125,81	125,65	125,49
Navarra	122,65	121,52	120,40	120,17	119,95	119,72	119,50	119,27	119,05	118,83
La Rioja	83,07	91,22	99,37	101,00	102,63	104,26	105,89	107,52	109,15	110,78
Madrid	33,86	37,38	40,91	41,61	42,32	43,02	43,73	44,43	45,14	45,84
Extremadura	17,81	20,48	23,16	23,69	24,23	24,76	25,30	25,83	26,37	26,90
Cataluña	58,67	65,54	72,41	73,78	75,15	76,53	77,90	79,28	80,65	82,02
Canarias	50,44	55,39	60,33	61,32	62,31	63,29	64,28	65,27	66,26	67,25
Castilla y León	36,35	42,07	47,78	48,92	50,07	51,21	52,35	53,49	54,64	55,78
Castilla la Mancha	20,73	23,67	26,61	27,20	27,78	28,37	28,96	29,55	30,14	30,72
Aragón	29,39	33,44	37,49	38,30	39,11	39,92	40,73	41,54	42,35	43,16
País Vasco	66,67	82,79	98,90	102,13	105,35	108,57	111,79	115,02	118,24	121,46
Valencia	14,11	17,98	21,86	22,64	23,41	24,19	24,97	25,74	26,52	27,29
Andalucía	19,60	22,30	24,99	25,53	26,07	26,61	27,15	27,69	28,23	28,77

Los datos de partida utilizados para realizar los cálculos están expresados por unidad de superficie (por hectárea). Por tanto, se ha de multiplicar por la superficie correspondiente para obtener el valor de las existencias totales.

Para la obtención de las 14 categorías consideradas en el cálculo del incremento medio anual de biomasa aérea en plantaciones a partir del Mapa de Productividad Potencial Forestal de España, se han tenido en cuenta los diversos factores litológicos y diferentes clases en las limitaciones para el crecimiento de bosques productivos, según se muestra en la tabla A.3.3.4 siguiente

Tabla A.3.3.4.- Tabla de categorías según la combinación de factores litológicos y de limitaciones para la productividad potencial

Categorías	Limitaciones para el crecimiento de bosques productivos
Ia	Tierras sin limitación para el crecimiento de bosques productivos en suelos considerados óptimos
Ib	Tierras sin limitación para el crecimiento de bosques productivos en suelos con alguna restricción
Ic	Tierras sin limitación para el crecimiento de bosques productivos en suelos sólo aceptables
IIa	Tierras que tienen limitaciones débiles en suelos considerados óptimos
IIb	Tierras que tienen limitaciones débiles en suelos con alguna característica restrictiva
IIIa	Tierras que tienen limitaciones moderadas en suelos considerados óptimos
IIIb	Tierras que tienen limitaciones moderadas en suelos con alguna característica restrictiva
IVa	Tierras que tienen limitaciones moderadamente graves en suelos considerados óptimos
IVb	Tierras que tienen limitaciones moderadamente graves en suelos con alguna característica restrictiva
Va	Tierras que tienen limitaciones graves en suelos considerados óptimos
Vb	Tierras que tienen limitaciones graves en suelos con alguna característica restrictiva
VIa	Tierras que tienen limitaciones muy graves en suelos considerados óptimos
VIb	Tierras que tienen limitaciones muy graves en suelos con alguna característica restrictiva
VII	Tierras con limitaciones suficientemente graves como para impedir la productividad

La superficie de bosque que se mantiene como bosque, se ha dividido en dos subapartados: a) una superficie constante de bosque que ya era bosque en 1990 (*FL permanece.*) y b) la superficie que pasa a ser bosque procedente de la forestación de tierras agrarias, que se considera en estado de transición hasta el paso de al menos 20 años (*FL transición* y *CF*). En el caso a) las estimaciones de carbono se han realizado según el apartado 7.2.2.1. *Bosque que se mantiene como bosque* del capítulo 7, metodología recién explicada en este mismo apartado del anexo. En el caso b) se han calculado siguiendo la metodología del apartado 7.2.2.2. *Tierras que pasan a ser bosque.*

Las estimaciones de carbono fijado, expresado ya en CO₂, se presentan en la tabla A.3.3.5. y en la figura 7.2.1 del capítulo 7.:

Tabla A.3.3.5.- Fijación de carbono de los sistemas forestales expresada en masa (Gg CO₂)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
FL permanece	21.474	21.474	21.474	21.474	21.474	21.474	21.474	21.474	21.474
FL transición	-	-	-	-	-	461	1.109	2.000	2.822
CF	-	-	-	-	461	648	890	822	842
TOTAL	21.474	21.474	21.474	21.474	21.935	22.583	23.473	24.296	25.138

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
FL permanece	21.474	21.474	21.474	21.474	21.474	21.474	21.474	21.474	21.474
FL transición	3.664	4.185	4.896	5.358	5.565	5.798	5.964	6.116	6.343
CF	522	710	462	207	233	166	152	227	122
TOTAL	25.659	26.370	26.832	27.039	27.272	27.438	27.590	27.817	27.939

FL permanece: Bosque que se mantiene como bosque, constante desde 1990 (por sus siglas en inglés).

FL transición: Bosque procedente de la forestación de tierras agrícolas (por sus siglas en inglés).

CF: Cultivos que pasan a ser bosque (por sus siglas en inglés).

Tabla A3.3.6.- Factores de expansión de biomasa (BEFD)

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
<i>Acacia spp.</i>	0,80	
<i>Acer spp.</i>	0,90	Ulmus
<i>Alnus glutinosa</i>	0,62	
Árboles fuera de monte (ribera arb.)	0,62	Alnus
Arboles ripícolas	0,62	Alnus
<i>Arbutus unedo</i>	0,80	
<i>Betula spp.</i>	0,73	
<i>Castanea sativa</i>	0,75	
<i>Ceratonia siliqua</i>	1,28	Q ilex
<i>Corylus avellana</i>	0,80	
<i>Crataegus spp.</i>	0,80	
<i>Erica spp.</i>	0,80	
<i>Eucalyptus spp.</i>	0,81	
<i>Fagus sylvatica</i>	0,81	
<i>Fraxinus spp.</i>	0,83	
<i>Ilex spp.</i>	0,80	
<i>Laurus azorica</i>	0,80	
Mezcla de árboles de ribera	0,62	Alnus
Mezcla de pequeñas frondosas	0,80	
<i>Myrica faya</i>	0,80	
<i>Olea europaea</i>	1,28	Q ilex
Otras especies	0,80	
Otras frondosas	0,80	
Otras laurisilvas	0,80	
<i>Persea indica</i>	0,80	
<i>Phillyrea latifolia</i>	0,80	
<i>Phoenix canariensis</i>	0,80	
<i>Platanus spp.</i>	0,90	Ulmus
<i>Populus sp.</i>	0,62	Alnus
<i>Prunus spp.</i>	0,80	
<i>Quercus canariensis</i>	1,00	
<i>Quercus faginea</i>	1,11	
<i>Quercus ilex</i>	1,28	
<i>Quercus petraea</i>	0,84	
<i>Quercus pubescens (Q. humilis)</i>	0,89	
<i>Quercus pyrenaica</i>	1,11	Q faginea
<i>Quercus robur</i>	0,84	Q petraea
<i>Quercus rubra</i>	0,80	
<i>Quercus suber</i>	1,28	Q ilex
<i>Robinia pseudacacia. Sophora japonica</i>	0,80	
<i>Robinia pseudacacia. Sophora japonica. Gleditsia triacanthos.</i>	0,80	
<i>Salix spp.</i>	0,80	
<i>Sorbus spp.</i>	0,80	
<i>Tilia spp.</i>	0,90	Ulmus
<i>Ulmus spp.</i>	0,90	

ESPECIES CONÍFERAS	BEFD	SP DE COMPARACIÓN
<i>Abies alba</i>	0,61	
<i>Abies pinsapo</i>	0,61	Abies alba
<i>Cedrus sp.</i>	0,55	P pinaster
<i>Chamaecyparis lawsoniana</i>	0,44	P radiata
Coníferas alóctonas	0,44	P radiata
Coníferas, excepto pinos y abetos	0,64	P nigra
<i>Cupressus sp.</i>	0,55	P pinaster
<i>Juniperus spp.</i>	0,80	
<i>Larix spp.</i>	0,64	P nigra
Otras coníferas	0,64	P nigra
Otros pinos	0,64	P nigra
<i>Picea abies</i>	0,44	P radiata
<i>Pinus canariensis</i>	0,55	P pinaster
<i>Pinus halepensis</i>	0,74	
<i>Pinus nigra</i>	0,64	
<i>Pinus pinaster</i>	0,55	
<i>Pinus pinea</i>	0,73	
<i>Pinus radiata</i>	0,44	
<i>Pinus sylvestris</i>	0,62	
<i>Pinus uncinata</i>	0,61	
<i>Pseudotsuga menziessii</i>	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 Servicio de Protección contra Agentes Nocivos (SPCAN) según datos IFN

A3.3.2.- Cálculo de la variable básica intermedia Carbono emitido como CO₂ en los incendios forestales

Para el cálculo de las emisiones derivadas de los incendios forestales de gases de efecto invernadero distintos de CO₂ se requiere en aplicación de la metodología de IPCC (GPG-2003) el cálculo de la variable intermedia, masa de Carbono, emitida como CO₂ en los incendios forestales.

Para efectuar este cálculo debe determinarse previamente la masa de Carbono anterior al incendio y que va a ser afectada por el mismo dando origen a emisiones de CO₂.

En la tabla siguiente se muestra el algoritmo y los resultados del cálculo de la masa de Carbono antes del incendio que va a ser afectada por el mismo dando lugar a emisiones de CO₂

Tabla A3.3.7.- Estimación del Carbono almacenado antes de incendio (toneladas de C)

Carbono antes de incendio	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
$M=Mc*dc + Mf*df + Sc*ic*dc + Sf*if*df$	942.129	1.347.391	500.781	428.739	2.895.644	792.759	231.338	693.230	676.058
$PL=0,2455 M$	231.293	330.785	122.942	105.255	710.881	194.622	56.793	170.188	165.972
$B=0,9636 M$	907.835	1.298.346	482.553	413.133	2.790.243	763.903	222.917	667.996	651.449

Carbono antes de incendio	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
$M=Mc*dc + Mf*df + Sc*ic*dc + Sf*if*df$	425.029	876.844	358.426	564.873	779.178	626.609	1.301.964	2.816.535	190.955
$PL=0,2455 M$	104.345	215.265	87.994	138.676	191.288	153.833	319.632	691.459	46.879
$B=0,9636 M$	409.558	844.927	345.379	544.312	750.816	603.801	1.254.572	2.714.013	184.004

donde,

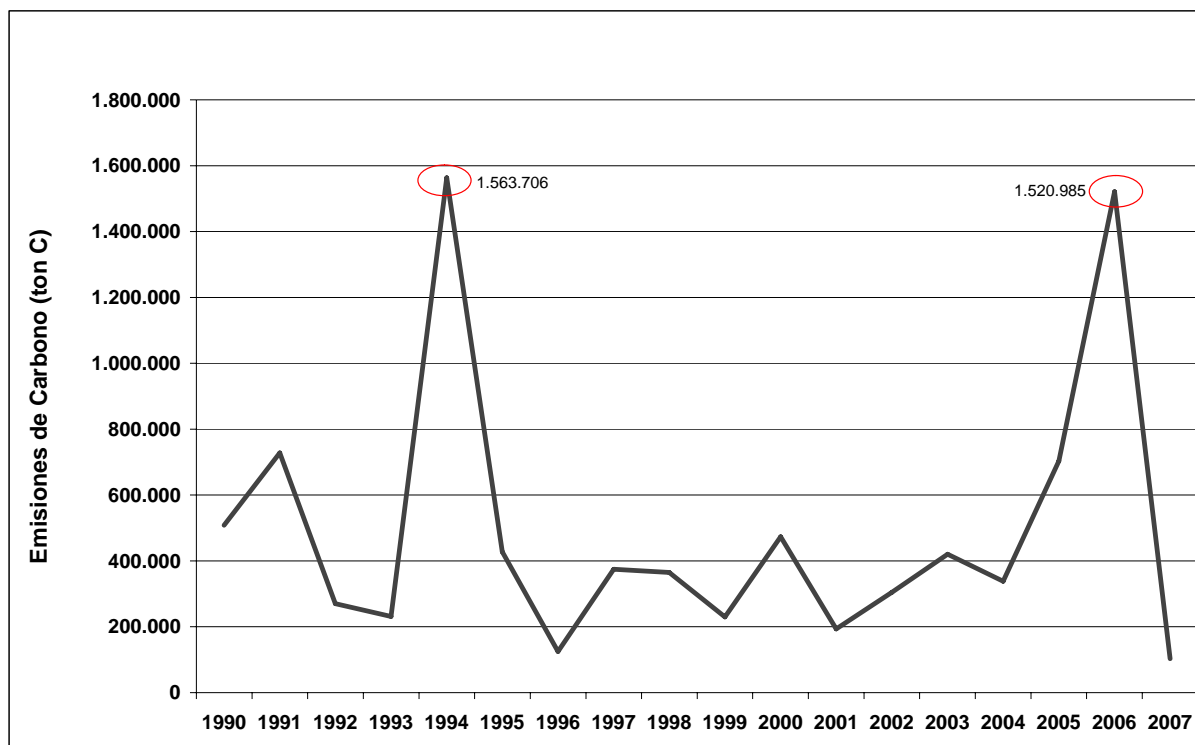
- M** Fracción comercial
- B** Resto de biomasa aérea
- PL** Hojarasca/desechos

Tabla A3.3.8.- Emisiones en masa de Carbono y masa de CO₂ originadas por los incendios forestales

Emisiones	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
$C=(0,2*(B+M) + 0,6*PL)$	508.768	727.618	270.432	231.528	1.563.706	428.106	124.927	374.358	365.085
$CO_2=(0,2*(B+M) + 0,6*PL)*44/12$	1.865.484	2.667.934	991.583	848.935	5.733.588	1.569.721	458.066	1.372.646	1.338.644

Emisiones	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
$C=(0,2*(B+M) + 0,6*PL)$	229.524	473.513	193.557	305.043	420.772	338.381	703.086	1.520.985	103.120
$CO_2=(0,2*(B+M) + 0,6*PL)*44/12$	841.589	1.736.215	709.710	1.118.491	1.542.830	1.240.732	2.577.984	5.576.946	378.105

Figura A3.3.1.- Serie histórica de emisiones de Carbono originadas por los incendios forestales e identificación de los años considerados categoría clave (toneladas de C)



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 CO₂ 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 CO₂ 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)¹. 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 intermedia², 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 retenida en el producto o en las cenizas. Se hace notar que la estimación de carbono emitido contabiliza las emisiones de carbono inmediatas, no así la oxidación retardada que pudiera ocasionarse en el carbono almacenado en los productos no-energéticos.

¹ Disponibilidad total de combustibles primarios y cantidad neta (saldo neto del comercio exterior ajustado por la variación de existencias) para combustibles secundarios.

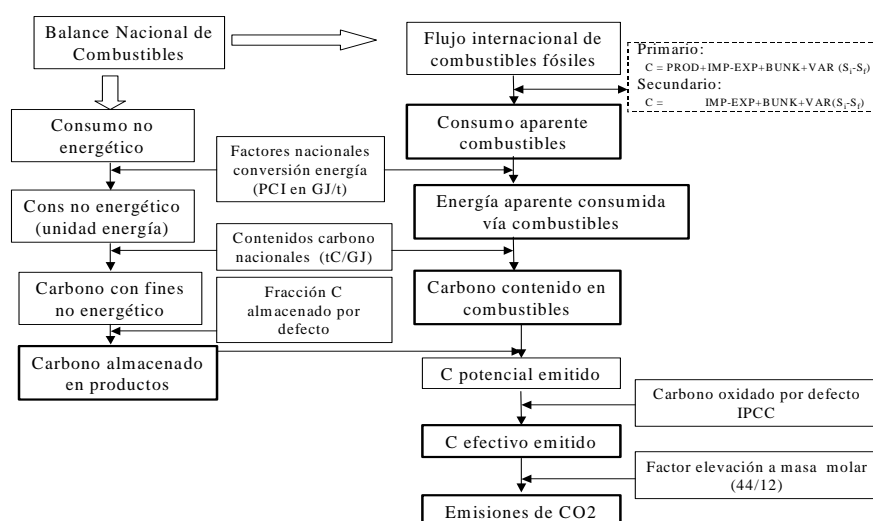
² Entre los productos de uso no energético se pueden citar los insumos intermedios como los lubricantes o la nafta obtenidos en el refino del crudo de petróleo.

Aspectos metodológicos

Elección del método

El enfoque de referencia ha sido desarrollado siguiendo los criterios metodológicos expuestos en el Manual de Referencia 1996 de IPCC (véase diagrama explicativo en la figura A4.1 adjunta). Sólo hay que reseñar una cierta cualificación de la metodología descrita por IPCC con relación a los combustibles de uso no energético; en el caso de los “aceites de carbón y alquitranes” se ha adoptado como variable la producción de benzol y alquitrán bruto en coquerías, mientras que para “bitumen y alquitranes” se ha aplicado directamente el dato reportado bajo el epígrafe “Uso no energético” del balance energético nacional³.

Figura A4.1.-criterios metodológicos de IPCC para el desarrollo del enfoque de referencia



Leyenda: C: Consumo aparente; PROD: Producción de un combustible primario; IMP: Importaciones; EXP: Exportaciones; BUNK: Bunkers internacionales; VAR(S_i-S_f): Variación de existencias (diferencia entre las existencias a comienzos del año, S_i , y a finales del mismo, S_f).

Variables socioeconómicas

Las variables que intervienen en esta estimación están asociadas con los combustibles fósiles y son:

- 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.

³ IPCC sugiere aplicar variables proxy para ambos grupos (Manual de Referencia 1996 de IPCC)

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) Balances energéticos de la Agencia Internacional de la Energía (AIE) y de EUROSTAT hasta el año penúltimo del periodo inventariado, y cuestionarios energéticos internacionales del MITYC para el último año del periodo inventariado, en el que no están disponibles aquellos balances. Estas fuentes se utilizan en el enfoque de referencia 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.
- c) Información directa de planta relativa al uso de combustibles sólidos como insumos en la fabricación de productos no energéticos (carbonato sódico), que complementa a las fuentes anteriores.⁴

Cabe reseñar el carácter provisional del balance del inventario nacional para el último año del periodo inventariado (año 2007), dado que parte de la información de base del último año inventariado tiene ese carácter provisional. 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.

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 corresponden a datos medios anuales del combustible tipo consumido; así, no deben interpretarse como valores representativos para cada partida que compone el consumo aparente (producción, importación, exportación, variación de existencias o bunkers internacionales), sino al consumo efectivo total. Esta recomendación tiene especial trascendencia en el caso de los

⁴ La caracterización de los combustibles consumidos con este fin difiere del procedimiento adoptado por defecto en el Enfoque de Referencia (véase apartado siguiente *Algoritmo de estimación de emisiones*). Así, al disponer de un mayor conocimiento de los tipos de combustibles y proceso en que se consumen, se ha optado por aplicar en el cómputo de la energía y emisiones asociadas a dichos combustibles factores presumiblemente más apropiados.

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 CO₂ 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 Sectorial⁵. 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:

$$C_{E.R,t} = C_{E.S,t} = \frac{EmisiónC_{E.S,t}}{EnergíaConsumida_{E.S,t}} = \frac{\left(\frac{12}{44}\right) \left(\frac{1}{CO_{Oxidado}}\right) EmisiónCO_{2E.S,t}}{EnergíaConsumida_{E.S,t}} \quad t = t_0, \dots, t_n$$

Desarrollando la fórmula anterior con las emisiones de CO_2 y consumos por actividad emisora, A, podría expresarse la ecuación como sigue:

$$C_{E.R,t} = \left(\frac{12}{44}\right) \left(\frac{1}{CO_{Oxidado}}\right) \frac{\sum_A EmisiónCO_{2A,t}}{PCI_{E.R,t} \sum_A M_{A,t}} \quad t = t_0, \dots, t_n$$

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.

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 de 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 experto⁶. 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).

⁵ Contrastación orientada a la detección de coberturas parciales tanto en imputaciones de combustible como en identificación de actividades fuente combustivas en el inventario.

⁶ La partida principal corresponde al alquitrán bruto, producto al cual se asume una fracción superior a la propuesta por IPCC.

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
Antracita (*)	1
Coque de carbón (*)	1
Otros productos petrolíferos	0,8

(*) Insumos en la producción de carbonato sódico.

Comparación del enfoque de referencia con el enfoque sectorial

En el inventario nacional, las discrepancias observadas entre ambos métodos son relativamente bajas, sólo superado el 2% en términos de CO₂ emitido (umbral a partir del cual IPCC solicita sea justificada la discrepancia) en los años 1996 a 1998 con porcentajes no superiores al 2,7%. En la tabla A4.2 se muestran las diferencias porcentuales tanto en términos de energía como de CO₂ emitido⁷.

Tabla A4.2.- Diferencia enfoque de referencia vs. enfoque sectorial

Año	Tasa variación Enfoque Referencia/Sectorial [%]	
	Energía ⁽¹⁾	Emisiones CO ₂ ⁽²⁾
1990	1,81	1,67
1991	2,27	1,97
1992	1,39	1,61
1993	1,62	1,49
1994	1,94	1,71
1995	0,82	1,40
1996	1,32	2,23
1997	1,35	2,67
1998	1,21	2,27
1999	0,34	0,88
2000	-0,19	0,90
2001	-0,83	0,29
2002	-1,13	-0,12
2003	-1,30	0,15
2004	-0,34	0,83
2005	-1,05	-0,32
2006	-0,11	0,68
2007	0,45	1,25

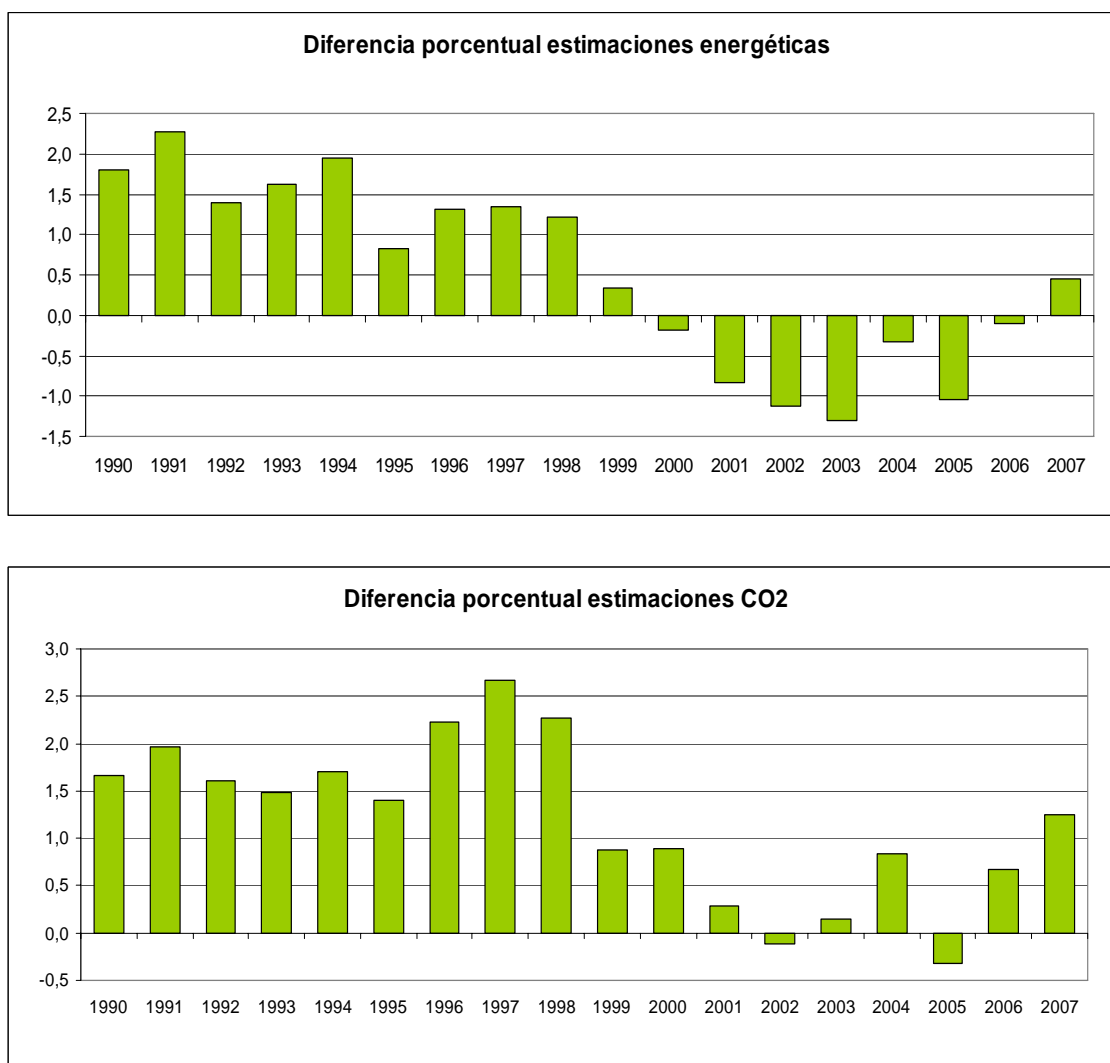
(1) Enfoque de referencia: consumo aparente energético resultado de descontar la parte empleada con fines no energéticos.

(2) Enfoque de referencia: emisiones asociadas al carbono total emitido efectivo (descuento del carbono almacenado en producto no energético)

⁷ 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 CO₂: 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 CO₂, 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 CO₂ derivadas del carbono efectivo emitido⁸.

Figura A4.2.- Tasa de variación de la estimación



El examen del panel superior de la figura A4.2, relativo a consumos energéticos, evidencia una alternancia en el signo de las discrepancias entre enfoques, con porcentajes comprendidos entre -1,1% y 2,3%. En un primer periodo (1990-1995) las estimaciones obtenidas con el enfoque de referencia superan los valores resultantes con el enfoque

⁸ Carbono potencial efectivo exceptuando la parte almacenada en productos de uso no energético.

sectorial, invirtiéndose el signo en un segundo periodo (2000-2006), para recuperarse posteriormente en 2007 hasta niveles próximos a 1999. Este cambio de signo se reproduce, con una pendiente más acusada, en la serie de combustibles gaseosos, siendo principalmente significativa su contribución en los últimos años del periodo a las diferencias globales. Por su parte, los combustibles sólidos, aún mostrando una pauta general decreciente, presentan diferencias positivas a lo largo de todo el periodo, que compensan, total o parcialmente, las diferencias negativas observadas en los combustibles líquidos en el periodo 1990-1996 y de los combustibles gaseosos en 2007, así como, la aportación conjunta, con cifras negativas, de los combustibles líquidos y gaseosos para el periodo 1998-2006.

Con relación a las emisiones de dióxido de carbono, el enfoque de referencia proporciona de forma general estimaciones superiores al enfoque sectorial (rango entre -0,3% y 2,7%). Al examinar el panel inferior de la figura A4.2, se observa una tendencia decreciente en las diferencias asociadas a las emisiones, pasando de valores próximos al 2% en los primeros años del periodo a variaciones menos acusadas, inferiores al 1,3%, con cambios de signo en los años 2002 y 2005 (en torno al -0.3%). La evolución de la serie general viene determinada por la combinación de las diferencias positivas de los combustibles sólidos y de los líquidos.

Cabe advertir que se realiza un tratamiento conceptualmente diferente, siguiendo los criterios expuestos en el CRF Reporter, para la energía y las emisiones de CO₂. 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 contemplan 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 sectorial⁹, 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 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 CO₂ 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 CO₂ 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

⁹ Vía cuestionarios el inventario nacional ha recopilado información de los consumos (principalmente neumáticos y aceites usados) en cementeras.

asume de cierta trascendencia este factor para determinados combustibles, caso del gas natural.

- 2) Falta de información relativa al uso y ciclo de vida de productos no energéticos que permita determinar valores nacionales para las fracciones del carbón almacenado. Adicionalmente, en este punto cabe mencionar la reducida disponibilidad de datos relativos a 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).
- 3) Limitada información acerca de las características físico-químicas nacionales, tales como poderes caloríficos y contenidos de carbono, de materias primas.
- 4) La aplicación de valores por defecto para aquellos combustibles primarios cuyo consumo principal o exclusivo está destinado a su procesamiento y transformación en combustibles secundarios (caso del carbón coquizable y del crudo de petróleo) pudiera ocasionar una aparente trasgresión en el principio de conservación de energía o de carbono en el proceso de conversión, divergencia que se proyecta a la comparación del enfoque de referencia con el enfoque sectorial. Dado el elevado orden de magnitud de crudo procesado, la estimación con el enfoque de referencia resulta sumamente sensible a variaciones en los parámetros aplicados para el crudo de petróleo; así, se conjetura que dicha aproximación en el crudo pudiera constituir una de las principales fuentes de discrepancia entre los dos enfoques.
- 5) Consideración acerca de la aplicación de factores medios sectoriales (poderes caloríficos y contenidos de carbono) para el enfoque de referencia. La aproximación del cálculo en el enfoque de referencia con factores deducidos del enfoque sectorial produce ciertas discrepancias con este último enfoque a la hora del tratamiento de productos transferidos o reclasificados. Así, en el enfoque de referencia, para la conversión a términos de energía o de masa de carbono se aplican sobre las cantidades disponibles para consumo, previas a las posibles transferencias o reclasificaciones, las propiedades medias de los combustibles finalmente consumidos según la clasificación posterior por tipo de combustible.

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 (UTCUTS).

Para el sector UTCUTS, aunque se ha estimado la serie temporal completa de superficies y cambios de superficies entre categorías de uso del suelo, no se han podido estimar los flujos de emisión y absorción de todas las subcategorías de las categorías 5B a 5F; pero sí se han estimado las captaciones de CO₂ de los sistemas forestales (bosque que permanece como bosque y tierras de cultivo que pasan a bosques) y de las tierras de cultivo que pasan a pastizal, así como las emisiones de incendios forestales. Para las categorías 5B a 5F queda pendiente de concretar la metodología de estimación de las emisiones y absorciones y, en su caso, completar la información de base necesaria para aplicar la metodología, por lo que no ha sido posible incluir en esta edición los resultados cuantitativos de dichos flujos.

En consecuencia con lo anterior se presenta en la tabla A5.1 la matriz de status de estimación de emisiones/absorciones según categorías y que permite identificar las excepciones a la exhaustividad del inventario en este sector UTCUTS. La tabla se presenta indicando en filas los tipos de depósitos potenciales de emisión/absorción cruzándolos en columnas con las categorías de usos del suelo.

Tabla A5.1.- Categorías de contribución a las estimaciones del inventario

	5A Bosques	5B Cultivos	5C Pastizales	5D Humedales	5E Asentamientos	5F Otras tierras
Biomasa viva	E	NE	NE		NE	NE
Materia orgánica muerta	NE					
Suelos	NE	NE	E ⁽¹⁾		NE	NE
Otros GEI no-CO₂ (de incendios forestales)	NE	NE	NE			
Tierras inundadas				NE		
Turberas				NE		

E = Estimado; NE = No Estimado

(1) Estimación parcial

b) Emisiones potenciales de gases fluorados.

La estimación de las emisiones potenciales de los gases fluorados (HFC, PFC y SF₆) 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 A5.2 se presentan el detalle de la información correspondiente al año 2007, 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 A5.2.- Emisiones potenciales de gases fluorados

	HFC-23	HFC-32	HFC-125	HFC-134a	HFC-143a	HFC-152a	HFC-227ea	HFC-236fa	CF ₄	C ₂ F ₆	C ₃ F ₈	C ₄ F ₁₀	SF ₆
Emisiones potenciales de halocarburos (por tipo) y SF₆	NE	C,NE	NE	NE	C,NE	NE	C,NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Producción	NE	C	NE	NE	C	NE	C	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Importación:	NE	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	NE
En productos	NE	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	NE
A granel	NE	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	NE
Cantidad destruida	NE	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 A5.3 se presenta la información correspondiente a esta categoría tal y como figura en el CRF Reporter.

Tabla A5.3.- Otras fuentes de combustión

	Consumo (TJ)	Emisiones		
		CO ₂ (Gg)	CH ₄ (Gg)	N ₂ O (Gg)
1.A.5 Otros	NO	NA	NA	NA
a. Estacionaria	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. Móvil	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”. Por limitaciones de espacio se ha limitado la presentación de las tablas a los años siguientes: 1990, 1995, y 2003 a 2007.

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 CO₂ 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 CO₂ equivalente las emisiones respectivamente de CO₂, CH₄, N₂O, HFC, PFC y SF₆. 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 SF₆.
- 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_x, CO y COVNM), y en la tabla A6.11 las emisiones de SO₂.

Tabla A6.1.- Emisiones de CO₂ equivalente (Cifras en Gg de CO₂ equivalente)

	1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
Total (Emisión Bruta)	288.134,66	319.165,94	410.257,65	426.018,47	441.150,50	433.069,76	442.321,56
1. Procesado de la energía	212.465,02	240.705,53	314.441,60	331.500,24	347.308,80	337.170,02	345.391,32
A. Actividades de combustión	208.238,44	236.503,10	310.719,22	327.426,00	343.222,11	333.217,17	341.370,89
1. Industrias del sector energético	77.694,33	86.812,83	106.527,96	115.937,68	126.075,05	117.080,64	123.035,49
2. Industrias manufactureras y de la construcción	46.660,84	53.314,58	68.625,76	70.744,03	71.518,09	69.737,08	68.329,69
3. Transporte	57.483,20	66.983,36	97.471,78	101.290,31	105.547,66	108.611,49	112.268,53
4. Otros sectores	26.400,07	29.392,34	38.093,71	39.453,98	40.081,32	37.787,96	37.737,18
5. Otros							
B. Emisiones fugitivas de los combustibles	4.226,58	4.202,42	3.722,38	4.074,25	4.086,69	3.952,85	4.020,43
1. Combustibles sólidos	1.835,17	1.482,64	1.115,18	1.064,42	1.028,78	1.054,63	977,80
2. Petróleo y gas natural	2.391,41	2.719,78	2.607,20	3.009,82	3.057,91	2.898,21	3.042,63
2. Procesos Industriales	26.314,29	27.411,17	32.722,32	32.860,15	34.321,67	35.007,86	34.852,48
A. Productos minerales	15.659,31	16.114,21	21.123,32	21.606,05	22.224,41	22.616,89	22.344,97
B. Industria química	3.767,76	3.238,91	2.779,90	2.551,33	2.642,00	2.307,02	2.151,65
C. Producción metalúrgica	4.417,13	3.303,93	3.501,46	3.679,71	4.076,32	4.097,44	4.053,52
D. Otras industrias							
E. Producción de halocarburos y SF ₆	2.403,18	4.637,88	1.749,17	786,53	680,93	863,42	707,20
F. Consumo de halocarburos y SF ₆	66,92	116,24	3.568,47	4.236,53	4.698,01	5.123,09	5.595,13
G. Otros							
3. Uso de disolventes y de otros productos	1.387,85	1.343,58	1.596,23	1.517,91	1.481,74	1.517,27	1.674,20
4. Agricultura	40.330,18	39.877,02	48.323,12	47.191,80	44.878,13	45.817,68	46.425,65
A. Fermentación entérica	11.779,63	12.043,91	14.005,24	13.696,07	13.485,88	13.331,53	13.559,54
B. Gestión del estiércol	8.695,38	9.781,38	11.588,63	11.983,76	11.871,24	12.356,46	12.438,81
C. Cultivo de arroz	227,45	137,22	297,89	309,03	300,26	268,47	268,47
D. Suelos agrícolas	19.089,69	17.403,76	21.884,72	20.757,85	18.890,99	19.437,03	19.734,65
E. Quemadas planificadas de sabanas							
F. Quema en campo de residuos agrícolas	538,03	510,76	546,64	445,08	329,76	424,20	424,20
G. Otros							
5. Cambios de uso del suelo y silvicultura							
6. Tratamiento y eliminación de residuos	7.637,31	9.828,64	13.174,38	12.948,35	13.160,16	13.556,93	13.977,90
A. Depósito en vertederos	4.976,12	6.895,78	9.371,01	9.059,55	9.226,21	9.506,10	9.761,07
B. Tratamiento de aguas residuales	2.312,54	2.491,99	3.168,78	3.268,64	3.330,63	3.397,20	3.541,60
C. Incineración de residuos	94,77	35,80	18,19	9,43	9,31	9,57	10,05
D. Otros	253,88	405,08	616,40	610,74	594,02	644,06	665,18
7. Otros							

Tabla A6.2.- Emisiones de CO₂ por sector (Cifras en Gg de CO₂ equivalente)

	1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
Total (Emisión Bruta)	228.446,83	255.255,70	334.020,63	351.384,17	367.996,87	358.418,06	366.366,37
1. Procesado de la energía	207.118,87	234.847,74	307.586,92	324.325,25	339.873,66	329.931,60	338.144,87
A. Actividades de combustión	205.340,89	232.932,27	305.597,09	322.071,87	337.631,97	327.527,11	335.568,86
1. Industrias del sector energético	77.356,89	86.200,91	105.754,15	115.107,31	125.178,24	116.199,14	122.137,31
2. Industrias manufactureras y de la construcción	46.196,49	52.782,49	67.874,29	69.964,17	70.721,35	68.943,79	67.542,86
3. Transporte	56.506,50	65.588,65	94.864,20	98.544,47	102.653,41	105.586,25	109.142,05
4. Otros sectores	25.281,01	28.360,21	37.104,45	38.455,94	39.078,97	36.797,92	36.746,64
5. Otros							
B. Emisiones fugitivas de los combustibles	1.777,99	1.915,47	1.989,82	2.253,38	2.241,70	2.404,50	2.576,02
1. Combustibles sólidos	17,63	13,38	72,03	72,80	89,91	124,94	93,53
2. Petróleo y gas natural	1.760,36	1.902,09	1.917,79	2.180,58	2.151,79	2.279,56	2.482,49
2. Procesos Industriales	20.002,78	19.364,23	25.170,27	25.793,24	26.867,48	27.262,35	26.994,27
A. Productos minerales	15.659,31	16.114,21	21.123,32	21.606,05	22.224,41	22.616,89	22.344,97
B. Industria química	832,10	794,32	750,89	706,21	726,56	696,59	735,91
C. Producción metalúrgica	3.511,37	2.455,70	3.296,06	3.480,98	3.916,51	3.948,87	3.913,39
D. Otras industrias							
E. Producción de halocarburos y SF ₆							
F. Consumo de halocarburos y SF ₆							
G. Otros							
3. Uso de disolventes y de otros productos	1.022,05	915,78	1.240,04	1.247,90	1.238,39	1.206,96	1.210,44
4. Agricultura	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
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							
5. Cambios de uso del suelo y silvicultura							
6. Tratamiento y eliminación de residuos	303,13	127,94	23,40	17,78	17,33	17,14	16,78
A. Depósito en vertederos	218,47	99,89	15,88	13,89	13,59	13,29	12,53
B. Tratamiento de aguas residuales							
C. Incineración de residuos	84,66	28,05	7,52	3,89	3,74	3,85	4,26
D. Otros							
7. Otros							

Tabla A6.3.- Emisiones de CH₄ por sector (Cifras en Gg de CO₂ equivalente)

	1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
Total (Emisión Bruta)	28.587,41	31.819,76	38.336,36	38.071,42	37.944,16	38.510,51	39.058,70
1. Procesado de la energía	3.627,84	3.389,46	2.840,68	2.964,21	3.014,23	2.723,16	2.607,87
A. Actividades de combustión	1.179,28	1.102,53	1.108,20	1.143,37	1.169,31	1.174,92	1.163,49
1. Industrias del sector energético	54,84	53,95	94,57	127,41	145,84	156,66	159,24
2. Industrias manufactureras y de la construcción	64,30	77,98	155,43	167,18	177,82	176,66	177,11
3. Transporte	240,77	238,75	202,26	191,16	186,64	183,78	169,44
4. Otros sectores	819,38	731,86	655,94	657,63	659,02	657,81	657,70
5. Otros							
B. Emisiones fugitivas de los combustibles	2.448,56	2.286,93	1.732,49	1.820,83	1.844,91	1.548,25	1.444,38
1. Combustibles sólidos	1.817,54	1.469,26	1.043,15	991,62	938,87	929,69	884,27
2. Petróleo y gas natural	631,02	817,67	689,34	829,21	906,04	618,55	560,11
2. Procesos Industriales	72,64	76,50	78,10	72,99	70,82	68,59	72,29
A. Productos minerales							
B. Industria química	51,49	60,77	63,57	57,49	54,96	55,04	56,60
C. Producción metalúrgica	21,15	15,73	14,52	15,50	15,86	13,55	15,68
D. Otras industrias							
E. Producción de halocarburos y SF ₆							
F. Consumo de halocarburos y SF ₆							
G. Otros							
3. Uso de disolventes y de otros productos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4. Agricultura	18.650,42	19.680,06	23.431,50	23.304,06	22.912,14	23.373,05	23.645,24
A. Fermentación entérica	11.779,63	12.043,91	14.005,24	13.696,07	13.485,88	13.331,53	13.559,54
B. Gestión del estiércol	6.230,60	7.100,44	8.666,18	8.920,57	8.845,90	9.413,45	9.457,63
C. Cultivo de arroz	227,45	137,22	297,89	309,03	300,26	268,47	268,47
D. Suelos agrícolas							
E. Quemadas planificadas de sabanas							
F. Quema en campo de residuos agrícolas	412,73	398,49	462,19	378,38	280,11	359,60	359,60
G. Otros							
5. Cambios de uso del suelo y silvicultura	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6. Tratamiento y eliminación de residuos	6.236,51	8.673,75	11.986,08	11.730,16	11.946,97	12.345,70	12.733,30
A. Depósito en vertederos	4.742,18	6.788,65	9.353,53	9.044,15	9.210,91	9.491,33	9.747,19
B. Tratamiento de aguas residuales	1.240,30	1.479,68	2.015,51	2.074,93	2.141,70	2.209,96	2.320,58
C. Incineración de residuos	0,15	0,33	0,64	0,34	0,34	0,35	0,36
D. Otros	253,88	405,08	616,40	610,74	594,02	644,06	665,18
7. Otros							

Tabla A6.4.- Emisiones de N₂O por sector (Cifras en Gg de CO₂ equivalente)

	1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
Total (Emisión Bruta)	27.747,40	26.504,20	32.392,92	31.356,97	29.687,34	30.020,30	30.470,38
1. Procesado de la energía	1.718,31	2.468,32	4.014,00	4.210,78	4.420,90	4.515,25	4.638,58
A. Actividades de combustión	1.718,28	2.468,30	4.013,93	4.210,75	4.420,83	4.515,15	4.638,55
1. Industrias del sector energético	282,60	557,97	679,24	702,96	750,97	724,84	738,94
2. Industrias manufactureras y de la construcción	400,06	454,11	596,04	612,68	618,92	616,63	609,72
3. Transporte	735,94	1.155,96	2.405,32	2.554,69	2.707,61	2.841,45	2.957,05
4. Otros sectores	299,67	300,27	333,32	340,41	343,33	332,23	332,85
5. Otros							
B. Emisiones fugitivas de los combustibles	0,03	0,02	0,07	0,04	0,07	0,10	0,03
1. Combustibles sólidos							
2. Petróleo y gas natural	0,03	0,02	0,07	0,04	0,07	0,10	0,03
2. Procesos Industriales	2.885,86	2.384,16	1.966,21	1.788,02	1.861,23	1.556,03	1.359,81
A. Productos minerales							
B. Industria química	2.884,16	2.383,82	1.965,43	1.787,63	1.860,48	1.555,39	1.359,14
C. Producción metalúrgica	1,69	0,34	0,77	0,39	0,76	0,65	0,67
D. Otras industrias							
E. Producción de halocarburos y SF ₆							
F. Consumo de halocarburos y SF ₆							
G. Otros							
3. Uso de disolventes y de otros productos	365,80	427,80	356,19	270,01	243,35	310,31	463,76
4. Agricultura	21.679,77	20.196,96	24.891,62	23.887,74	21.965,99	22.444,62	22.780,41
A. Fermentación entérica							
B. Gestión del estiércol	2.464,77	2.680,93	2.922,45	3.063,19	3.025,35	2.943,01	2.981,17
C. Cultivo de arroz							
D. Suelos agrícolas	19.089,69	17.403,76	21.884,72	20.757,85	18.890,99	19.437,03	19.734,65
E. Quemaz planificadas de sabanas							
F. Quema en campo de residuos agrícolas	125,30	112,27	84,46	66,70	49,65	64,59	64,59
G. Otros							
5. Cambios de uso del suelo y silvicultura	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6. Tratamiento y eliminación de residuos	1.097,67	1.026,95	1.164,90	1.200,41	1.195,86	1.194,08	1.227,81
A. Depósito en vertederos	15,47	7,23	1,59	1,51	1,71	1,47	1,36
B. Tratamiento de aguas residuales	1.072,24	1.012,31	1.153,27	1.193,71	1.188,93	1.187,24	1.221,02
C. Incineración de residuos	9,96	7,41	10,03	5,20	5,23	5,37	5,44
D. Otros							
7. Otros							

Tabla A6.5.- Emisiones de HFC por sector (Cifras en Gg de CO₂ equivalente)

	1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
Total (Emisión Bruta)	2.403,18	4.645,44	3.892,39	5.032,78	4.679,87	5.006,09	5.549,63
1. Procesado de la energía	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
A. Actividades de combustión	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
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	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1. Combustibles sólidos							
2. Petróleo y gas natural							
2. Procesos Industriales	2.403,18	4.645,44	3.892,39	5.032,78	4.679,87	5.006,09	5.549,63
A. Productos minerales							
B. Industria química							
C. Producción metalúrgica							
D. Otras industrias							
E. Producción de halocarburos y SF ₆	2.403,18	4.637,88	1.170,65	1.749,17	786,53	680,93	863,42
F. Consumo de halocarburos y SF ₆		7,56	2.721,75	3.283,60	3.893,34	4.325,16	4.686,21
G. Otros							
3. Uso de disolventes y de otros productos							
4. Agricultura							
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							
5. Cambios de uso del suelo y silvicultura							
6. Tratamiento y eliminación de residuos							
A. Depósito en vertederos							
B. Tratamiento de aguas residuales							
C. Incineración de residuos							
D. Otros							
7. Otros							

Tabla A6.6.- Emisiones de PFC por sector (Cifras en Gg de CO₂ equivalente)

	1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
Total (Emisión Bruta)	882,92	832,51	267,31	272,04	244,41	247,63	249,12
1. Procesado de la energía	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
A. Actividades de combustión	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
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	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1. Combustibles sólidos							
2. Petróleo y gas natural							
2. Procesos Industriales	882,92	832,51	267,31	272,04	244,41	247,63	249,12
A. Productos minerales							
B. Industria química							
C. Producción metalúrgica	882,92	832,16	190,11	182,84	143,19	134,36	123,78
D. Otras industrias							
E. Producción de halocarburos y SF ₆							
F. Consumo de halocarburos y SF ₆		0,35	77,20	89,20	101,22	113,27	125,34
G. Otros							
3. Uso de disolventes y de otros productos							
4. Agricultura							
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							
5. Cambios de uso del suelo y silvicultura							
6. Tratamiento y eliminación de residuos							
A. Depósito en vertederos							
B. Tratamiento de aguas residuales							
C. Incineración de residuos							
D. Otros							
7. Otros							

Tabla A6.7.- Emisiones de SF₆ por sector (Cifras en Gg de CO₂ equivalente)

	1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
Total (Emisión Bruta)	66,92	108,34	207,66	254,00	271,63	323,62	339,97
1. Procesado de la energía	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
A. Actividades de combustión	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
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	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1. Combustibles sólidos							
2. Petróleo y gas natural							
2. Procesos Industriales	66,92	108,34	207,66	254,00	271,63	323,62	339,97
A. Productos minerales							
B. Industria química							
C. Producción metalúrgica							
D. Otras industrias							
E. Producción de halocarburos y SF ₆							
F. Consumo de halocarburos y SF ₆	66,92	108,34	207,66	254,00	271,63	323,62	339,97
G. Otros							
3. Uso de disolventes y de otros productos							
4. Agricultura							
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							
5. Cambios de uso del suelo y silvicultura							
6. Tratamiento y eliminación de residuos							
A. Depósito en vertederos							
B. Tratamiento de aguas residuales							
C. Incineración de residuos							
D. Otros							
7. Otros							

Tabla A6.8.- Emisiones de NO_x por sector (Cifras en Gg)

	1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
Total (Emisión Bruta)	1.246,38	1.347,15	1.501,35	1.531,65	1.530,25	1.481,35	1.498,46
1. Procesado de la energía	1.201,98	1.308,95	1.462,84	1.497,27	1.498,86	1.448,12	1.465,38
A. Actividades de combustión	1.195,26	1.303,80	1.457,62	1.491,66	1.493,82	1.442,95	1.460,27
1. Industrias del sector energético	257,48	303,36	331,74	355,87	359,01	331,16	343,25
2. Industrias manufactureras y de la construcción	216,02	220,21	320,36	333,79	344,19	342,68	342,61
3. Transporte	566,48	618,28	624,35	616,56	603,08	580,06	583,18
4. Otros sectores	155,28	161,95	181,18	185,44	187,54	189,05	191,24
5. Otros							
B. Emisiones fugitivas de los combustibles	6,72	5,15	5,22	5,61	5,04	5,16	5,12
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	5,15	5,54	4,97	5,09	5,05
2. Procesos Industriales	13,35	10,84	11,22	10,33	10,88	10,52	10,18
A. Productos minerales							
B. Industria química	8,49	6,09	5,15	4,00	4,51	3,91	3,42
C. Producción metalúrgica	3,03	3,00	3,89	4,12	4,15	4,30	4,39
D. Otras industrias	1,83	1,74	2,17	2,21	2,22	2,31	2,37
E. Producción de halocarburos y SF ₆							
F. Consumo de halocarburos y SF ₆							
G. Otros							
3. Uso de disolventes y de otros productos							
4. Agricultura	29,64	26,70	26,98	23,85	20,31	22,52	22,70
A. Fermentación entérica							
B. Gestión del estiércol							
C. Cultivo de arroz							
D. Suelos agrícolas	15,03	13,61	17,13	16,07	14,52	14,99	15,17
E. Quemaz planificadas de sabanas							
F. Quema en campo de residuos agrícolas	14,61	13,09	9,85	7,78	5,79	7,53	7,53
G. Otros							
5. Cambios de uso del suelo y silvicultura							
6. Tratamiento y eliminación de residuos	1,40	0,67	0,31	0,19	0,20	0,20	0,19
A. Depósito en vertederos	0,90	0,42	0,08	0,07	0,08	0,07	0,07
B. Tratamiento de aguas residuales							
C. Incineración de residuos	0,51	0,25	0,23	0,12	0,12	0,12	0,13
D. Otros							
7. Otros							

Tabla A6.9.- Emisiones de CO por sector (Cifras en Gg)

	1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
Total (Emisión Bruta)	3.884,78	3.477,20	2.831,58	2.693,71	2.556,76	2.538,32	2.555,24
1. Procesado de la energía	3.156,72	2.777,34	1.987,68	1.906,70	1.862,27	1.767,85	1.762,88
A. Actividades de combustión	3.153,19	2.774,51	1.984,60	1.903,41	1.859,06	1.764,61	1.759,73
1. Industrias del sector energético	18,04	25,60	24,31	26,54	29,37	27,05	27,70
2. Industrias manufactureras y de la construcción	216,14	192,33	215,24	223,29	224,80	222,33	228,10
3. Transporte	2.349,52	2.016,16	1.213,27	1.120,65	1.070,83	981,51	969,62
4. Otros sectores	569,49	540,42	531,77	532,93	534,06	533,73	534,31
5. Otros							
B. Emisiones fugitivas de los combustibles	3,54	2,83	3,08	3,29	3,20	3,24	3,14
1. Combustibles sólidos	2,55	1,94	2,15	2,25	2,18	2,26	2,18
2. Petróleo y gas natural	0,99	0,89	0,93	1,04	1,03	0,98	0,97
2. Procesos Industriales	298,15	292,93	378,94	406,54	412,17	408,79	430,76
A. Productos minerales	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
B. Industria química	8,46	8,64	7,54	7,59	7,55	7,68	7,56
C. Producción metalúrgica	289,69	284,30	371,40	398,95	404,61	401,10	423,20
D. Otras industrias		0,00	0,01	0,00			
E. Producción de halocarburos y SF ₆							
F. Consumo de halocarburos y SF ₆							
G. Otros							
3. Uso de disolventes y de otros productos							
4. Agricultura	412,73	398,49	462,19	378,38	280,11	359,60	359,60
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	412,73	398,49	462,19	378,38	280,11	359,60	359,60
G. Otros							
5. Cambios de uso del suelo y silvicultura							
6. Tratamiento y eliminación de residuos	17,18	8,43	2,77	2,08	2,21	2,08	1,99
A. Depósito en vertederos	16,73	7,75	1,51	1,39	1,51	1,35	1,25
B. Tratamiento de aguas residuales							
C. Incineración de residuos	0,44	0,68	1,26	0,69	0,70	0,72	0,74
D. Otros							
7. Otros							

Tabla A6.10.- Emisiones de COVNM por sector (Cifras en Gg)

	1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
Total (Emisión Bruta)	1.095,24	1.031,11	1.039,94	1.020,02	990,45	973,63	958,22
1. Procesado de la energía	570,95	548,29	402,57	377,85	367,53	343,22	326,81
A. Actividades de combustión	507,41	476,43	335,24	310,47	300,44	282,51	268,08
1. Industrias del sector energético	8,96	8,04	9,22	9,77	10,26	9,98	9,94
2. Industrias manufactureras y de la construcción	17,25	17,32	32,05	33,97	35,87	36,20	37,07
3. Transporte	422,39	393,05	234,08	206,51	193,47	175,02	159,41
4. Otros sectores	58,80	58,02	59,89	60,23	60,83	61,32	61,67
5. Otros							
B. Emisiones fugitivas de los combustibles	63,54	71,86	67,33	67,38	67,09	60,70	58,72
1. Combustibles sólidos	0,50	0,38	0,42	0,44	0,42	0,44	0,43
2. Petróleo y gas natural	63,05	71,48	66,91	66,94	66,66	60,26	58,30
2. Procesos Industriales	56,94	46,70	59,97	65,71	61,77	66,50	66,07
A. Productos minerales	11,67	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
B. Industria química	11,39	13,99	16,09	15,30	14,57	14,42	14,25
C. Producción metalúrgica	1,58	1,68	2,17	2,37	2,33	2,37	2,41
D. Otras industrias	32,30	31,03	41,70	48,03	44,86	49,70	49,40
E. Producción de halocarburos y SF ₆							
F. Consumo de halocarburos y SF ₆							
G. Otros							
3. Uso de disolventes y de otros productos	395,64	364,36	491,85	502,94	501,98	491,95	492,70
4. Agricultura	57,89	55,89	64,82	53,07	39,28	50,43	50,43
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	57,89	55,89	64,82	53,07	39,28	50,43	50,43
G. Otros							
5. Cambios de uso del suelo y silvicultura							
6. Tratamiento y eliminación de residuos	13,83	15,87	20,72	20,45	19,89	21,53	22,20
A. Depósito en vertederos	5,36	2,45	0,39	0,34	0,33	0,33	0,31
B. Tratamiento de aguas residuales							
C. Incineración de residuos	0,13	0,11	0,09	0,05	0,05	0,05	0,05
D. Otros	8,34	13,30	20,24	20,06	19,51	21,15	21,85
7. Otros							

Tabla A6.11.- Emisiones de SO₂ por sector (Cifras en Gg)

	1990	1995	2003	2004	2005	2006	2007
Total (Emisión Bruta)	2.166,84	1.781,91	1.266,80	1.309,89	1.265,93	1.161,52	1.156,03
1. Procesado de la energía	2.146,82	1.763,54	1.249,56	1.293,71	1.250,35	1.144,92	1.139,58
A. Actividades de combustión	2.082,30	1.688,38	1.207,87	1.251,92	1.210,14	1.111,51	1.111,02
1. Industrias del sector energético	1.604,01	1.199,86	986,41	1.040,53	1.013,21	914,67	905,33
2. Industrias manufactureras y de la construcción	334,05	343,31	126,07	115,62	110,58	109,14	113,43
3. Transporte	84,90	80,88	53,24	54,84	45,72	49,98	58,27
4. Otros sectores	59,34	64,33	42,16	40,93	40,63	37,73	34,00
5. Otros							
B. Emisiones fugitivas de los combustibles	64,52	75,16	41,69	41,79	40,22	33,41	28,56
1. Combustibles sólidos	0,04	0,03	0,03	0,04	0,03	0,04	0,03
2. Petróleo y gas natural	64,48	75,13	41,65	41,75	40,18	33,37	28,52
2. Procesos Industriales	14,40	13,54	12,04	11,99	12,42	12,60	12,45
A. Productos minerales							
B. Industria química	9,76	8,88	6,09	5,75	6,09	6,35	6,27
C. Producción metalúrgica	4,27	4,24	5,48	5,74	5,83	5,78	5,76
D. Otras industrias	0,37	0,43	0,47	0,49	0,50	0,47	0,42
E. Producción de halocarburos y SF ₆							
F. Consumo de halocarburos y SF ₆							
G. Otros							
3. Uso de disolventes y de otros productos							
4. Agricultura	4,41	4,26	4,94	4,04	2,99	3,84	3,84
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	4,41	4,26	4,94	4,04	2,99	3,84	3,84
G. Otros							
5. Cambios de uso del suelo y silvicultura							
6. Tratamiento y eliminación de residuos	1,22	0,57	0,27	0,15	0,16	0,16	0,16
A. Depósito en vertederos	0,79	0,36	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05
B. Tratamiento de aguas residuales							
C. Incineración de residuos	0,42	0,21	0,21	0,10	0,11	0,11	0,11
D. Otros							
7. Otros							

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 2000 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 corriente

considerado y el “año de referencia 90/95”¹ (en lo sucesivo año 90/95), 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 corriente considerado y el año 90/95, 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 90/95 y el año corriente considerado, expresado como porcentaje, resultante de un aumento del 1% en las emisiones de una fuente y gas dados tanto en el año 90/95 como en el año corriente considerado.

- Sensibilidad tipo B.

Representa el cambio en la diferencia en las emisiones del inventario entre el año 90/95 y el año corriente considerado, expresado como porcentaje, resultante de un aumento del 1% en las emisiones de una fuente y gas dados sólo en el año corriente considerado.

Conceptualmente, la sensibilidad de tipo A surge de incertidumbres que afectan por igual al año 90/95 y al año corriente considerado, mientras que la sensibilidad de tipo B surge de incertidumbres que afectan sólo al año corriente considerado. Las incertidumbres que están correlacionadas a lo largo de los años se asocian normalmente con la sensibilidad

¹ El término “año de referencia 90/95” corresponde a un año híbrido en que para los compuestos fluorados se selecciona el año 1995 y para el resto de contaminantes el año 1990, de la edición actual del inventario. Se reserva el término “año base” para referirse al año de referencia 90/95 de la edición 2006, serie 1990-2004, del inventario, edición verificada en 2007 por el equipo comisionado al efecto por la SCMCC y en la que quedó fijada la Cantidad Asignada que se tomará como referencia para evaluar el cumplimiento, por parte de España, de su compromiso con el Protocolo de Kioto en el periodo 2008-2012.

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 Guía de Buenas Prácticas 2000 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 90/95, se han tomado el 2004 y 2005, como más recientes entre los últimos disponibles, excepción hecha del año 2006 para el que una parte de la información de base es, a la fecha de elaboración del inventario, todavía provisional.
- C Emisiones por categoría fuente y gas, en términos de CO₂-equivalente, en el año 90/95. 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 CO₂, CH₄ y N₂O, y el año 1995 para los gases fluorados.
- D Emisiones por categoría fuente y gas, en términos de CO₂-equivalente, en los años respectivos 2005 y 2006. Los datos introducidos son los valores centrales de las emisiones estimadas en el inventario para los años 2005 y 2006. La información se presenta en sendas tablas del citado anexo para cada año de referencia, una para el año 2005 y otra para el año 2006.
- 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 Guía de Buenas Prácticas 2000 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”; y capítulo 8 “Residuos”):

- Como referencias principales se han considerado el Manual de Referencia 1996 IPCC, la Guía de Buenas Prácticas 2000 IPCC y la Guía 2006 IPCC.
- 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, el análisis de la variabilidad de los balances de combustibles (oferta vs. demanda y errores estadísticos) y la proveniente de los cuestionarios individualizados a plantas.
 - Para los factores de emisión de CO₂ en la combustión, el 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 CH₄ y de N₂O en la combustión se han tomado bandas amplias que cubran la variabilidad observada en las referencias de IPCC y el Libro Guía 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 expuesta en el Libro Guía 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 CH₄ y N₂O 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 CH₄ y N₂O 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 SF₆, 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 2005 y 2006 siguiendo el enfoque de nivel 1 propuesto en la Guía de Buenas Prácticas 2000 IPCC. Las tablas dispuestas a continuación reproducen la estructura y fórmulas de la tabla 6.1 de dicho documento.

Cabe mencionar que la incertidumbre global resultante está referida a las emisiones totales nacionales de gases de efecto invernadero, sin contabilizar la cantidad de CO₂-eq captado por los sumideros ni las emisiones de los incendios forestales, ambas integradas en el sector UTCUTS. 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 2005

A		B	C	D			E	F	G
Fuentes claves (Año 2005)		Gas	Emisiones Año de referencia 90/95 (Gg CO ₂ -eq)	Emisiones Año 2005 (Gg CO ₂ -eq)	Contribución Nivel 2005 (%)	Acumulado Nivel 2005 (%)	Incertidumbre VA (%)	Incertidumbre FE (%)	Incertidumbre propagada (%)
Código IPCC	Descripción categoría								
1A1a	Producción de electricidad y calor en CCTT de servicio público - Sólido	CO ₂	57.787	75.996	17,2	17	2	4	4,5
1A3b	Transporte por carretera - Diésel	CO ₂	24.436	69.417	15,7	33	5	2,2	5,5
1A2	Combustión - Sector industria - Gaseoso	CO ₂	8.439	37.877	8,6	42	5	1,5	5,2
1A4	Combustión - Otros sectores - Líquido	CO ₂	21.680	27.688	6,3	48	15	2,2	15,2
1A2	Combustión - Sector industria - Líquido	CO ₂	24.520	27.368	6,2	54	10	3,2	10,5
1A3b	Transporte por carretera - Gasolina	CO ₂	25.928	23.113	5,2	59	3	2,1	3,7
1A1a	Producción de electricidad y calor en CCTT de servicio público - Gaseoso	CO ₂	427	20.375	4,6	64	1,75	1,5	2,3
2A1	Producción de cemento	CO ₂	12.534	17.141	3,9	68	1,5	8,3	8,4
4A	Fermentación entérica en ganado doméstico	CH ₄	11.780	13.486	3,1	71	3	11	11,4
1A1a	Producción de electricidad y calor en CCTT de servicio público - Líquido	CO ₂	6.007	12.964	2,9	74	1,5	2	2,5
1A1b	Refino de petróleo - Líquido	CO ₂	10.861	11.622	2,6	76	3,5	2,7	4,4
1A4	Combustión - Otros sectores - Gaseoso	CO ₂	1.319	10.839	2,5	79	5	1,5	5,2
4D1	Suelos agrícolas - Emisiones directas	N ₂ O	10.106	9.522	2,2	81	18	400	400,4
6A	Depósito en vertederos	CH ₄	4.742	9.211	2,1	83	30	70,4	76,5
4B	Gestión de estiércol	CH ₄	6.231	8.846	2,0	85	3	11	11,4
4D3	Suelos agrícolas - Emisiones indirectas	N ₂ O	7.515	7.580	1,7	87	188	50	194,5
1A3a	Aviación civil	CO ₂	4.130	6.854	1,6	88	35	5	35,4
1A2	Combustión - Sector industria - Sólido	CO ₂	13.238	5.099	1,2	90	5	15,1	15,9
2F	Consumo de halocarburos y SF ₆	HFC&PFC	8	4.426	1,0	91	100	141	172,9
2-2A1-2A2-2A3-2C1	Otros procesos industriales	CO ₂	2.635	3.543	0,8	91	50	20	53,9
4B	Gestión de estiércol	N ₂ O	2.465	3.025	0,7	92	16	100	101,3
1A3b	Transporte por carretera	N ₂ O	679	2.613	0,6	93	10	50	51,0
1A3d	Tráfico marítimo nacional	CO ₂	1.500	2.513	0,6	93	50	3,2	50,1
2C1	Producción de hierro y acero	CO ₂	2.491	2.298	0,5	94	3	4,9	5,7
2A3	Uso de piedra caliza y dolomita	CO ₂	1.220	2.293	0,5	94	10	2	10,2
1B2	Emisiones fugitivas asociadas a petróleo y gas natural	CO ₂	1.760	2.152	0,5	95	10	25	26,9
6B	Tratamiento de aguas residuales	CH ₄	1.240	2.142	0,5	95	200	100	223,6
2E1	Emisiones HFC-23 de la fabricación de HCFC-22	HFC	4.638	334	0,1	95	15	20	25,0
1A4	Combustión - Otros sectores - Sólido	CO ₂	2.282	552	0,1	95	20	15,1	25,1
2B2	Producción de ácido nítrico	N ₂ O	2.884	1.860	0,4	96	2	10	10,2
1A1c	Comb.estacionaria- Manufactura de combustibles sólidos y otras - Sólido	CO ₂	1.847	943	0,2	96	5	5	7,1
1B1	Emisiones fugitivas asociadas a combustibles sólidos	CH ₄	1.818	939	0,2	96	5	40	40,3
1A1b	Refino de petróleo - Gaseoso	CO ₂	45	1.470	0,3	97	3,5	3	4,6
2C3	Producción de aluminio	PFC	832	143	0,0	97	1	20	20,0
***	Otras fuentes de emisión	***	10.344	14.907	3,4	100	100	100	141,4
Emisiones totales brutas			290.368	441.150					

(*) 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 2005 (Continuación)

A		B	H	SN	I	J	K	L	M
Fuentes claves (Año 2005)		Gas	Incertidumbre combinada (% Emisiones totales 2005)	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 ₂	0,8	N	-0,041	0,262	-0,16	0,74	0,76
1A3b	Transporte por carretera - Diésel	CO ₂	0,9	N	0,111	0,239	0,24	1,69	1,71
1A2	Combustión - Sector industria - Gaseoso	CO ₂	0,4	N	0,086	0,130	0,13	0,92	0,93
1A4	Combustión - Otros sectores - Líquido	CO ₂	1,0	N	-0,018	0,095	-0,04	2,02	2,02
1A2	Combustión - Sector industria - Líquido	CO ₂	0,7	N	-0,034	0,094	-0,11	1,33	1,34
1A3b	Transporte por carretera - Gasolina	CO ₂	0,2	N	-0,056	0,080	-0,12	0,34	0,36
1A1a	Producción de electricidad y calor en CCTT de servicio público - Gaseoso	CO ₂	0,1	N	0,068	0,070	0,10	0,17	0,20
2A1	Producción de cemento	CO ₂	0,3	N	-0,007	0,059	-0,05	0,13	0,14
4A	Fermentación entérica en ganado doméstico	CH ₄	0,3	N	-0,015	0,046	-0,17	0,20	0,26
1A1a	Producción de electricidad y calor en CCTT de servicio público - Líquido	CO ₂	0,1	N	0,013	0,045	0,03	0,09	0,10
1A1b	Refino de petróleo - Líquido	CO ₂	0,1	N	-0,017	0,040	-0,05	0,20	0,20
1A4	Combustión - Otros sectores - Gaseoso	CO ₂	0,1	N	0,030	0,037	0,05	0,26	0,27
4D1	Suelos agrícolas - Emisiones directas	N ₂ O	8,6	N	-0,020	0,033	-8,03	0,83	8,07
6A	Depósito en vertederos	CH ₄	1,6	S	0,007	0,032	0,49	0,21	0,53
4B	Gestión de estiércol	CH ₄	0,2	S	-0,002	0,030	-0,02	-0,01	0,02
4D3	Suelos agrícolas - Emisiones indirectas	N ₂ O	3,3	S	-0,013	0,026	-0,66	-2,48	2,57
1A3a	Aviación civil	CO ₂	0,5	N	0,002	0,024	0,01	1,17	1,17
1A2	Combustión - Sector industria - Sólido	CO ₂	0,2	N	-0,052	0,018	-0,78	0,12	0,79
2F	Consumo de halocarburos y SF ₆	HFC&PFC	1,7	S	0,015	0,015	2,14	1,52	2,63
2-2A1-2A2-2A3-2C1	Otros procesos industriales	CO ₂	0,4	N	-0,002	0,012	-0,03	0,86	0,86
4B	Gestión de estiércol	N ₂ O	0,7	S	-0,002	0,010	-0,25	-0,04	0,25
1A3b	Transporte por carretera	N ₂ O	0,3	N	0,005	0,009	0,27	0,13	0,30
1A3d	Tráfico marítimo nacional	CO ₂	0,3	N	0,001	0,009	0,00	0,61	0,61
2C1	Producción de hierro y acero	CO ₂	0,0	N	-0,005	0,008	-0,03	0,03	0,04
2A3	Uso de piedra caliza y dolomita	CO ₂	0,1	N	0,002	0,008	0,00	0,11	0,11
1B2	Emisiones fugitivas asociadas a petróleo y gas natural	CO ₂	0,1	N	-0,002	0,007	-0,04	0,10	0,11
6B	Tratamiento de aguas residuales	CH ₄	1,1	N	0,001	0,007	0,09	2,09	2,09
2E1	Emisiones HFC-23 de la fabricación de HCFC-22	HFC	0,0	N	-0,023	0,001	-0,46	0,02	0,46
1A4	Combustión - Otros sectores - Sólido	CO ₂	0,0	N	-0,010	0,002	-0,15	0,05	0,16
2B2	Producción de ácido nítrico	N ₂ O	0,0	N	-0,009	0,006	-0,09	0,02	0,09
1A1c	Comb.estacionaria- Manufactura de combustibles sólidos y otras - Sólido	CO ₂	0,0	N	-0,006	0,003	-0,03	0,02	0,04
1B1	Emisiones fugitivas asociadas a combustibles sólidos	CH ₄	0,1	N	-0,006	0,003	-0,25	0,02	0,25
1A1b	Refino de petróleo - Gaseoso	CO ₂	0,0	N	0,005	0,005	0,01	0,03	0,03
2C3	Producción de aluminio	PFC	0,0	N	-0,004	0,000	-0,08	0,00	0,08
***	Otras fuentes de emisión	***	4,8	N	-0,003	0,051	-0,28	7,26	7,27
Incertidumbre en las emisiones brutas			10,9	Incertidumbre en la tendencia (diferencias año 2005 y "año referencia 90/05"):					12,3
				Incertidumbre en la tendencia (% respecto al valor central estimado para el "año de referencia 90/95"):					6,4

Tabla A7.2.- Cálculo de incertidumbre para las emisiones GEI con el método IPCC de nivel 1 - Año 2006

A		B	C	D			E	F	G
Fuentes claves (Año 2006)		Gas	Emisiones Año de referencia 90/95 (Gg CO ₂ -eq)	Emisiones Año 2006 (Gg CO ₂ -eq)	Contribución Nivel 2006 (%)	Acumulado Nivel 2006 (%)	Incertidumbre VA (%)	Incertidumbre FE (%)	Incertidumbre propagada (%)
Código IPCC	Descripción categoría								
1A3b	Transporte por carretera - Diésel	CO ₂	24.436	72.962	16,8	17	5	2,2	5,5
1A1a	Producción de electricidad y calor en CCTT de servicio público - Sólido	CO ₂	57.787	65.583	15,1	32	2	4	4,5
1A2	Combustión - Sector industria - Gaseoso	CO ₂	8.439	37.139	8,6	41	5	1,5	5,2
1A2	Combustión - Sector industria - Líquido	CO ₂	24.520	26.743	6,2	47	10	3,2	10,5
1A4	Combustión - Otros sectores - Líquido	CO ₂	21.680	25.875	6,0	53	15	2,2	15,2
1A1a	Producción de electricidad y calor en CCTT de servicio público - Gaseoso	CO ₂	427	23.857	5,5	58	1,75	1,5	2,3
1A3b	Transporte por carretera - Gasolina	CO ₂	25.928	22.054	5,1	63	3	2,1	3,7
2A1	Producción de cemento	CO ₂	12.534	17.322	4,0	67	1,5	8,3	8,4
4A	Fermentación entérica en ganado doméstico	CH ₄	11.780	13.332	3,1	70	3	11	11,4
1A1b	Refino de petróleo - Líquido	CO ₂	10.861	11.683	2,7	73	3,5	2,7	4,4
1A1a	Producción de electricidad y calor en CCTT de servicio público - Líquido	CO ₂	6.007	11.293	2,6	76	1,5	2	2,5
1A4	Combustión - Otros sectores - Gaseoso	CO ₂	1.319	10.378	2,4	78	5	1,5	5,2
4D1	Suelos agrícolas - Emisiones directas	N ₂ O	10.106	9.885	2,3	80	18	400	400,4
6A	Depósito en vertederos	CH ₄	4.742	9.491	2,2	83	30	70,4	76,5
4B	Gestión de estiércol	CH ₄	6.231	9.413	2,2	85	3	11	11,4
4D3	Suelos agrícolas - Emisiones indirectas	N ₂ O	7.515	7.774	1,8	87	188	50	194,5
1A3a	Aviación civil	CO ₂	4.130	7.204	1,7	88	35	5	35,4
2F	Consumo de halocarburos y SF ₆	HFC&PFC	8	4.799	1,1	89	100	141	172,9
1A2	Combustión - Sector industria - Sólido	CO ₂	13.238	4.683	1,1	90	5	15,1	15,9
2-2A1-2A2-2A3-2C1	Otros procesos industriales	CO ₂	2.635	3.488	0,8	91	50	20	53,9
4B	Gestión de estiércol	N ₂ O	2.465	2.943	0,7	92	16	100	101,3
1A3d	Tráfico marítimo nacional	CO ₂	1.500	2.763	0,6	93	50	3,2	50,1
1A3b	Transporte por carretera	N ₂ O	679	2.743	0,6	93	10	50	51,0
2A3	Uso de piedra caliza y dolomita	CO ₂	1.220	2.473	0,6	94	10	2	10,2
2C1	Producción de hierro y acero	CO ₂	2.491	2.353	0,5	94	3	4,9	5,7
1B2	Emisiones fugitivas asociadas a petróleo y gas natural	CO ₂	1.760	2.280	0,5	95	10	25	26,9
6B	Tratamiento de aguas residuales	CH ₄	1.240	2.210	0,5	95	200	100	223,6
2E1	Emisiones HFC-23 de la fabricación de HCFC-22	HFC	4.638	517	0,1	95	15	20	25,0
1A4	Combustión - Otros sectores - Sólido	CO ₂	2.282	545	0,1	96	20	15,1	25,1
2B2	Producción de ácido nítrico	N ₂ O	2.884	1.555	0,4	96	2	10	10,2
1A1c	Comb.estacionaria- Manufactura de combustibles sólidos y otras - Sólido	CO ₂	1.847	888	0,2	96	5	5	7,1
1B1	Emisiones fugitivas asociadas a combustibles sólidos	CH ₄	1.818	930	0,2	96	5	40	40,3
1A1b	Refino de petróleo - Gaseoso	CO ₂	45	1.232	0,3	97	3,5	3	4,6
2C3	Producción de aluminio	PFC	832	134	0,0	97	1	20	20,0
***	Otras fuentes de emisión	***	10.344	14.544	3,4	100	100	100	141,4
Emisiones totales brutas			290.368	433.070					

(*) 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 2006 (Continuación)

A		B	H	SN	I	J	K	L	M
Fuentes claves (Año 2006)		Gas	Incertidumbre combinada (% Emisiones totales 2006)	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								
1A3b	Transporte por carretera - Diésel	CO ₂	0,9	N	0,126	0,251	0,28	1,78	1,80
1A1a	Producción de electricidad y calor en CCTT de servicio público - Sólido	CO ₂	0,7	N	-0,071	0,226	-0,28	0,64	0,70
1A2	Combustión - Sector industria - Gaseoso	CO ₂	0,4	N	0,085	0,128	0,13	0,90	0,91
1A2	Combustión - Sector industria - Líquido	CO ₂	0,6	N	-0,034	0,092	-0,11	1,30	1,31
1A4	Combustión - Otros sectores - Líquido	CO ₂	0,9	N	-0,022	0,089	-0,05	1,89	1,89
1A1a	Producción de electricidad y calor en CCTT de servicio público - Gaseoso	CO ₂	0,1	N	0,080	0,082	0,12	0,20	0,24
1A3b	Transporte por carretera - Gasolina	CO ₂	0,2	N	-0,057	0,076	-0,12	0,32	0,34
2A1	Producción de cemento	CO ₂	0,3	N	-0,005	0,060	-0,04	0,13	0,13
4A	Fermentación entérica en ganado doméstico	CH ₄	0,4	N	-0,015	0,046	-0,16	0,19	0,25
1A1b	Refino de petróleo - Líquido	CO ₂	0,1	N	-0,016	0,040	-0,04	0,20	0,20
1A1a	Producción de electricidad y calor en CCTT de servicio público - Líquido	CO ₂	0,1	N	0,008	0,039	0,02	0,08	0,08
1A4	Combustión - Otros sectores - Gaseoso	CO ₂	0,1	N	0,029	0,036	0,04	0,25	0,26
4D1	Suelos agrícolas - Emisiones directas	N ₂ O	9,1	N	-0,018	0,034	-7,14	0,87	7,20
6A	Depósito en vertederos	CH ₄	1,7	S	0,008	0,033	0,59	0,25	0,64
4B	Gestión de estiércol	CH ₄	0,2	S	0,000	0,032	0,00	0,00	0,00
4D3	Suelos agrícolas - Emisiones indirectas	N ₂ O	3,5	S	-0,012	0,027	-0,59	-2,22	2,30
1A3a	Aviación civil	CO ₂	0,6	N	0,004	0,025	0,02	1,23	1,23
2F	Consumo de halocarburos y SF ₆	HFC&PFC	1,9	S	0,016	0,017	2,32	1,65	2,85
1A2	Combustión - Sector industria - Sólido	CO ₂	0,2	N	-0,052	0,016	-0,78	0,11	0,79
2-2A1-2A2-2A3-2C1	Otros procesos industriales	CO ₂	0,4	N	-0,002	0,012	-0,03	0,85	0,85
4B	Gestión de estiércol	N ₂ O	0,7	S	-0,003	0,010	-0,25	-0,04	0,26
1A3d	Tráfico marítimo nacional	CO ₂	0,3	N	0,002	0,010	0,01	0,67	0,67
1A3b	Transporte por carretera	N ₂ O	0,3	N	0,006	0,009	0,30	0,13	0,33
2A3	Uso de piedra caliza y dolomita	CO ₂	0,1	N	0,002	0,009	0,00	0,12	0,12
2C1	Producción de hierro y acero	CO ₂	0,0	N	-0,005	0,008	-0,02	0,03	0,04
1B2	Emisiones fugitivas asociadas a petróleo y gas natural	CO ₂	0,1	N	-0,001	0,008	-0,03	0,11	0,11
6B	Tratamiento de aguas residuales	CH ₄	1,1	N	0,001	0,008	0,12	2,15	2,16
2E1	Emisiones HFC-23 de la fabricación de HCFC-22	HFC	0,0	N	-0,022	0,002	-0,44	0,04	0,44
1A4	Combustión - Otros sectores - Sólido	CO ₂	0,0	N	-0,010	0,002	-0,15	0,05	0,16
2B2	Producción de ácido nítrico	N ₂ O	0,0	N	-0,009	0,005	-0,09	0,02	0,10
1A1c	Comb.estacionaria- Manufactura de combustibles sólidos y otras - Sólido	CO ₂	0,0	N	-0,006	0,003	-0,03	0,02	0,04
1B1	Emisiones fugitivas asociadas a combustibles sólidos	CH ₄	0,1	N	-0,006	0,003	-0,25	0,02	0,25
1A1b	Refino de petróleo - Gaseoso	CO ₂	0,0	N	0,004	0,004	0,01	0,02	0,02
2C3	Producción de aluminio	PFC	0,0	N	-0,004	0,000	-0,08	0,00	0,08
***	Otras fuentes de emisión	***	4,7	N	-0,003	0,050	-0,30	7,08	7,09
Incertidumbre en las emisiones brutas			11,4	Incertidumbre en la tendencia (diferencias año 2006 y "año referencia 90/05"):					11,6
				Incertidumbre en la tendencia (% respecto al valor central estimado para el "año de referencia 90/95"):					5,7

ANEXO 8.- FACTORES DE EMISIÓN DE CO₂ Y PCI DE LOS COMBUSTIBLES

En este anexo se presenta la información, por defecto, que sobre factores de emisión de CO₂ y poderes caloríficos inferiores (PCI) de los combustibles, se han considerado en la edición 1990-2007 del inventario nacional cuando no se disponía de información específica más detallada.

Tabla A8.1.- Factores de emisión de CO₂ y poderes caloríficos por defecto para el inventario 2007

Combustible	Factor de emisión de CO ₂ (tCO ₂ /TJ) (sin factor de oxidación)	Factor de oxidación	Factor de emisión de CO ₂ (tCO ₂ /TJ) incluye factor de oxidación	Poder Calorífico Inferior (PCI)	
				GJ _{PCI} /Unidad	Unidad
Gas natural (2) (3)	56,3	0,995	56	38,35	miles m ³ N
Fuelóleo (4)	76,8	0,99	76	40,18	toneladas
Gasóleo	73,7	0,99	73	42,4	toneladas
GLP genérico	65,7	0,99	65	45,5	toneladas
Propano	64,2	0,99	63,6	46,2	toneladas
Butano	66,9	0,99	66,2	44,78	toneladas

(1) El PCI también se puede expresar en relación a la masa, siendo su valor de 48,48 GJ / tonelada

(2) Para el paso de PCS a PCI en el gas natural se utiliza el factor de conversión de 0,901

(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

Tabla A8.2.- Sector: Siderurgia

Combustible	Factor de emisión bruto (1) (kg CO ₂ /GJ _{PCI})	Factor de oxidación	Factor de emisión (kg CO ₂ /GJ _{PCI})	PCI (GJ/t)
Antracita (2)	98,3	0,98	96,3	30,26
Carbón coquizable (2)	93,7	0,98	91,8	28,4
Coque (3)	107,1	0,98	105	30,3
Coque de petróleo	99,3	0,99	98,3	32,5
Fuelóleo (4)	76,8	0,99	76	40,18
Gasóleo	73,7	0,99	73	42,4
Gas natural (5) (6)	56,3	0,995	56	48,48
GLP genérico	65,7	0,99	65	45,5
Propano	64,2	0,99	63,6	46,2
Butano	66,9	0,99	66,2	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)	54,4	0,995	54,1	48,3

(1) Factor de emisión sin la aplicación del factor de oxidación

(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 2007 (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, N° 1 y N° 2

(5) El PCI también se puede expresar en relación al volumen, siendo su valor de 38,35 GJ / miles m³N

(6) Para el paso de PCS a PCI en el gas natural se utiliza el factor de conversión de 0,901

(7) Valores específicos de planta y año

(8) Valor calculado en base a información disponible de refinerías suministradoras.

Tabla A8.3.- Sector: Cemento

Combustible	Factor de emisión bruto (1) (kg CO ₂ /GJ _{PCI})	Factor de oxidación	Factor de emisión (kg CO ₂ /GJ _{PCI})	PCI (GJ/t)
Carbón nacional (2)	114,3	0,98	112	20,51
Carbón de importación (2)	101,0	0,98	99	25,53
Coque de petróleo	99,3	0,99	98,3	32,5
Fuelóleo (3)	76,8	0,99	76	40,18
Gasóleo	73,7	0,99	73	42,4
Gas natural (4) (5)	56,3	0,995	56	48,48
GLP genérico	65,7	0,99	65	45,5
Propano	64,2	0,99	63,6	46,2
Butano	66,9	0,99	66,2	44,78
Neumáticos	83,7	0,98	82	31,39
Aceites usados	73,7	0,99	73	40,19
Disolventes	83,8	0,99	83	33,27

(1) Factor de emisión sin la aplicación del factor de oxidación

(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, N° 1 y N° 2

(4) El PCI también se puede expresar en relación al volumen, siendo su valor de 38,35 GJ / miles m³N

(5) Para el paso de PCS a PCI en el gas natural se utiliza el factor de conversión de 0,901

Tabla A8.4.- Sector: Cal

Combustible	Factor de emisión bruto (1) (kg CO ₂ /GJ _{PCI})	Factor de oxidación	Factor de emisión (kg CO ₂ /GJ _{PCI})	PCI (GJ/t)
Antracita	100,3	0,98	98,3	28,646
Coque siderúrgico	110,3	0,98	108,09	36,819
Coque de petróleo	101,8	0,99	100,76	35,564
Fuelóleo (2)	76,8	0,99	76	40,18
Gasóleo	73,7	0,99	73	42,4
Gas natural (3) (4)	56,3	0,995	56	48,48

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 emisión sin la aplicación del factor de oxidación

(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 38,35 GJ / miles m³N

(4) Para el paso de PCS a PCI en el gas natural se utiliza el factor de conversión de 0,901

Tabla A8.5.- Sector: Vidrio

Combustible	Factor de emisión bruto (1) (kg CO ₂ /GJ _{PCI})	Factor de oxidación	Factor de emisión (kg CO ₂ /GJ _{PCI})	PCI (GJ/t)
Coque metalúrgico (2)	107,1	0,98	105	30,3
Fuelóleo (3)	76,8	0,99	76	40,18
Gasóleo	73,7	0,99	73	42,4
Gas natural (4) (5)	56,3	0,995	56	48,48
GLP genérico	65,7	0,99	65	45,5
Propano	64,2	0,99	63,6	46,2
Butano	66,9	0,99	66,2	44,78

(1) Factor de emisión sin la aplicación del factor de oxidación

(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 38,35 GJ / miles m³N

(5) Para el paso de PCS a PCI en el gas natural se utiliza el factor de conversión de 0,901

Tabla A8.6.- Sector: Fritas de vidrio

Combustible	Factor de emisión bruto (1) (kg CO ₂ /GJ _{PCI})	Factor de oxidación	Factor de emisión (kg CO ₂ /GJ _{PCI})	PCI (GJ/t)
Fuelóleo (2)	76,8	0,99	76	40,18
Gasóleo	73,7	0,99	73	42,4
Gas natural (3) (4)	56,3	0,995	56	48,48
GLP genérico	65,7	0,99	65	45,5
Propano	64,2	0,99	63,6	46,2
Butano	66,9	0,99	66,2	44,78

(1) Factor de emisión sin la aplicación del factor de oxidación

(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 38,35 GJ / miles m³N

(4) Para el paso de PCS a PCI en el gas natural se utiliza el factor de conversión de 0,901

Tabla A8.7.- Sector: Ladrillos y tejas

Combustible	Factor de emisión bruto (1) (kg CO ₂ /GJ _{PCI})	Factor de oxidación	Factor de emisión (kg CO ₂ /GJ _{PCI})	PCI (GJ/t)
Coque de petróleo (2)	99,3	0,99	98,3	32,5
Fuelóleo (3)	76,8	0,99	76	40,18
Gasóleo	73,7	0,99	73	42,4
Gas natural (4) (5)	56,3	0,995	56	48,48

(1) Factor de emisión sin la aplicación del factor de oxidación

(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, N° 1 y N° 2

(4) El PCI también se puede expresar en relación al volumen, siendo su valor de 38,35 GJ / miles m³N

(5) Para el paso de PCS a PCI en el gas natural se utiliza el factor de conversión de 0,901

Tabla A8.8.- Sector: Azulejos y baldosas

Combustible	Factor de emisión bruto (1) (kg CO ₂ /GJ _{PCI})	Factor de oxidación	Factor de emisión (kg CO ₂ /GJ _{PCI})	PCI (GJ/t)
Fuelóleo (2)	76,8	0,99	76	40,18
Gas natural (3) (4)	56,3	0,995	56	48,48
GLP genérico	65,7	0,99	65	45,5
Propano	64,2	0,99	63,6	46,2
Butano	66,9	0,99	66,2	44,78

(1) Factor de emisión sin la aplicación del factor de oxidación

(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 38,35 GJ / miles m³N

(4) Para el paso de PCS a PCI en el gas natural se utiliza el factor de conversión de 0,901

Tabla A8.9.- Sector: Pasta de papel, papel y cartoncillo

Combustible	Factor de emisión bruto (1) (kg CO ₂ /GJ _{PCI})	Factor de oxidación	Factor de emisión (kg CO ₂ /GJ _{PCI})	PCI (GJ/t)
Hulla y antracita (2)	-	-	-	-
Lignito negro (2)	-	-	-	-
Coque de petróleo (2)	-	-	-	-
Fuelóleo (3)	76,8	0,99	76	40,18
Gasóleo	73,7	0,99	73	42,4
Gas natural (4) (5)	56,3	0,995	56	48,48
GLP genérico	65,7	0,99	65	45,5
Propano	64,2	0,99	63,6	46,2
Butano	66,9	0,99	66,2	44,78

(1) Factor de emisión sin la aplicación del factor de oxidación

(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, N° 1 y N° 2

(4) El PCI también se puede expresar en relación al volumen, siendo su valor de 38,35 GJ / miles m³N

(5) Para el paso de PCS a PCI en el gas natural se utiliza el factor de conversión de 0,901