



**Comunidad
de Madrid**

**DIRECCIÓN GENERAL DEL MEDIO AMBIENTE
Y SOSTENIBILIDAD**

**SUBDIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD
AMBIENTAL Y ECONOMÍA CIRCULAR**

ÁREA DE CALIDAD ATMOSFÉRICA

INVENTARIO DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA EN LA COMUNIDAD DE MADRID

Años 1990-2016

Volumen 5.1: documento de síntesis



Junio 2018

Índice de contenidos

1. Introducción.....	5
1.1. Estructura del inventario.....	6
1.2. Abreviaturas	6
2. Metodología	8
2.1. Contaminantes estudiados	9
2.2. Actividades emisoras	11
2.3. Principales referencias metodológicas.....	15
3. Síntesis de los resultados	16
3.1. Síntesis de los resultados en formato SNAP	16
3.2. Síntesis de los resultados en formato CRF.....	52
3.3. Análisis de las emisiones indirectas de GEI	57

Índice de tablas

Tabla 1. Bloque 1 de contaminantes estudiados: acidificadores, precursores de ozono y gases de efecto invernadero.....	9
Tabla 2. Bloque 2 de contaminantes estudiados: metales pesados y partículas.....	10
Tabla 3. Bloque 3 de contaminantes estudiados: contaminantes orgánicos persistentes.....	10
Tabla 4. Actividades incluidas en el grupo 1 "Energía" de la clasificación CRF	13
Tabla 5. Actividades incluidas en el grupo 2 "Procesos industriales" de la clasificación CRF.....	14
Tabla 6. Actividades incluidas en el grupo 3 "Uso de disolventes y otros productos" de la clasificación CRF14	
Tabla 7. Actividades incluidas en el grupo 4 "Agricultura" de la clasificación CRF	14
Tabla 8. Actividades incluidas en el grupo 5 "Uso de la tierra, cambio del uso de la tierra y silvicultura" de la clasificación CRF	15
Tabla 9. Actividades incluidas en el grupo 6 "Residuos" de la clasificación CRF	15
Tabla 10. Emisiones de acidificadores, precursores de ozono y gases de efecto invernadero en el año 2016	17
Tabla 11. Emisiones de metales y partículas en suspensión en el año 2016.....	18
Tabla 12. Emisiones de contaminantes orgánicos persistentes en el año 2016.....	19
Tabla 13. Emisiones de GEI en la Comunidad de Madrid en el año 2016 (kt CO ₂ eq).....	54
Tabla 14. Emisiones de GEI en la Comunidad de Madrid en el año 1990 (kt CO ₂ eq).....	55
Tabla 15. Consumo de energía eléctrica en los diferentes sectores de la Comunidad de Madrid según el balance de energía (ktep)	58

Tabla 16. Energía eléctrica generada en la Comunidad de Madrid	58
Tabla 17. Factores de emisión del consumo eléctrico (Kg CO ₂ /kWh)	59
Tabla 18. Emisiones resultantes del consumo de energía eléctrica importada en los distintos sectores de la Comunidad de Madrid (KtCO ₂)	59

Índice de figuras

Figura 1. Evolución de las emisiones de SO _x (t/año)	20
Figura 2. Evolución de las emisiones de NO _x (t/año).....	21
Figura 3. Evolución de las emisiones de COVsNM (t/año)	22
Figura 4. Evolución de las emisiones de CH ₄ (t/año).....	23
Figura 5. Evolución de las emisiones de CO (t/año).....	24
Figura 6. Evolución de las emisiones de CO ₂ (kt/año).....	25
Figura 7. Evolución de las emisiones de N ₂ O (t/año)	26
Figura 8. Evolución de las emisiones de NH ₃ (t/año).....	27
Figura 9. Evolución de las emisiones de SF ₆ (kg/año)	28
Figura 10. Evolución de las emisiones de HFC (kg/año).....	29
Figura 11. Evolución de las emisiones de PFC (kg/año)	30
Figura 12. Evolución de las emisiones de As (kg/año)	31
Figura 13. Evolución de las emisiones de Cd (kg/año)	32
Figura 14. Evolución de las emisiones de Cr (kg/año).....	33
Figura 15. Evolución de las emisiones de Cu (kg/año)	34
Figura 16. Evolución de las emisiones de Hg (kg/año).....	35
Figura 17. Evolución de las emisiones de Ni (kg/año).....	36
Figura 18. Evolución de las emisiones de Pb (kg/año)	37
Figura 19. Evolución de las emisiones de Se (kg/año)	38
Figura 20. Evolución de las emisiones de Zn (kg/año)	39
Figura 21. Evolución de las emisiones de PM _{2,5} (t/año)	40
Figura 22. Evolución de las emisiones de PM ₁₀ (t/año).....	41
Figura 23. Evolución de las emisiones de PST (t/año).....	42
Figura 24. Evolución de las emisiones de Hexaclorociclohexano (HCH) (kg/año).....	43
Figura 25. Evolución de las emisiones de Pentaclorofenol (PCP) (kg/año).....	44
Figura 26. Evolución de las emisiones de Hexaclorobenceno (HCB) (kg/año).....	45
Figura 27. Evolución de las emisiones de DIOX (g/año).....	46
Figura 28. Evolución de las emisiones de HAP (kg/año).....	47

Figura 29. Evolución de la contribución a la formación de ozono troposférico de las emisiones de la Comunidad de Madrid.....	48
Figura 30. Evolución de la contribución a la acidificación de las emisiones atmosféricas de la Comunidad de Madrid	49
Figura 31. Evolución de las emisiones en la Comunidad de Madrid de aquellos contaminantes para los que se han establecido techos nacionales de emisión mediante la Directiva 81/2001 (emisiones del año 1990=100).....	50
Figura 32. Evolución de las emisiones en la Comunidad de Madrid de aquellos contaminantes para los que se han establecido techos nacionales de emisión mediante la Directiva 2016/2284 (emisiones del año 2005=100).....	51
Figura 33. Índice de evolución de las emisiones de gases de efecto invernadero en la Comunidad de Madrid, en la Unión Europea y en España (año base =100).....	52
Figura 34. Emisiones de GEI de los diferentes sectores analizados desde el año base hasta el año 2016 (KtCO ₂ eq)	53
Figura 35. Contribución porcentual de cada GEI al total de las emisiones en la Comunidad de Madrid en el año 2016	56
Figura 36. Emisiones de GEIs por fuente de emisión en la Comunidad de Madrid en el año 2016	56
Figura 37. Distribución sectorial de las emisiones directas de GEI de la Comunidad de Madrid en el año 2016.....	60
Figura 38. Distribución sectorial de las emisiones totales (directas+indirectas) de GEI de la Comunidad de Madrid en el año 2016	60

1. Introducción

El Inventario de emisiones a la atmósfera en la Comunidad de Madrid tiene el objetivo de cuantificar las emisiones a la atmósfera que se generan en la región madrileña desde todos los focos emisores significativos. Con este cometido, en los últimos años, el Área de Calidad Atmosférica de la Comunidad de Madrid ha venido desarrollando diferentes inventarios anuales que han analizado de manera individualizada las emisiones generadas en los años desde el 2005 al 2016, información que ha sido empleada para el desarrollo de sus competencias, ya que los datos que proporcionan estos inventarios permite analizar aspectos como:

- la concentración de contaminantes primarios en la atmósfera,
- la oxidación de origen fotoquímico,
- los flujos transfronterizos y la contaminación a larga distancia de contaminantes,
- la acidificación,
- la contribución al calentamiento general de la atmósfera,
- etc.

No obstante, la concepción anual de estos inventarios no permitía apreciar tendencias a largo plazo en cuanto a la emisión de las sustancias estudiadas, por lo que se ha llevado a cabo el cálculo de años anteriores, teniendo una evolución de las emisiones para los años 1990, 1995 y la serie 2000-2016. El primer año en el que se llevó a cabo el desarrollo de los inventarios para esta serie temporal más extensa fue el inventario del año 2010.

De este modo, en la presente versión del Inventario de emisiones a la atmósfera en la Comunidad de Madrid se han revisado todos los inventarios realizados anteriormente, cuantificándose las emisiones de las actividades, tanto antropogénicas como naturales, generadoras de los siguientes contaminantes:

- Gases de efecto invernadero (GEIs): Estos compuestos son analizados para los años 2000 a 2016, así como para los años 1990 y 1995 con el objetivo de analizar la evolución global de la contribución al cambio climático de las emisiones en relación con los compromisos adquiridos en el marco del Protocolo de Kioto.
- Otras sustancias: Las emisiones de acidificadores, precursores del ozono, metales pesados, partículas y contaminantes orgánicos persistentes son analizadas durante el mismo periodo. Igual que en el caso de los GEIs para todos los años estudiados se aplica la misma metodología.

La elaboración del Inventario se ajusta fundamentalmente a los principios y metodologías establecidas por la Agencia Europea de Medio Ambiente (EEA) y el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), que han sido adaptadas en función de la información disponible para cada uno de los sectores emisores analizados. Los datos empleados, las operaciones realizadas así como los resultados obtenidos son analizados en un conjunto de documentos que, a modo de introducción, se incluyen en el presente volumen.

1.1. Estructura del inventario

La documentación asociada al presente inventario incluye los siguientes volúmenes:

- Volumen 1: Planteamiento, metodología general y síntesis de resultados.
- Volumen 2: Análisis por actividades emisoras de la nomenclatura SNAP-97.
- Volumen 3: Motor de cálculo y tablas de resultados (versión digital exclusivamente).
- Volumen 4: Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero.
- Volumen 5: Documento de síntesis.
- Volumen 6: Desagregación temporal de las emisiones.
- Volumen 7: Inventario de emisiones del Aeropuerto de Barajas.
- Volumen 8: Sistema de información geográfica (incluye cartografía digital).
- Volumen 9: Solicitud de información (versión digital exclusivamente).
- Volumen 10: Documentación complementaria (versión digital exclusivamente).

1.2. Abreviaturas

En el presente documento se emplean las abreviaturas indicadas a continuación:

- CAD: Ciclos Aterrizaje-Despegue.
- CEPMEIP: Co-ordinated European Programme on Particulate Matter Emission Inventories, Projections and Guidance. Programa europeo coordinado acerca de inventarios de emisiones, proyecciones y asistencia de material particulado.
- CITEPA: Centro técnico interprofesional para el estudio de la contaminación atmosférica).
- CIRTRA: Circulaciones por Tramos.
- CNMC: Comisión Nacional de los mercados y la competencia.
- COD: Componente orgánico degradable.
- CORINAIR: Subprograma CORINE sobre emisiones de contaminantes a la atmósfera. NOTA: En el presente documento se emplea esta abreviatura también para hacer referencia a la metodología desarrollada en el marco de dicho subprograma, pese a que la misma ya no incluya en sus últimas versiones esta denominación.
- CORINE: Programa Europeo de Coordinación de la Información sobre el Medio Ambiente.

- COV: Compuesto orgánico volátil.
- COVNM: Compuestos orgánicos volátiles no metánicos.
- CORES: Corporación de Reservas Estratégicas de Productos Petrolíferos.
- COP: Contaminante orgánico persistente.
- CRF: Formulario Común para Informes (Common Reporting Format).
- DBO₅: Demanda biológica de oxígeno.
- DIOX: Dioxinas.
- EDAR: Estación depuradora de aguas residuales.
- EMEP: Programa Europeo de Monitoreo y Evaluación.
- PRTR: Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes.
- FENERCOM: Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid.
- GEI: Gases de efecto invernadero (incluye CO₂, CH₄, N₂O, HFC, CFC y SF₆).
- Hab: Habitante o habitantes.
- IFN4: Cuarto Inventario Forestal Nacional.
- INE: Instituto Nacional de Estadística.
- Internac: Internacional o internacionales.
- IPCC: Panel Intergubernamental para el Cambio Climático.
- IPPC: Prevención y Control Integrados de la Contaminación.
- MAGRAMA: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Anteriormente Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (MARM).
- MF25: Mapa Forestal.
- MITYC: Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.
- m.s.: Materia seca.

- NAC: Nacional o nacionales.
- OFICEMEN: Agrupación de fabricantes de cemento de España.
- PAR: Radiación Luminosa Fotosintéticamente Activa.
- PCI: Poder calorífico inferior.
- PCS: Poder calorífico superior.
- PRTR: Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes.
- SEI: Sistema Español de Inventario y Proyecciones de Emisiones de Contaminantes a la Atmósfera. Todos los documentos y tablas pertenecientes al mismo en los cuales se analizan las emisiones atmosféricas son referidos como "Inventario nacional de emisiones".
- SNAP: Selected Nomenclature for Air Pollution: Nomenclatura de actividades potencialmente contaminantes de la atmósfera.
- RCDE: Régimen de comercio de derechos de emisión.
- RSU: Residuos sólidos urbanos.
- UNECE-CLRTAP: Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (Convención sobre la contaminación atmosférica transfronteriza a larga distancia).
- Veh: Vehículo o vehículos.
- VRS: Vertederos de Residuos Sólidos.

2. Metodología

El inventario se ha desarrollado empleando la estructura más extensiva de actividades y contaminantes definida por la nomenclatura SNAP de EEA/CORINAIR, que se detalla más adelante. Para cada una de las actividades de esta nomenclatura presentes en la Comunidad de Madrid, como primera etapa, se han localizado las fuentes documentales y los agentes capaces de aportar información valiosa para analizar sus emisiones atmosféricas. Una vez localizadas las fuentes de información se han diseñado las solicitudes de información y se han establecido los contactos necesarios con los diferentes agentes para recopilar la información de base necesaria para el cálculo de emisiones.

Simultáneamente se ha definido para cada una de las actividades estudiadas la metodología más adecuada en función de la información que ha sido posible recopilar, procediéndose a localizar nuevas fuentes de información en algunos sectores en los que se ha apreciado que la información inicialmente disponible no era suficiente.

La información obtenida ha sido estructurada y unificada empleando para ello un sistema de hojas de cálculo. En base al mismo se ha generado una herramienta de cálculo en la que se han aplicado las metodologías de cálculo de emisiones más acertadas para cada actividad estudiada.

Los resultados obtenidos se han tratado para elaborar diferentes formatos de presentación de los resultados finales mediante la aplicación de los requerimientos de especificación propios de cada formato. Entre estos formatos se encuentran los propios listados definidos por la nomenclatura SNAP, los cuales han sido cumplimentados siguiendo los requisitos de presentación de resultados y las formas de cómputo establecidos por diferentes acuerdos.

Además de la nomenclatura base SNAP, también se presentan los resultados empleando el "Formulario Común para Informes" (CRF) actualizado con el denominado CRF-Reporter, el cual es adoptado para informar a las distintas instancias internacionales sobre las emisiones de gases de efecto invernadero.

Los resultados obtenidos también se han integrado un sistema de información geográfica en el que las diferentes fuentes emisoras se encuentran vinculadas a fuentes lineales, puntuales o de área.

Por último se han redactado los informes y documentos anteriormente indicados, en los cuales se exponen los datos empleados, las metodologías aplicadas, los resultados obtenidos, etc.

2.1. Contaminantes estudiados

La relación de contaminantes analizados en el Inventario se corresponde con las indicaciones establecidas por SNAP. De este modo se consideran tres grandes bloques de contaminantes.

- Bloque 1: Acidificadores, precursores del ozono y gases de efecto invernadero.
- Bloque 2: Metales pesados y partículas.
- Bloque 3: Contaminantes orgánicos persistentes.

Dentro de cada uno de estos bloques se incluyen los elementos químicos, compuestos y agregados de compuestos que se señalan a continuación.

Contaminante	Compuestos incluidos
SO ₂	Óxidos de azufre (SO ₂ +SO ₃), medidos en masa de SO ₂
NO _x	Óxidos de nitrógeno (NO+NO ₂), medidos en masa de NO ₂
COVNM	Compuestos orgánicos volátiles (excepto el metano). Se excluyen Clorofluorocarburos y halones. Este grupo puede englobar algunos contaminantes también incluidos en el bloque 3
CH ₄	Metano (en masa de CH ₄)
CO	Monóxido de carbono (en masa de CO)
CO ₂	Dióxido de carbono (en masa de CO ₂ final)
N ₂ O	Óxido nitroso (en masa de N ₂ O)
NH ₃	Amoníaco (en masa de NH ₃)
HFC	Hidrofluorocarburos, en masa de cada compuesto individual para poder aplicar sobre cada uno su potencial de calentamiento específico y estimar las emisiones en términos de CO ₂ equivalente
PFC	Perfluorocarburos en masa de cada compuesto individual para poder aplicar sobre cada uno su potencial de calentamiento específico y estimar las emisiones en términos de CO ₂ equivalente
SF ₆	Hexafluoruro de azufre (en masa de SF ₆)

Tabla 1. Bloque 1 de contaminantes estudiados: acidificadores, precursores de ozono y gases de efecto invernadero

Contaminante	Compuestos incluidos
As	Arsénico y sus compuestos sólidos y gaseosos (en masa de As)
Cd	Cadmio y sus compuestos sólidos y gaseosos (en masa de Cd)
Cr	Cromo y sus compuestos sólidos y gaseosos (en masa de Cr)
Cu	Cobre y sus compuestos sólidos y gaseosos (en masa de Cu)
Hg	Mercurio y sus compuestos sólidos y gaseosos (en masa de Hg)
Ni	Níquel y sus compuestos sólidos y gaseosos (en masa de Ni)
Pb	Plomo y sus compuestos sólidos y gaseosos (en masa de Pb)
Se	Selenio y sus compuestos sólidos y gaseosos (en masa de Se)
Zn	Zinc y sus compuestos sólidos y gaseosos (en masa de Zn)
PM _{2,5}	Partículas de diámetro aerodinámico inferior a 2,5 micras
PM ₁₀	Partículas de diámetro aerodinámico inferior a 10 micras
PST	Partículas en suspensión totales

Tabla 2. Bloque 2 de contaminantes estudiados: metales pesados y partículas

Contaminante	Compuestos incluidos
HCH	Hexaclorociclohexano (en masa de HCH)
PCP	Pentaclorofenol (en masa de PCP)
HCB	Hexaclorobenceno (en masa de HCB)
TCM	Tetraclorometano (en masa de TCM)
TRI	Tricloroetileno (en masa de TRI)
PER	Tetracloroetileno (en masa de PER)
TCB	Triclorobenceno (en masa de TCB)
TCE	Tricloroetano (en masa de TCE)
DIOX	Dioxinas y furanos (en masa de unidades de equivalencia tóxica internacional, i-TEF)
HAP	Hidrocarburos aromáticos policíclicos (en masa de HAP). incluido aquí los cuatro compuestos siguientes: -Benzo(b)fluoranteno -Benzo(k)fluoranteno -Benzo(a)pireno -Indeno(123cd)pireno

Tabla 3. Bloque 3 de contaminantes estudiados: contaminantes orgánicos persistentes

El SO₂, el NO_x, y el NH₃ son de especial interés por su potencial acidificador y, como tales, generalmente son objeto de estudio en los modelos de transporte y dispersión de contaminantes a la atmósfera. Además, el SO₂ y el NO_x son considerados en protocolos concretos como los de Helsinki y Oslo (para los óxidos de azufre) y el de Sofía (para los óxidos de nitrógeno), así como en el marco de la Convención de Ginebra sobre Contaminación Transfronteriza a Larga Distancia (CLRTAP). Los potenciales de acidificación equivalentes calculados sobre la base de la fracción en masa de iones H⁺ de estos compuestos son los siguientes:

- SO₂ : 0,0313.
- NO_x : 0,0217.
- NH₃ : 0,0588.

Dentro de los compuestos analizados, en relación con el cambio climático destacan los gases de efecto invernadero directos. Entre los mismos se incluyen el CO₂ y el N₂O, así como para el CH₄, que es desagregado del conjunto de los COV debido a su notablemente más alta estabilidad en la atmósfera (menor reactividad) en comparación con el resto de los COV. Además, es preciso destacar que el protocolo de Ginebra (COV) de la CLRTAP, excluye explícitamente al metano, tratando los COV no metánicos. Para completar el grupo de los gases de efecto invernadero directo se incorporan al

inventario los grupos HFCs y PFCs y, adicionalmente, el SF₆. Cada uno de estos compuestos cuenta con un potencial de calentamiento a la atmósfera diferenciado (GWP ó PCG). Considerando el mismo se ha calculado la contribución global al cambio climático de las emisiones. Ya que el CO₂ es empleado como patrón, esta variable se expresa en toneladas equivalentes de CO₂ o tCO₂eq.

Por otra parte debe señalarse que al efecto invernadero contribuyen indirectamente otros gases como el NO_x, COVNM, CO, pero su contribución al cambio climático no es analizada en el presente inventario.

El CO completa, junto con el NO_x, y el COVNM, la relación de compuestos precursores del ozono (O₃) troposférico, permitiendo analizar la oxidación fotoquímica. En el apartado correspondiente a los resultados se analiza la contribución de cada uno de estos gases y de sus sectores emisores a la formación ozono.

Los metales pesados son analizados fundamentalmente por el potencial toxicológico acumulativo de estos elementos y sus compuestos, ya sea emitidos en forma gaseosa o adheridos a las partículas sólidas en suspensión. Además, entre los metales analizados en el inventario, el cadmio, el arsénico y el plomo son objeto de consideración en el Protocolo de Aarhus (metales pesados y contaminantes orgánicos persistentes) de la CLRTAP.

La problemática especial inducida sobre la salud humana por la concentración de partículas en el medio atmosférico y secundariamente los impactos sobre ecosistemas y materiales motivan asimismo el análisis en el inventario de tres fracciones de material particulado diferenciadas según su diámetro aerodinámico:

- PM_{2,5}: partículas de diámetro aerodinámico inferior a 2,5 micras.
- PM₁₀: partículas de diámetro aerodinámico inferior a 10 micras.
- PST: partículas en suspensión totales.

Por último, los contaminantes orgánicos persistentes han sido incorporados con el objetivo de poder analizar el potencial toxicológico acumulativo de estos compuestos. En este grupo se incluyen productos orgánicos persistentes cuyas presiones de vapor en condiciones normales se sitúan en el rango de 10⁻⁶ a 10⁻¹ Pa y que, por tanto, también son, en su caso, computables dentro del grupo de los COVNM.

2.2. Actividades emisoras

El inventario se ha desarrollado en la estructura más extensa posible resultante de la combinación de las actividades y contaminantes considerados en la nomenclatura SNAP, que, de todas las empleadas comúnmente en este ámbito, es la que aporta mayor nivel de resolución.

Además de la nomenclatura base SNAP, los resultados se presentan también conforme al "Formulario Común para Informes" (CRF) actualizado con el denominado CRF-Reporter. Este formato es el adoptado por distintas instancias internacionales para la presentación de las emisiones de GEI. Entre estas instancias cabe citar, en particular, la Comisión de la Unión Europea y la Secretaría General del Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC).

2.2.1 Nomenclatura SNAP

El Inventario cubre prácticamente la totalidad de las actividades contempladas en la versión más actualizada de la denominada nomenclatura SNAP (SNAP-97) desarrollada en el marco del proyecto EEA/CORINAIR.

La relación de grupos de la nomenclatura SNAP es la siguiente:

- 01 Combustión en la producción y transformación de energía.
- 02 Plantas de combustión no industrial.
- 03 Plantas de combustión industrial.
- 04 Procesos industriales sin combustión.
- 05 Extracción y distribución de combustibles fósiles y energía geotérmica.
- 06 Usos de disolventes y otros productos.
- 07 Transporte por carretera.
- 08 Otros modos de transporte y maquinaria móvil.
- 09 Tratamiento y eliminación de residuos.
- 10 Agricultura.
- 11 Otras fuentes y sumideros (Naturaleza).

A su vez, estos grupos están divididos en 78 subgrupos y éstos en 481 actividades elementales. Por su gran extensión no es posible detallar en el presente documento todas las características de esta nomenclatura. No obstante, es posible apreciar con detalle sus características en el Volumen 3 del inventario, en el cual se incluyen tablas con las emisiones de todas las actividades emisoras estudiadas y todos los compuestos analizados.

2.2.2 Nomenclatura CRF

De cara a la presentación de los resultados relativos a gases de efecto invernadero, aparte de su presentación en las tablas elaboradas conforme a la nomenclatura SNAP, se recurre a la elaboración de las tablas correspondientes a la clasificación CRF. En las tablas siguientes se presentan la estructura de esta nomenclatura.

<p>1 ENERGÍA: Emisiones de todos los gases de efecto invernadero debidas a actividades energéticas móviles y estacionarias. Suma de las categorías 1 A y 1 B (ver tabla siguiente)</p>	
<p>1A CONSUMO DE COMBUSTIBLES: Emisiones de GEI de las actividades que se incluyen a continuación. Las emisiones de CO₂ de la combustión de biomasa no están incluidas en el total de este sector. Las emisiones de gases que no son el CO₂ debidas a la combustión de biomasa sí se encuentran incluidas. La incineración de residuos se considera aquí y no en el apartado 6. Las emisiones del transporte internacional aéreo y marítimo se contabilizan aparte.</p>	
1A1	<p>TRANSFORMACIÓN DE ENERGÍA Comprende las emisiones de industrias de extracción o transformación de combustibles</p> <ul style="list-style-type: none"> a Producción de energía eléctrica y calor (incluyendo la valorización energética de residuos) b Refinerías de petróleo c Manufactura de combustibles sólidos u otras industrias energéticas
1A2	<p>PROCESOS INDUSTRIALES Y CONSTRUCCIÓN Se incluyen las emisiones de todos los procesos de combustión en la industria, incluidas las generadas en la autoproducción de calor y electricidad. Estas emisiones de cogeneración se deben incluir dentro del sector al que pertenecen. Las emisiones de los hornos de coque dentro de la siderurgia y el metal se deben incluirse en 1A 1c y no dentro de la manufactura.</p> <ul style="list-style-type: none"> a Siderurgia y metalurgia b Metales no féreos c Industria química d Industria pasta, papel e impresión e Alimentación, bebidas y tabaco f Otras: el resto de las emisiones debidas a procesos de combustión en la industria deben reflejarse en este apartado. Las emisiones en la construcción también se incluirán en este apartado
1A3	<p>TRANSPORTE Emisiones de evaporación y combustión de combustibles fósiles, no se incluyen los bunker internacionales</p> <ul style="list-style-type: none"> a Aviación civil b Transporte rodado c Ferrocarriles d Navegación
1 A4	<p>OTROS SECTORES</p> <ul style="list-style-type: none"> a Comercial / institucional b Residencial c Agricultura /pesca /explotaciones forestales
1A5	<p>OTROS</p>
<p>1B EMISIONES FUGITIVAS DE COMBUSTIBLES: Las emisiones fugitivas pueden ser intencionadas o no intencionadamente liberadas a la atmósfera en actividades antropogénicas. Más concretamente, pueden provenir de la producción, procesado, transmisión, almacenamiento y del uso de combustibles. Incluye las emisiones por combustión siempre que no formen parte de un proceso productivo (venteo a antorcha de gases naturales en plantas de producción de petróleo y gas). Las pérdidas por evaporación de los vehículos se tienen en cuenta en el apartado de tráfico rodado (1 A 3 b)</p>	
1B1	<p>EMISIONES FUGITIVAS DE COMBUSTIBLES SÓLIDOS</p> <ul style="list-style-type: none"> b Transformación de combustibles sólidos SNAP 04 02 01 Pérdidas por las puertas y apagado de coque c Otros
1B2	<p>CRUDO Y GAS NATURAL Incluye todas las emisiones fugitivas relacionadas con las actividades de crudo y gas natural. Escapes o emisiones de los equipos, fugas, derrames o cualquier accidente que puedan tener lugar en la cadena que va de su producción a su consumo final. Hay que indicar que los venteos a antorcha están incluidos, dado que la combustión se considera una actividad no energética.</p> <ul style="list-style-type: none"> b Gas natural c Venteos a antorcha

Tabla 4. Actividades incluidas en el grupo 1 "Energía" de la clasificación CRF

2 PROCESOS INDUSTRIALES: Las emisiones de este sector incluyen las emisiones de productos intermedios o emisiones fugitivas de gases de efecto invernadero que tienen lugar en los procesos industriales.	
2A	PRODUCTOS MINERALES
	1 Producción de cemento
	2 Producción de cal
	3 Uso de dolomita y caliza
2B	INDUSTRIA QUÍMICA
	2 Producción de ácido nítrico
2C	PRODUCCIÓN DE METALES
	1 Producción de hierro y acero
2D	OTROS PRODUCCIONES
	1 Pasta y papel
	2 Alimentación y bebidas
2E	PRODUCCIÓN DE HALOCARBONES Y SULFURO DE HEXAFLUORURO
	1 Emisión de subproductos
	2 Emisiones fugitivas
2F	CONSUMO DE HALOCARBONES Y SULFURO DE HEXAFLUORURO
	1 Refrigeración y aire acondicionado
	2 Fabricación de espumas
	3 Extinción de fuegos
	4 Aerosoles
2G	OTROS

Tabla 5. Actividades incluidas en el grupo 2 "Procesos industriales" de la clasificación CRF

3 USO DE DISOLVENTES Y OTROS PRODUCTOS	
3A	APLICACIÓN DE PINTURAS
3B	DESENGRASE Y LIMPIEZA EN SECO
3C	MANUFACTURA Y PROCESADO DE PRODUCTOS QUÍMICOS
3D	OTROS

Tabla 6. Actividades incluidas en el grupo 3 "Uso de disolventes y otros productos" de la clasificación CRF

4 AGRICULTURA: Agrupa todas las emisiones de este sector salvo las asociadas a la combustión de combustibles y al tratamiento de aguas residuales.	
4A	FERMENTACIÓN ENTÉRICA: La fermentación entérica es el mecanismo natural de producción de metano en los herbívoros. Es un proceso digestivo en el que los microorganismos descomponen los carbohidratos en moléculas simples que puedan ser absorbidas por el torrente sanguíneo. Las emisiones de metano son debidas tanto a los animales rumiantes (ganado bovino y ovino) como a los no rumiantes (ganado porcino y equino), aunque los rumiantes son la fuente más importante (por unidad de energía ingerida).
4B	GESTIÓN DE ESTIÉRCOL: El óxido nítrico y el metano son consecuencia de la descomposición del estiércol bajo condiciones anaerobias o con pequeñas cantidades de oxígeno. Condiciones que generalmente, se dan explotaciones ganaderas donde se confinan grandes cabañas de ganado y las deyecciones animales se almacenan en grandes pilas, lagunas anaerobias o cualquier otro tipo de disposición del estiércol.
4D	SUELOS AGRÍCOLAS: Contempla las emisiones y los sumideros de CH ₄ y N ₂ O de los suelos agrícolas y los NMVOC de las cosechas. Las emisiones están afectadas por las prácticas de riego, por las variables climáticas, temperatura del suelo y la humedad. Las emisiones de óxido nítrico están relacionadas con el uso de fertilizantes orgánicos e inorgánicos, la fijación biológica del nitrógeno, y la vuelta de los residuos de las cosechas al suelo o a la producción animal. Las emisiones de GEIs diferentes al CO ₂ asociadas al uso de compost o deyecciones humanas como fertilizantes se deben contabilizar aquí. No obstante, las emisiones de los residuos animales que no sean las debidas al pastoreo se estudian bajo el apartado 4B "manejo del estiércol". Las emisiones de N ₂ O derivadas de la combustión de estiércol para la producción de energía, se contabilizan en "energía".
4F	QUEMA DE RASTROJOS: Contempla las emisiones de GEIs diferentes al CO ₂ de la quema de rastrojos en el propio emplazamiento. Esto incluye la quema de residuos leñosos (cáscaras de nueces); residuos cereales (partes aéreas del arroz, trigo y maíz); residuos de cosechas "verdes" las vainas de la soja. El CO ₂ derivado de la quema de rastrojos no se contabiliza en el cómputo total de las emisiones dado que se considera que el carbono liberado durante su combustión es reabsorbido por las plantas durante el siguiente ciclo de crecimiento.

Tabla 7. Actividades incluidas en el grupo 4 "Agricultura" de la clasificación CRF

5 USO DE LA TIERRA CAMBIO DEL USO DE LA TIERRA Y SILVICULTURA	
5B	CONVERSIÓN DE BOSQUES Y PRADERAS
5E	OTROS

Tabla 8. Actividades incluidas en el grupo 5 "Uso de la tierra, cambio del uso de la tierra y silvicultura" de la clasificación CRF

6 RESIDUOS: Incluye las emisiones de la disposición de residuos sólidos en vertederos, los asociados a las aguas residuales, la incineración de residuos y cualquier otra actividad de manejo de residuos.	
6A	VERTEDEROS: El metano se produce consecuencia de la descomposición anaerobia de materia orgánica de los vertederos. También se produce CO ₂ , no obstante, sólo se contabilizarán las emisiones de CH ₄ de la descomposición anaerobia de la materia orgánica.
6B	TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES: El metano y el óxido nitroso se producen por la descomposición anaerobia de la materia orgánica por acción de las bacterias en los sistemas de tratamiento de aguas residuales. También puede haber emisiones de N ₂ O durante el tratamiento de aguas residuales y fecales.
6C	INCINERACION DE RESIDUOS: Incineración de residuos, excluyendo la incineración con fines energéticos. Todas las emisiones de los GEIs distintos al CO ₂ se deben incluir en este apartado, y aquellas de CO ₂ que no sean debidas a la combustión de materia orgánica.

Tabla 9. Actividades incluidas en el grupo 6 "Residuos" de la clasificación CRF

2.3. Principales referencias metodológicas

A continuación se relacionan las principales referencias metodológicas.

- Inventario Nacional de Emisiones a la Atmósfera 1990-2012.
- Inventario Nacional de Emisiones a la Atmósfera 1990-2013.
- Inventario Nacional de Emisiones a la Atmósfera 1990-2015.
- Fichas metodológicas del Sistema Español de Inventario (SEI) publicadas en octubre de 2017.
- Orientación sobre Buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Guía de Buenas Prácticas del IPCC 1.996, 2.003 y 2.006.
- EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook–2013.
- EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook–2016.
- IPCC 2006.

Adicionalmente, en algunos apartados del Inventario se emplean otras fuentes metodológicas que son detalladas en el Volumen 2.

3. Síntesis de los resultados

En el presente apartado se analizan los resultados obtenidos tras la elaboración del inventario de emisiones, presentando los mismos tanto en el formato SNAP, que incluye las emisiones de todos los contaminantes estudiados, como en el formato CRF, que se limita al estudio de las emisiones y captaciones de GEI. Todos los contaminantes han sido estudiados para el periodo 1990-2016.

3.1. Síntesis de los resultados en formato SNAP

A continuación se presentan las emisiones globales estimadas para el año 2016, así como la evolución de las emisiones de los diferentes contaminantes estudiados.

SECTORES A NIVEL DE GRUPO		ACIDIFICADORES, PRECURSORES DE OZONO Y GASES DE EFECTO INVERNADERO										
		SOx (t)	NOx (t)	COVNM (t)	CH ₄ (t)	CO (t)	CO ₂ (kt)	N ₂ O (t)	NH ₃ (t)	SF ₆ (kg)	HFC (kg)	PFC (kg)
01	Combustión en la producción y transformación de energía	0	279	2	5	493	21	1				
02	Plantas de combustión no industrial	1.102	9.272	1.560	2.575	10.421	4.852	20				
03	Plantas de combustión industrial	1.078	3.506	540	208	3.617	1.600	37				
04	Procesos industriales sin combustión	31	49	651		2.376	416					
05	Extracción y distribución de combustibles fósiles y energía geotérmica			1.750	6.086		0					
06	Uso de disolventes y otros productos			47.139			126	268	5	2.389	1.129.160	17
07	Transporte por carretera	39	32.323	3.755	703	44.082	8.231	277	379			
08	Otros modos de transporte y maquinaria móvil	278	4.002	200	11	2.386	1.003	33	0			
09	Tratamiento y eliminación de residuos	1	193	7	61.209	261	81	64	110			
10	Agricultura	10	120	1.883	7.612	982		513	3.022			
11	Otras fuentes y sumideros (naturaleza)	0	3	39.096	3	47		0	0			
TOTAL SECTORES		2.541	49.747	96.584	78.412	64.666	16.331	1.212	3.517	2.389	1.129.160	17

Tabla 10. Emisiones de acidificadores, precursores de ozono y gases de efecto invernadero en el año 2016

SECTORES A NIVEL DE GRUPO		METALES PESADOS									PARTÍCULAS		
		As (kg)	Cd (kg)	Cr (kg)	Cu (kg)	Hg (kg)	Ni (kg)	Pb (kg)	Se (kg)	Zn (kg)	PM _{2,5} (t)	PM ₁₀ (t)	PST (t)
01	Combustión en la producción y transformación de energía					0					49	49	49
02	Plantas de combustión no industrial	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1.354	1.388	1.752
03	Plantas de combustión industrial	8	8	33	18	19	174	80	12	99	195	278	376
04	Procesos industriales sin combustión	2	29	25	5	18	96	356		864	5	6	7
05	Extracción y distribución de combustibles fósiles y energía geotérmica										0	0	1
06	Uso de disolventes y otros productos												
07	Transporte por carretera		24	71	66		25	2.844	0	4.760	1.669	2.213	2.899
08	Otros modos de transporte y maquinaria móvil		3	16	541		22		3	318	56	57	66
09	Tratamiento y eliminación de residuos	14	2	22	18	2	54	35	4	14	8	9	9
10	Agricultura										62	243	512
11	Otras fuentes y sumideros (naturaleza)												
TOTAL SECTORES		24	67	167	648	41	372	3.316	19	6.055	3.397	4.242	5.671

Tabla 11. Emisiones de metales y partículas en suspensión en el año 2016

SECTORES A NIVEL DE GRUPO		CONTAMINANTES ORGÁNICOS PERSISTENTES									
		HCH (kg)	PCP (kg)	HCB (kg)	TCM (kg)	TRI (kg)	PER (kg)	TCB (kg)	TCE (kg)	DIOX (g)	HAP (kg)
01	Combustión en la producción y transformación de energía									0	
02	Plantas de combustión no industrial									0	29
03	Plantas de combustión industrial									1	351
04	Procesos industriales sin combustión			0						0	4
05	Extracción y distribución de combustibles fósiles y energía geotérmica										
06	Uso de disolventes y otros productos										
07	Transporte por carretera									0	1.198
08	Otros modos de transporte y maquinaria móvil									0	26
09	Tratamiento y eliminación de residuos		4	0						0	0
10	Agricultura									0	251
11	Otras fuentes y sumideros (naturaleza)										1
TOTAL SECTORES			4	0						2	1.860

Tabla 12. Emisiones de contaminantes orgánicos persistentes en el año 2016

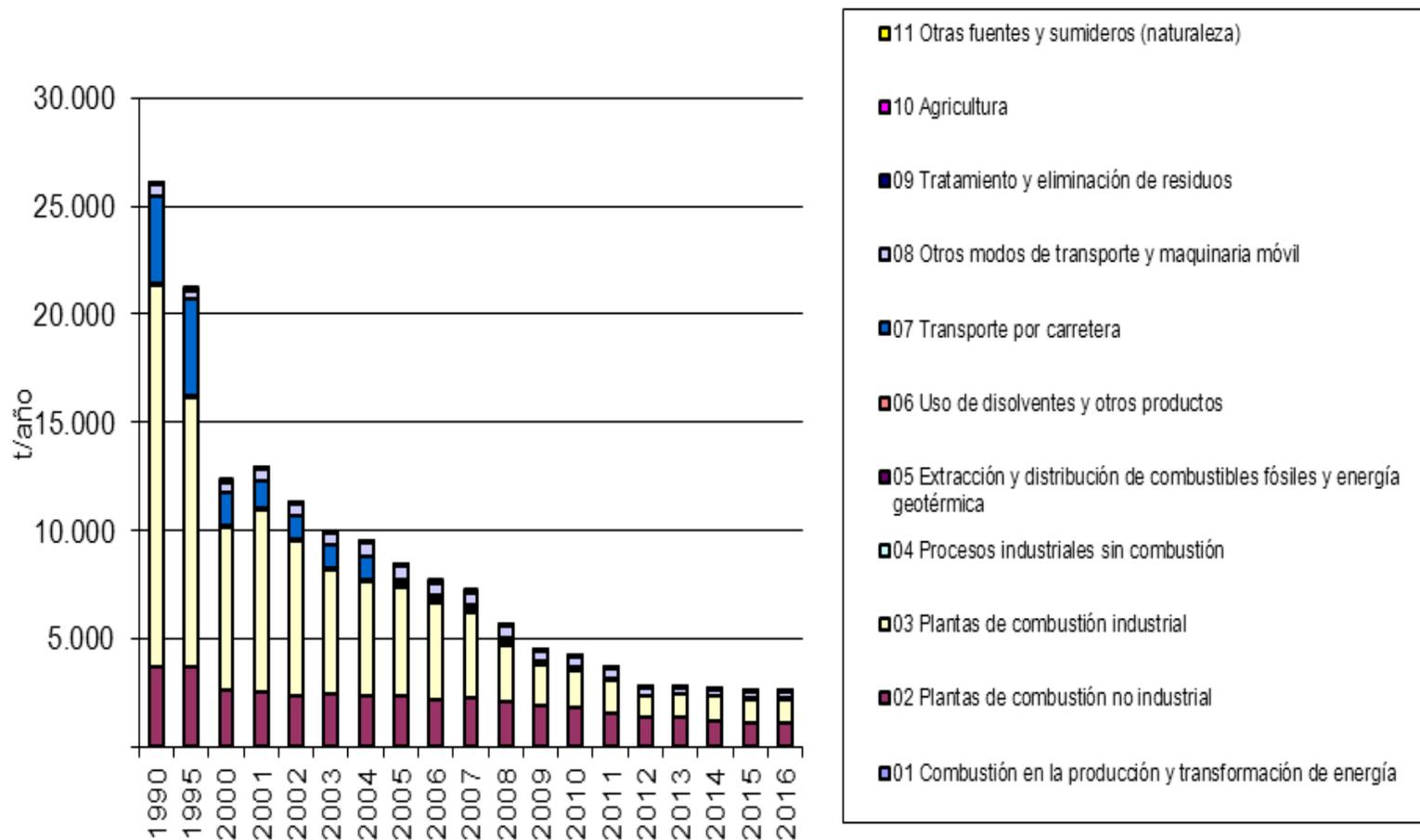


Figura 1. Evolución de las emisiones de SOx (t/año)

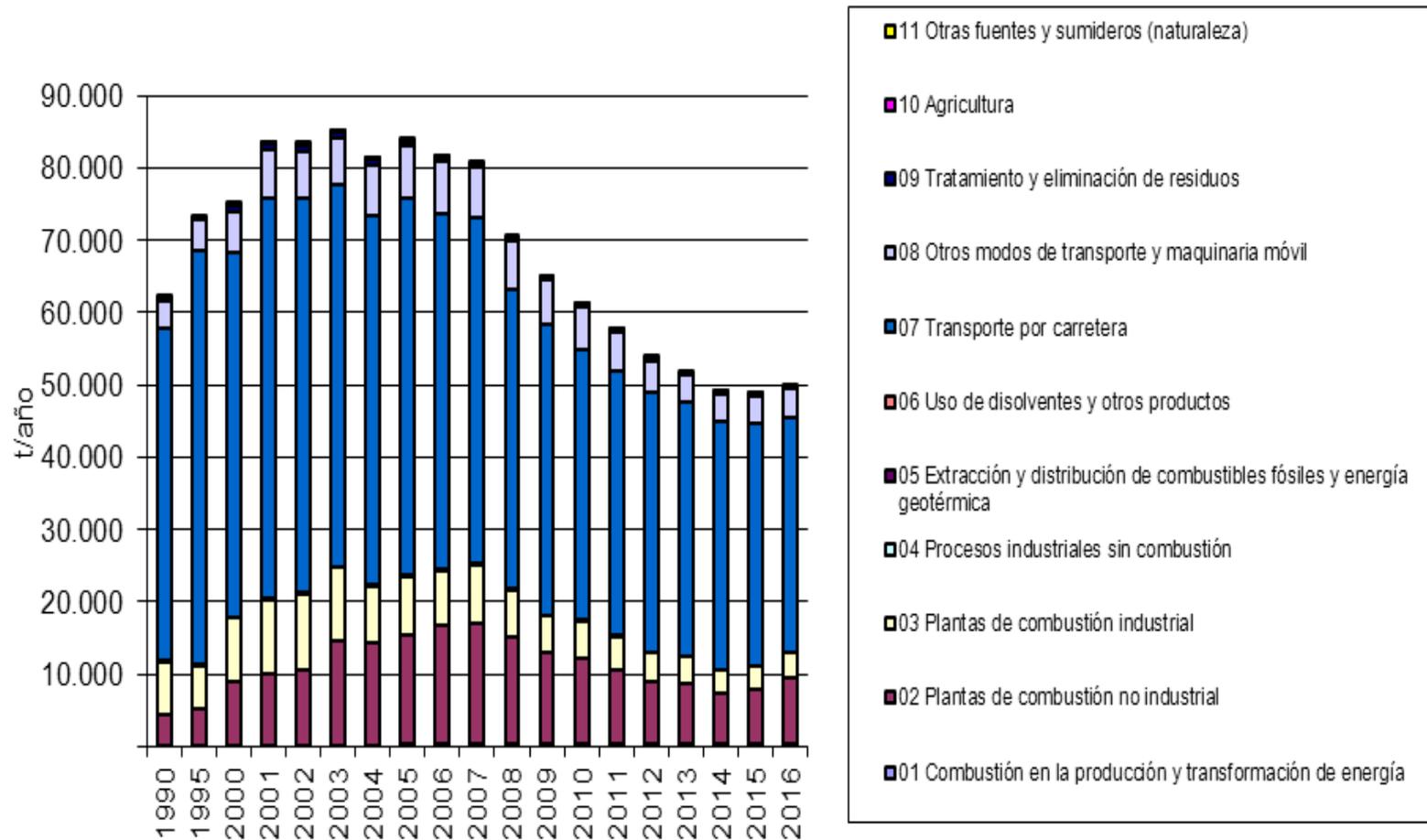


Figura 2. Evolución de las emisiones de NOx (t/año)

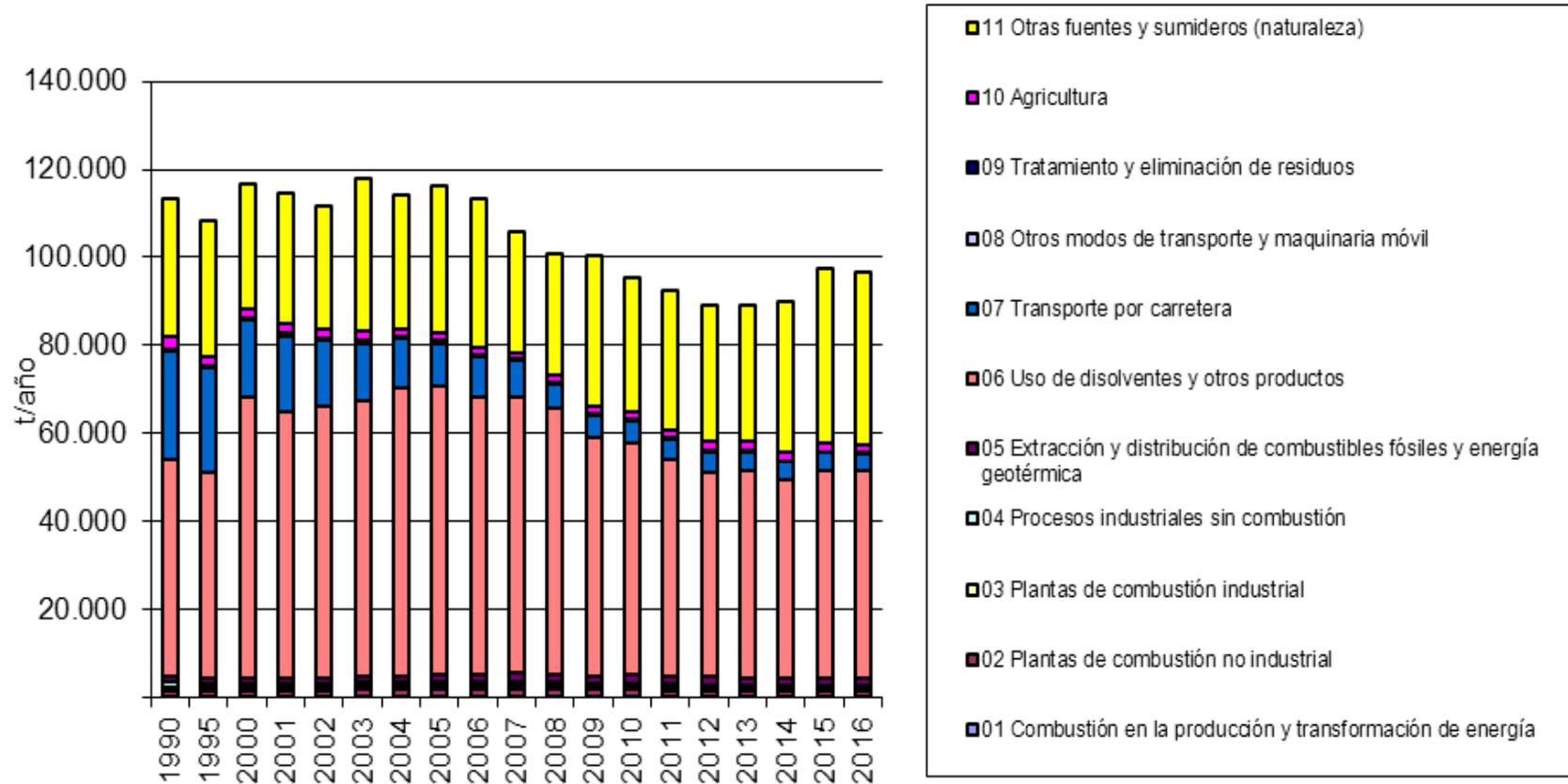


Figura 3. Evolución de las emisiones de COVsNM (t/año)

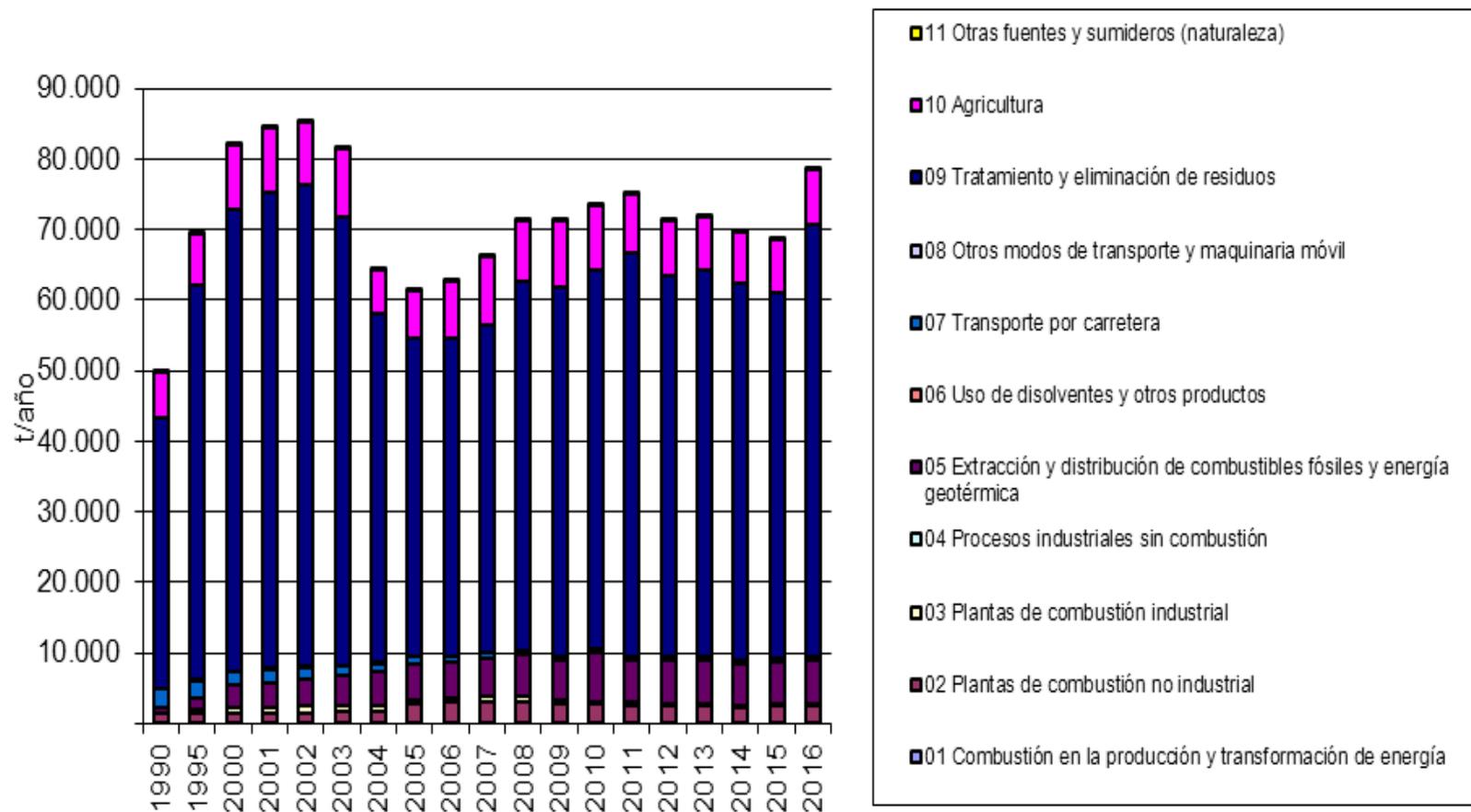


Figura 4. Evolución de las emisiones de CH₄ (t/año)

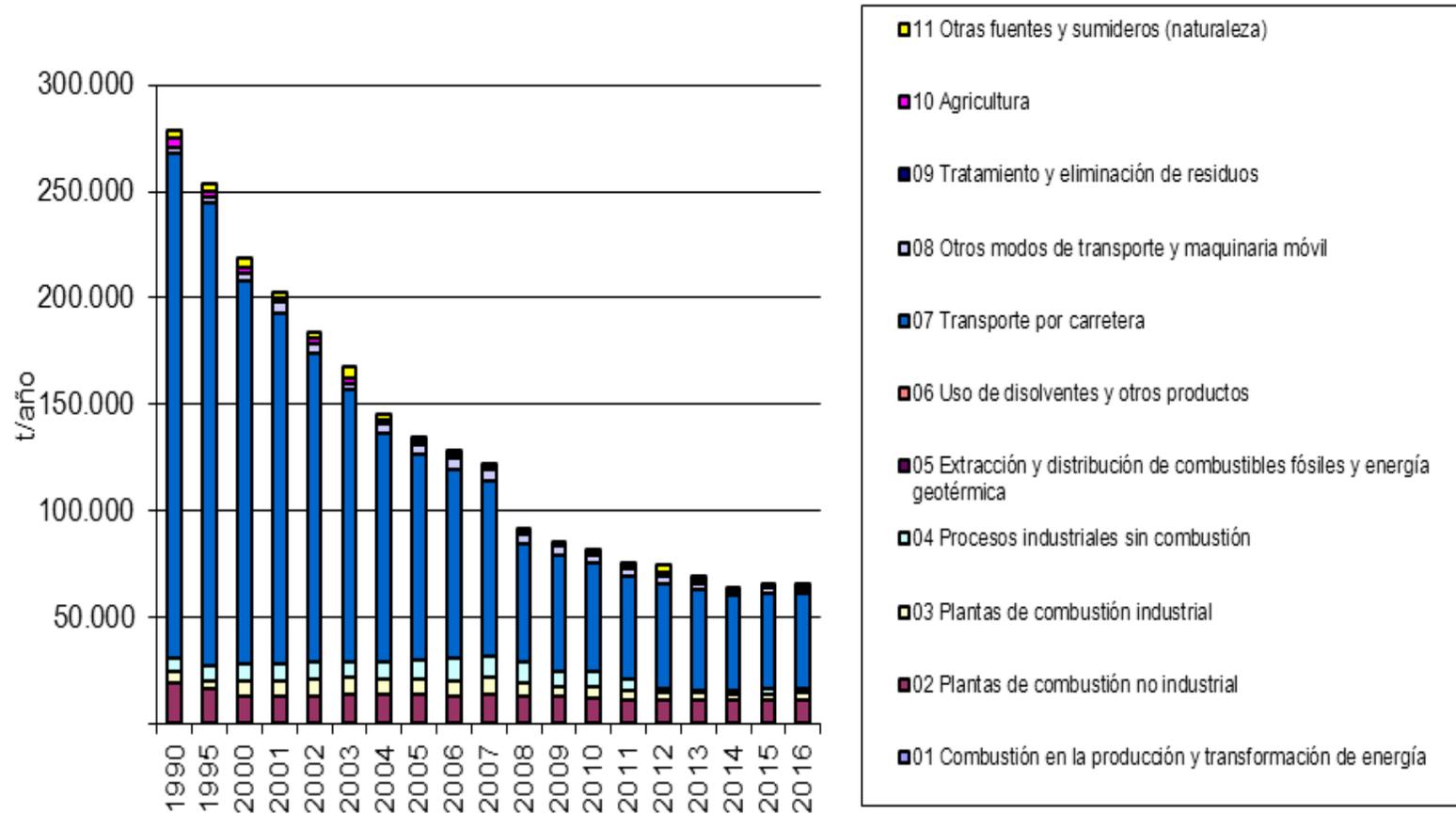


Figura 5. Evolución de las emisiones de CO (t/año)

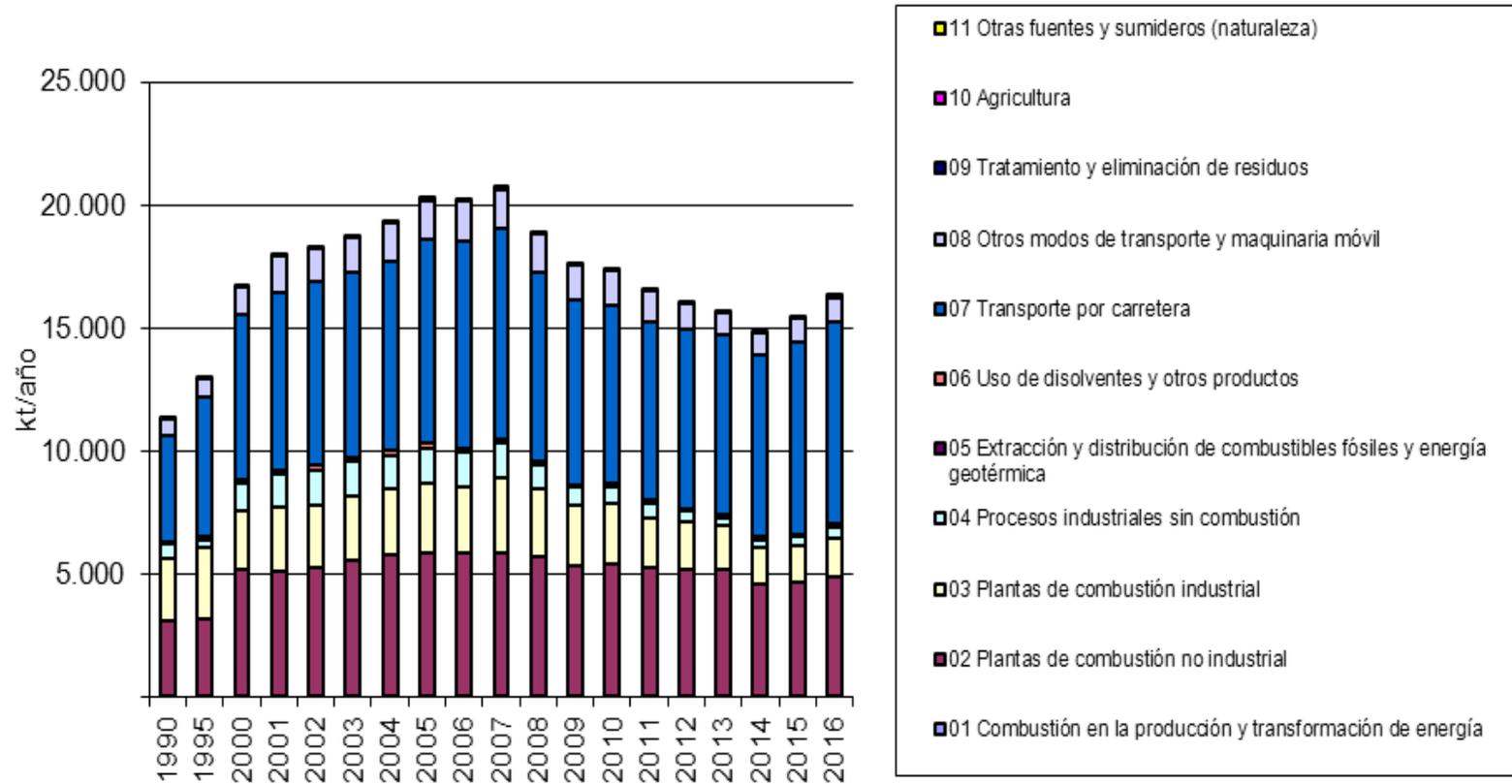


Figura 6. Evolución de las emisiones de CO₂ (kt/año)

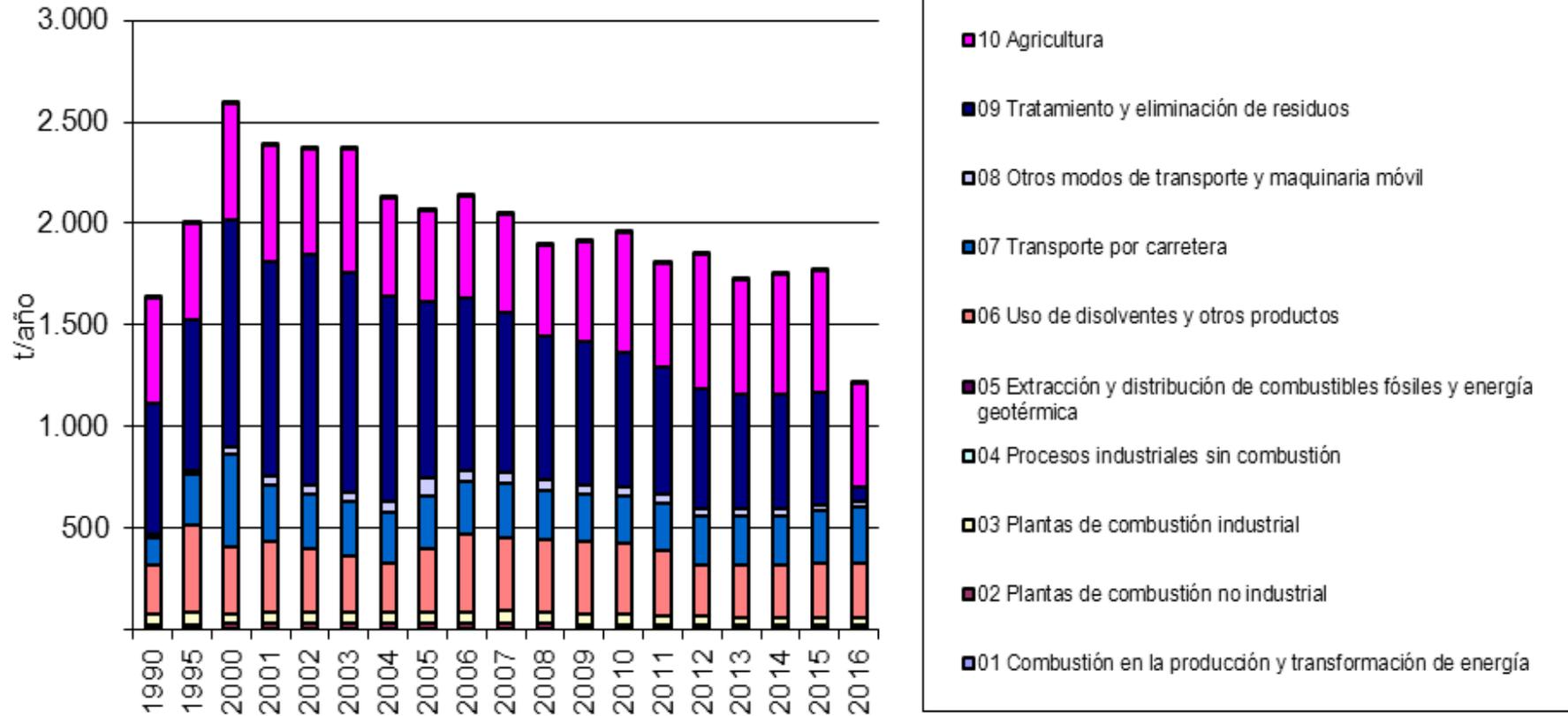


Figura 7. Evolución de las emisiones de N₂O (t/año)

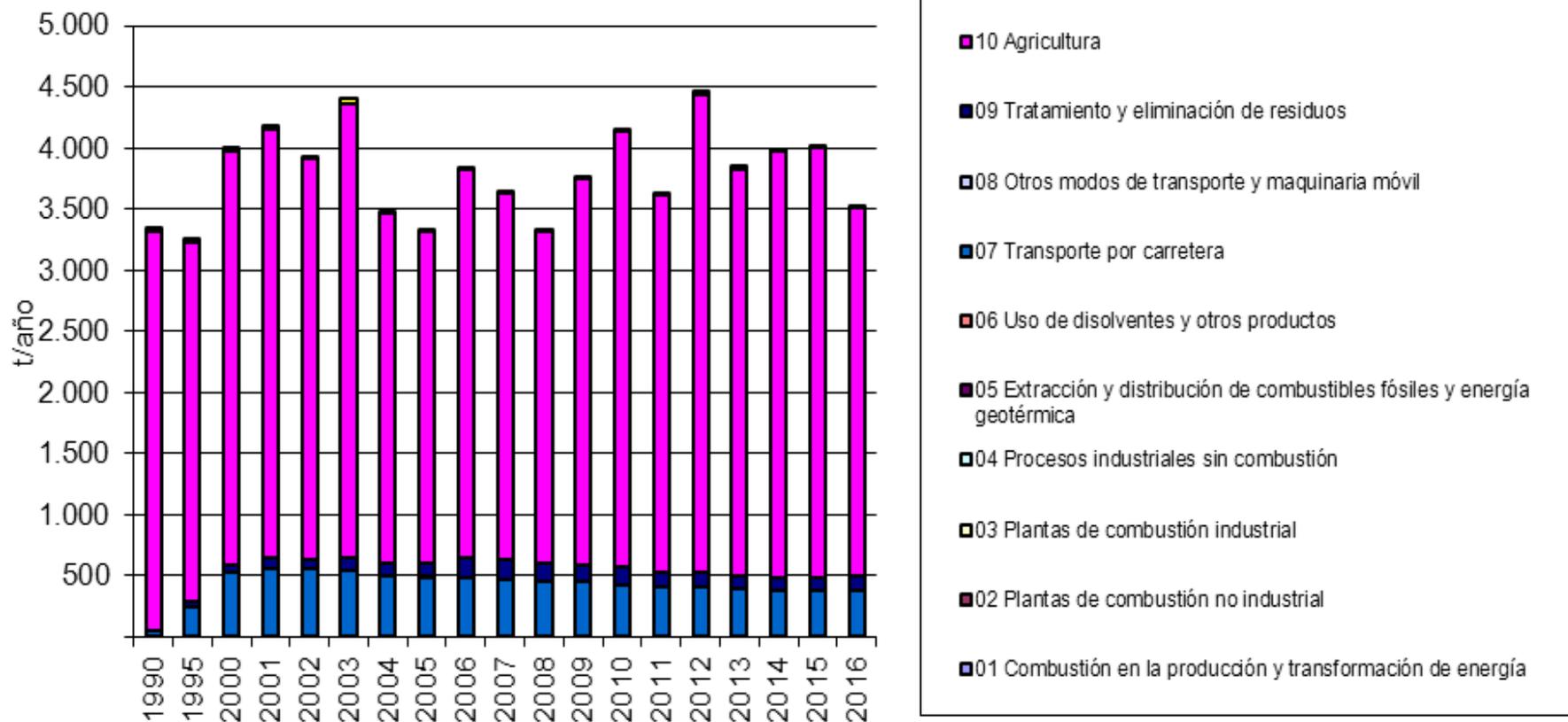


Figura 8. Evolución de las emisiones de NH₃ (t/año)

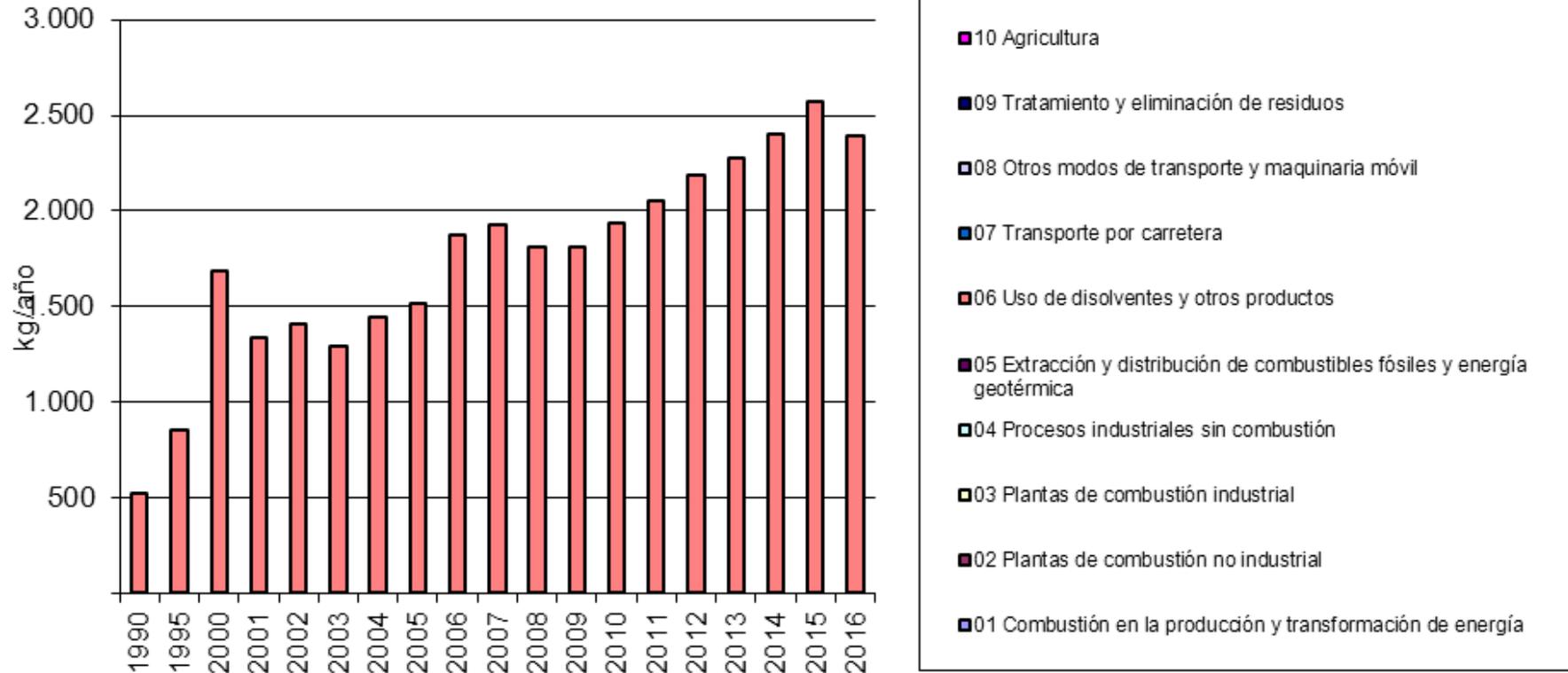


Figura 9. Evolución de las emisiones de SF₆ (kg/año)

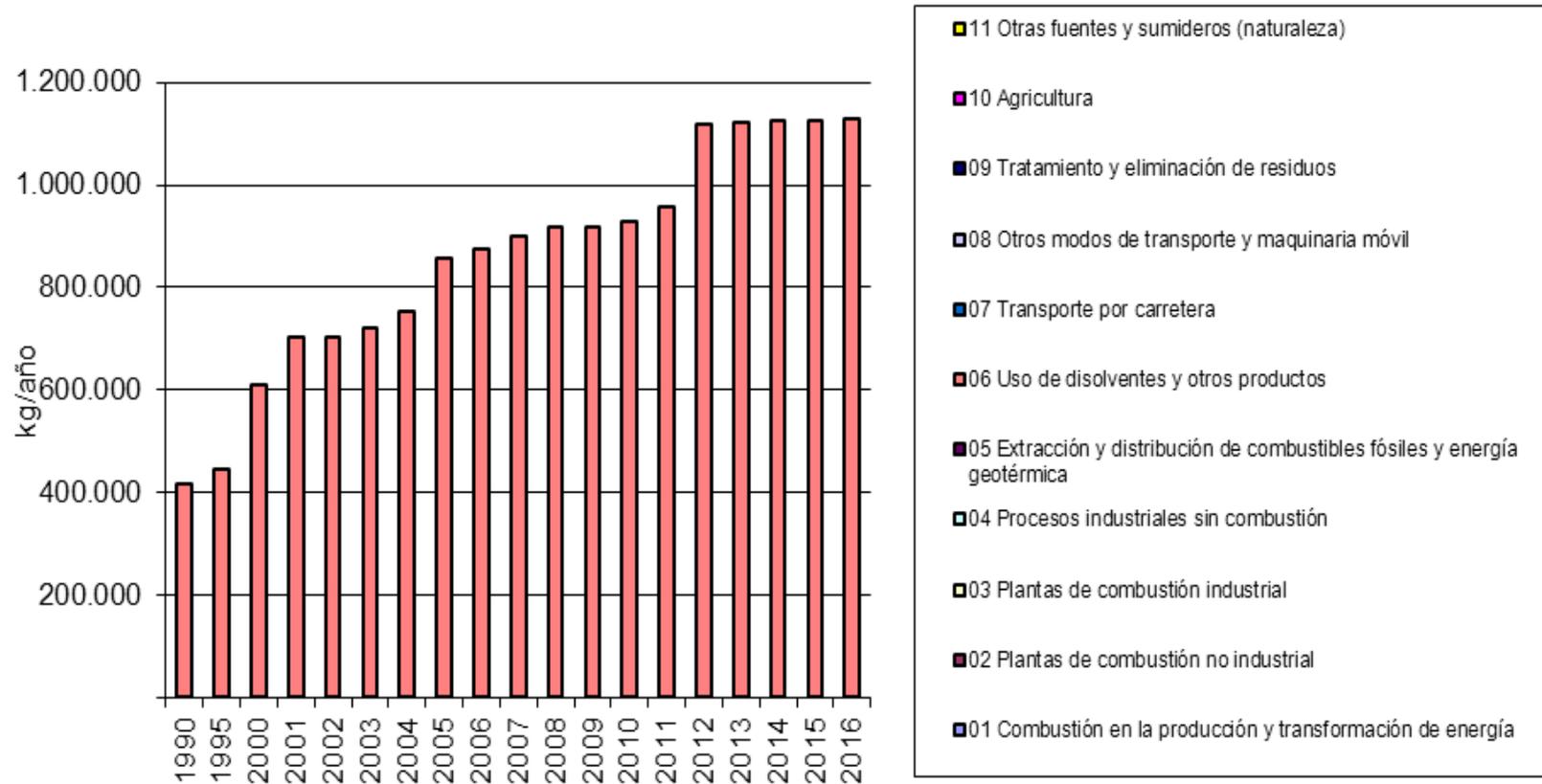


Figura 10. Evolución de las emisiones de HFC (kg/año)

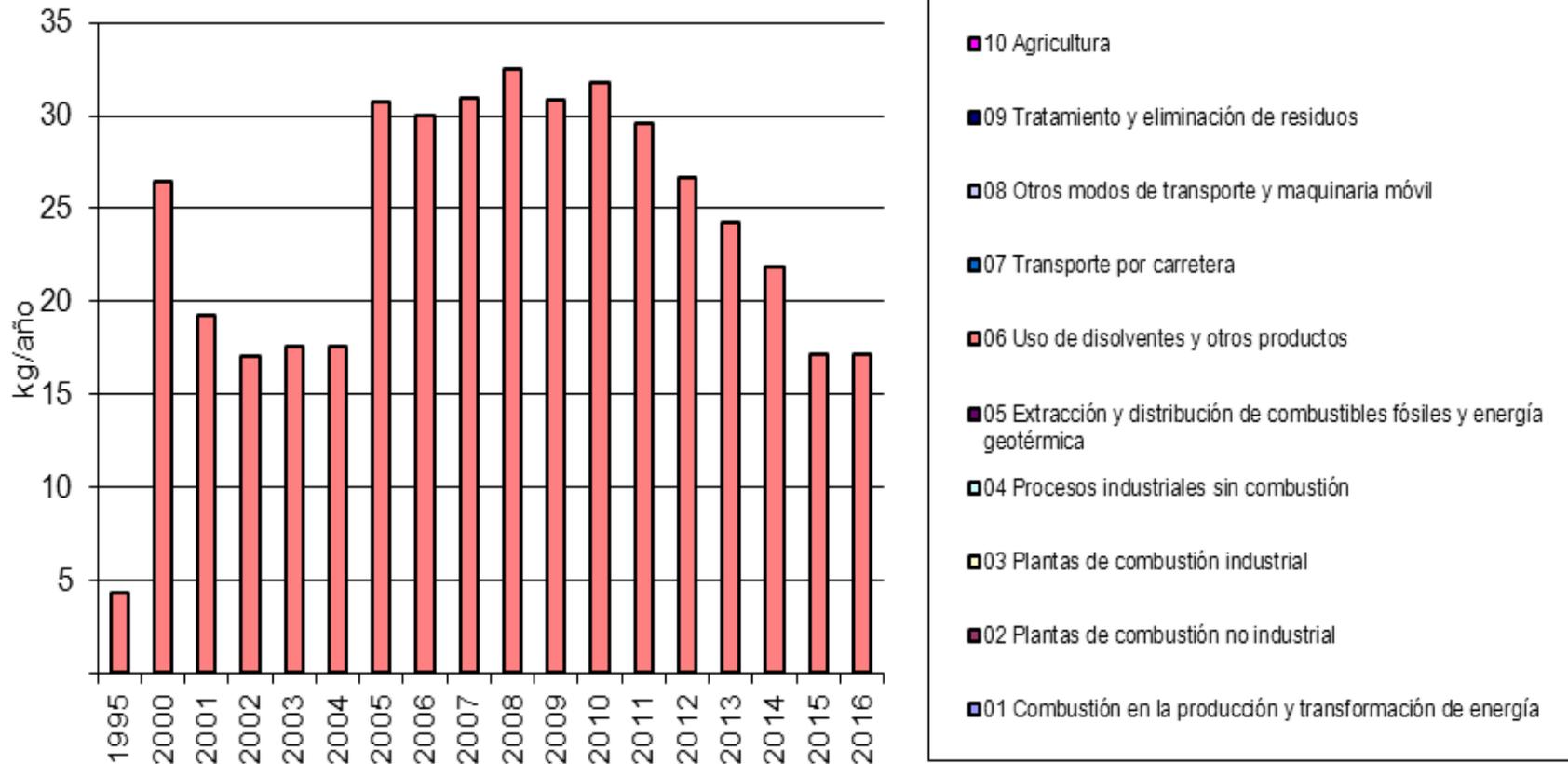


Figura 11. Evolución de las emisiones de PFC (kg/año)

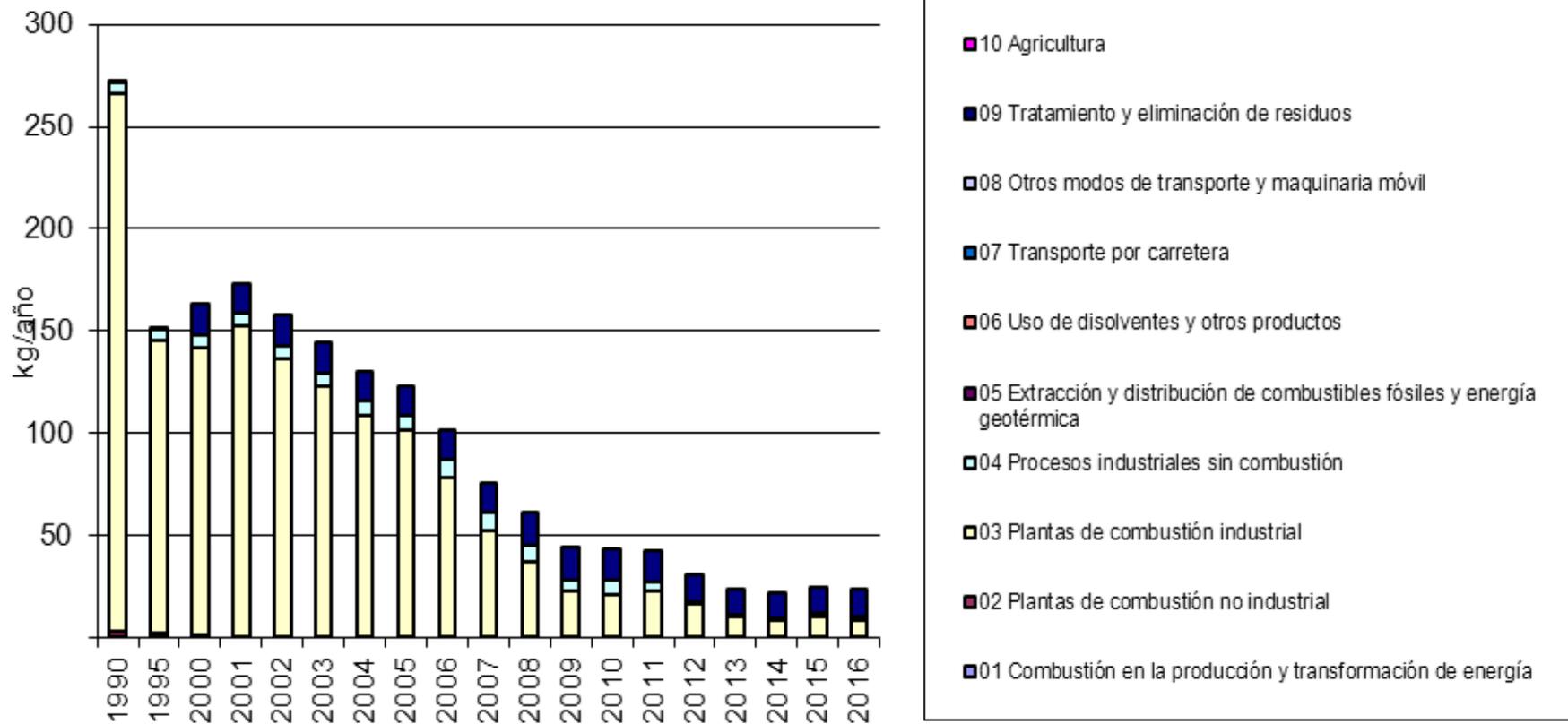


Figura 12. Evolución de las emisiones de As (kg/año)

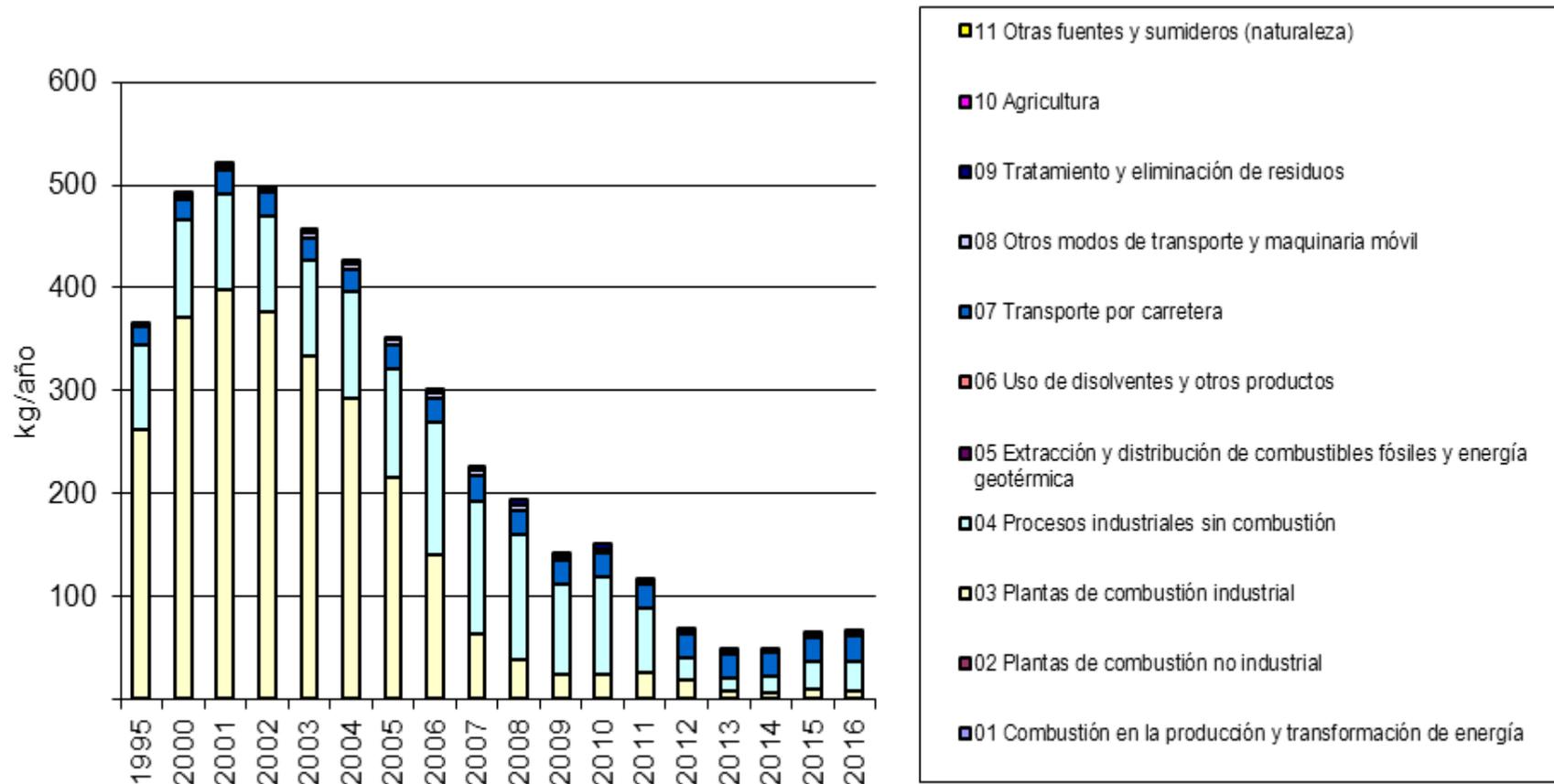


Figura 13. Evolución de las emisiones de Cd (kg/año)

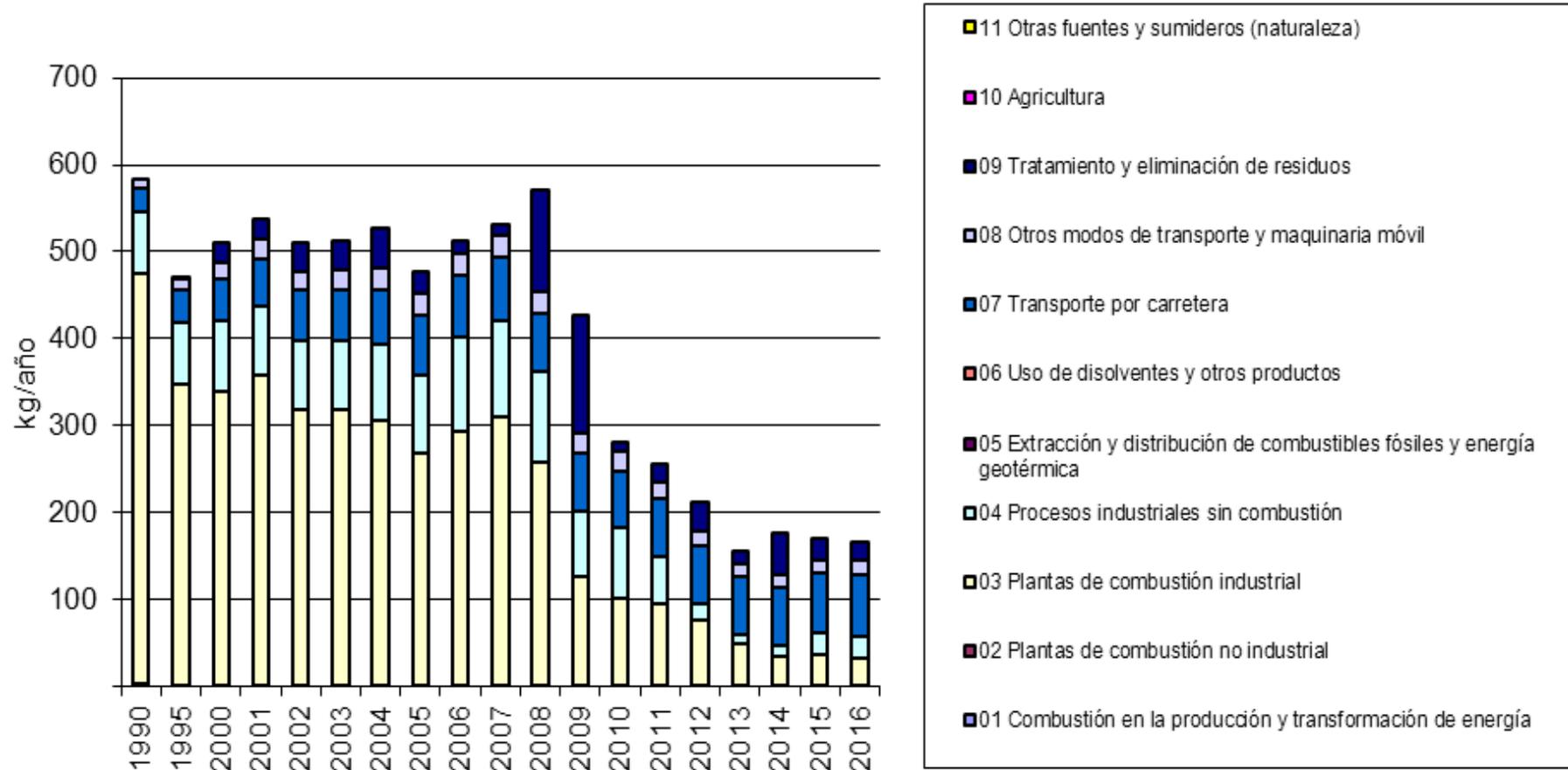


Figura 14. Evolución de las emisiones de Cr (kg/año)

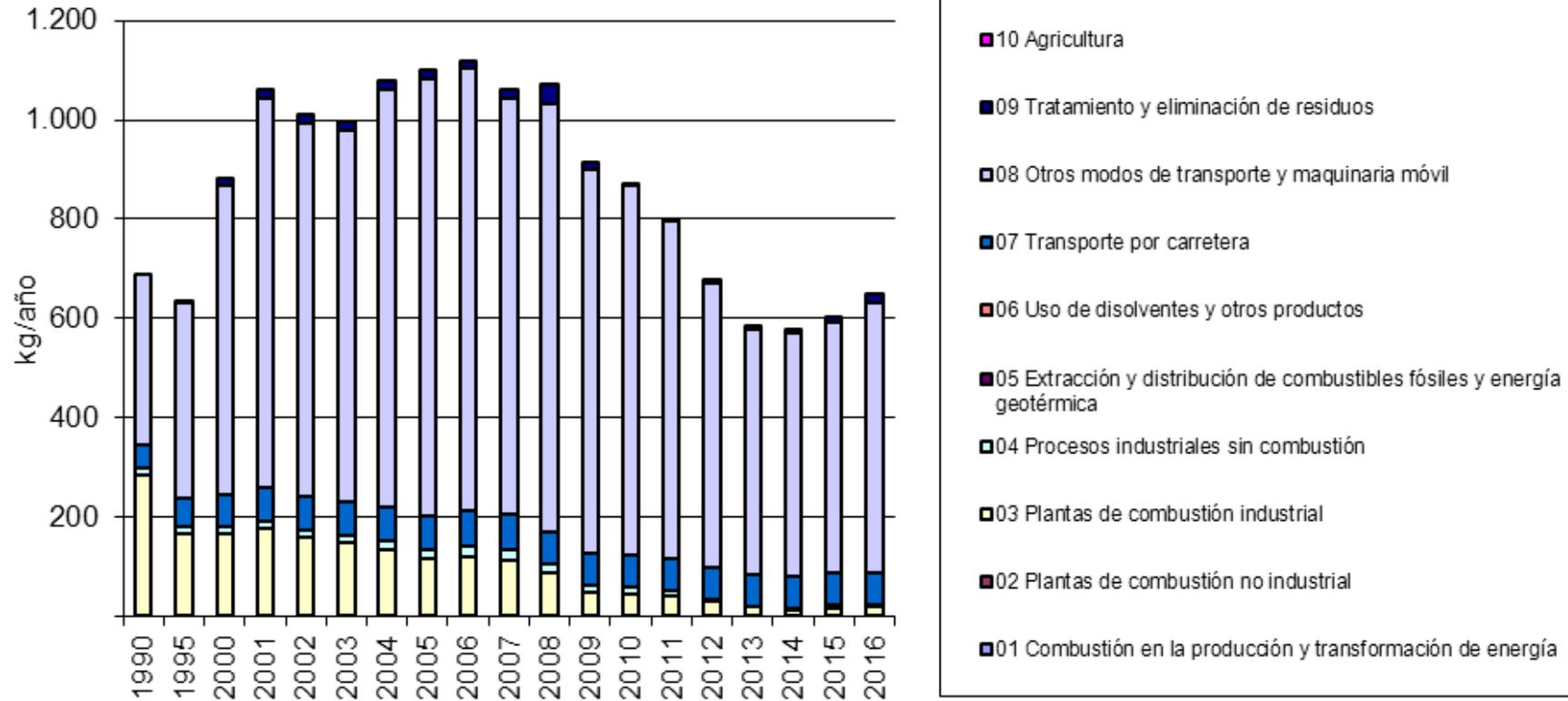


Figura 15. Evolución de las emisiones de Cu (kg/año)

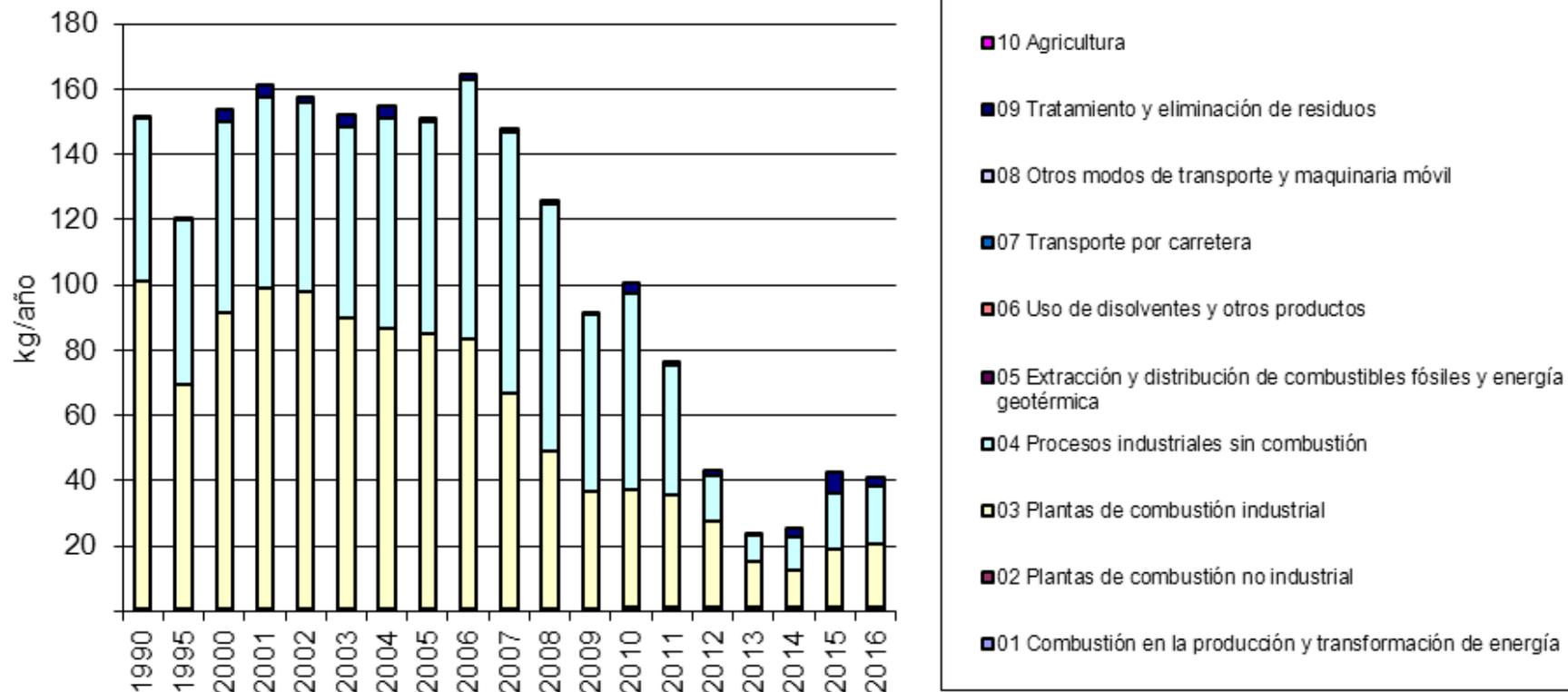


Figura 16. Evolución de las emisiones de Hg (kg/año)

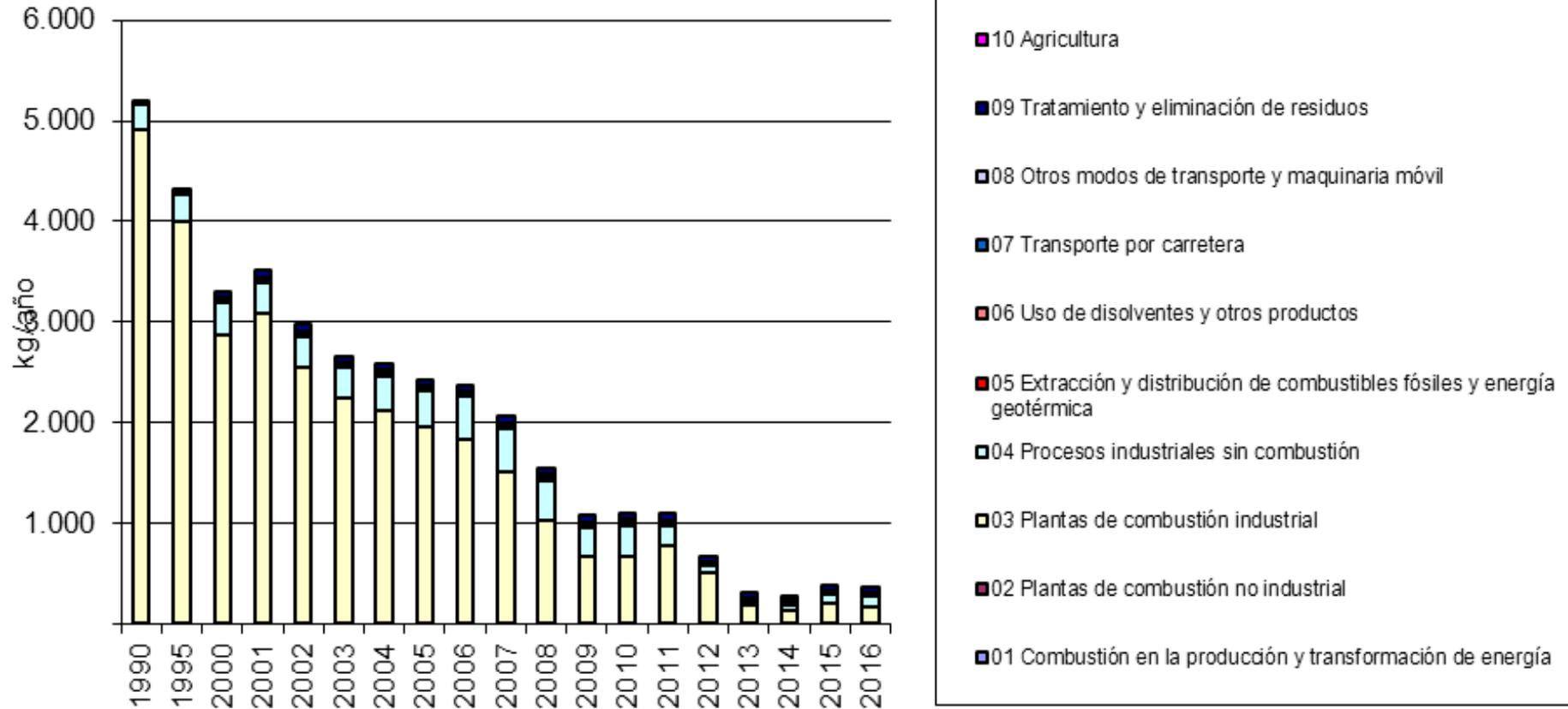


Figura 17. Evolución de las emisiones de Ni (kg/año)

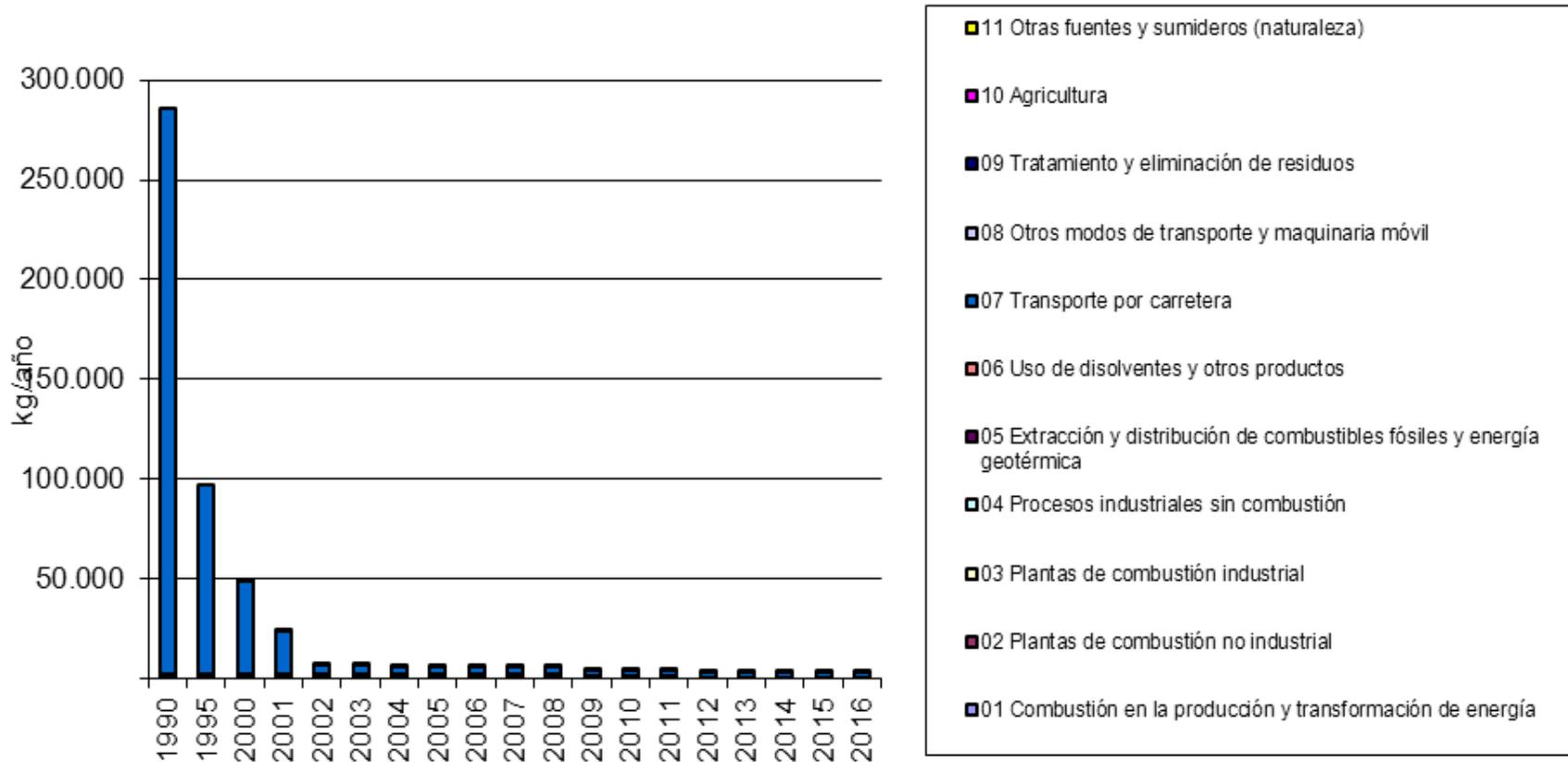


Figura 18. Evolución de las emisiones de Pb (kg/año)

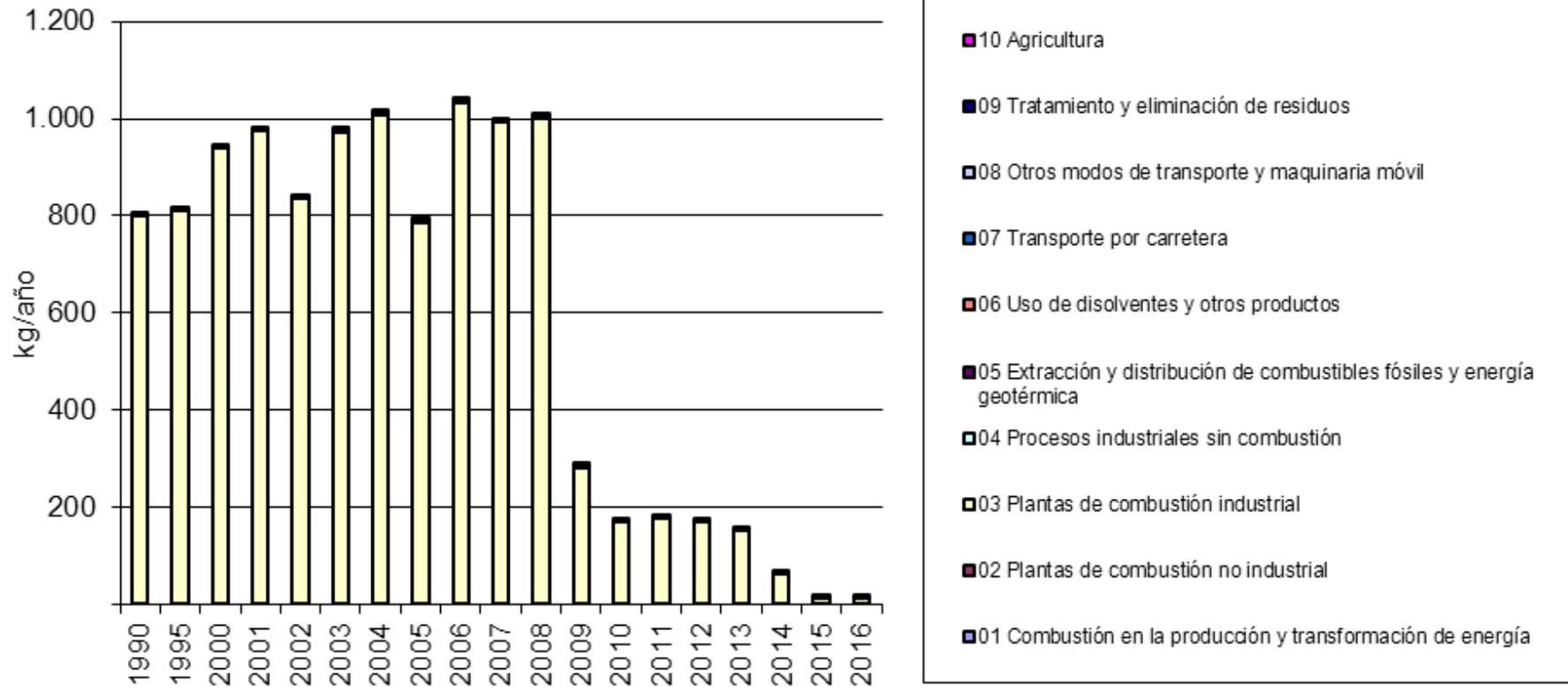


Figura 19. Evolución de las emisiones de Se (kg/año)

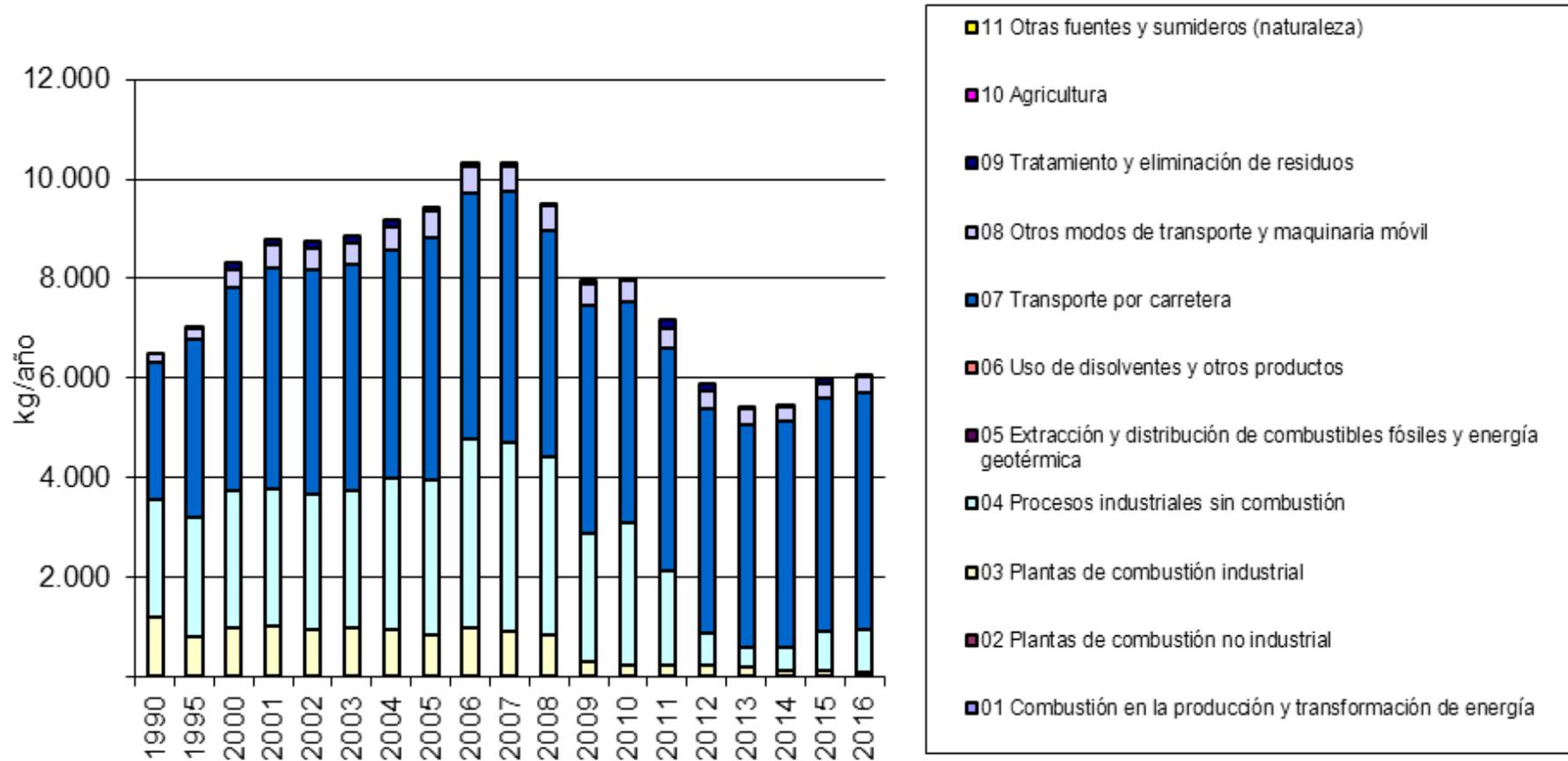


Figura 20. Evolución de las emisiones de Zn (kg/año)

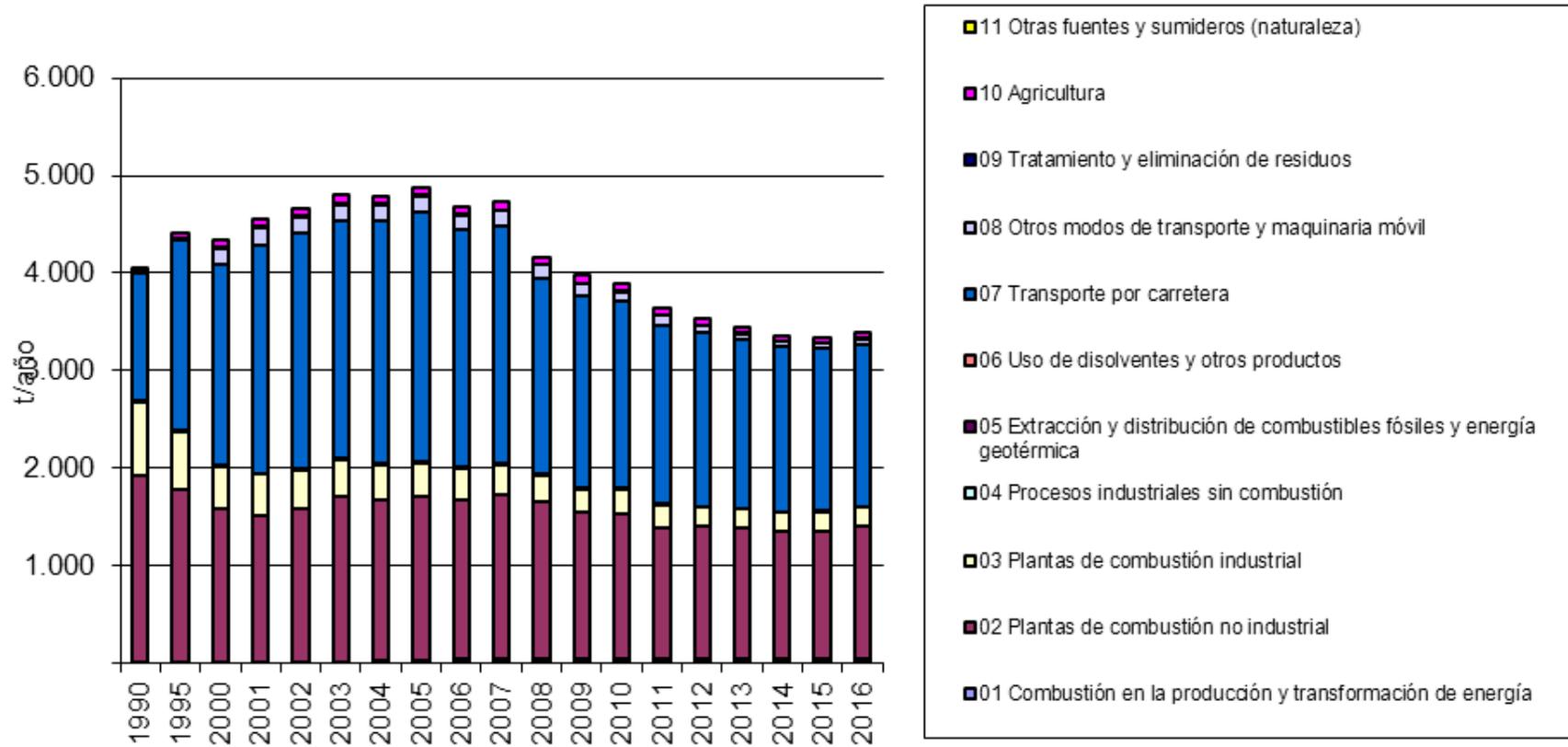


Figura 21. Evolución de las emisiones de PM2,5 (t/año)

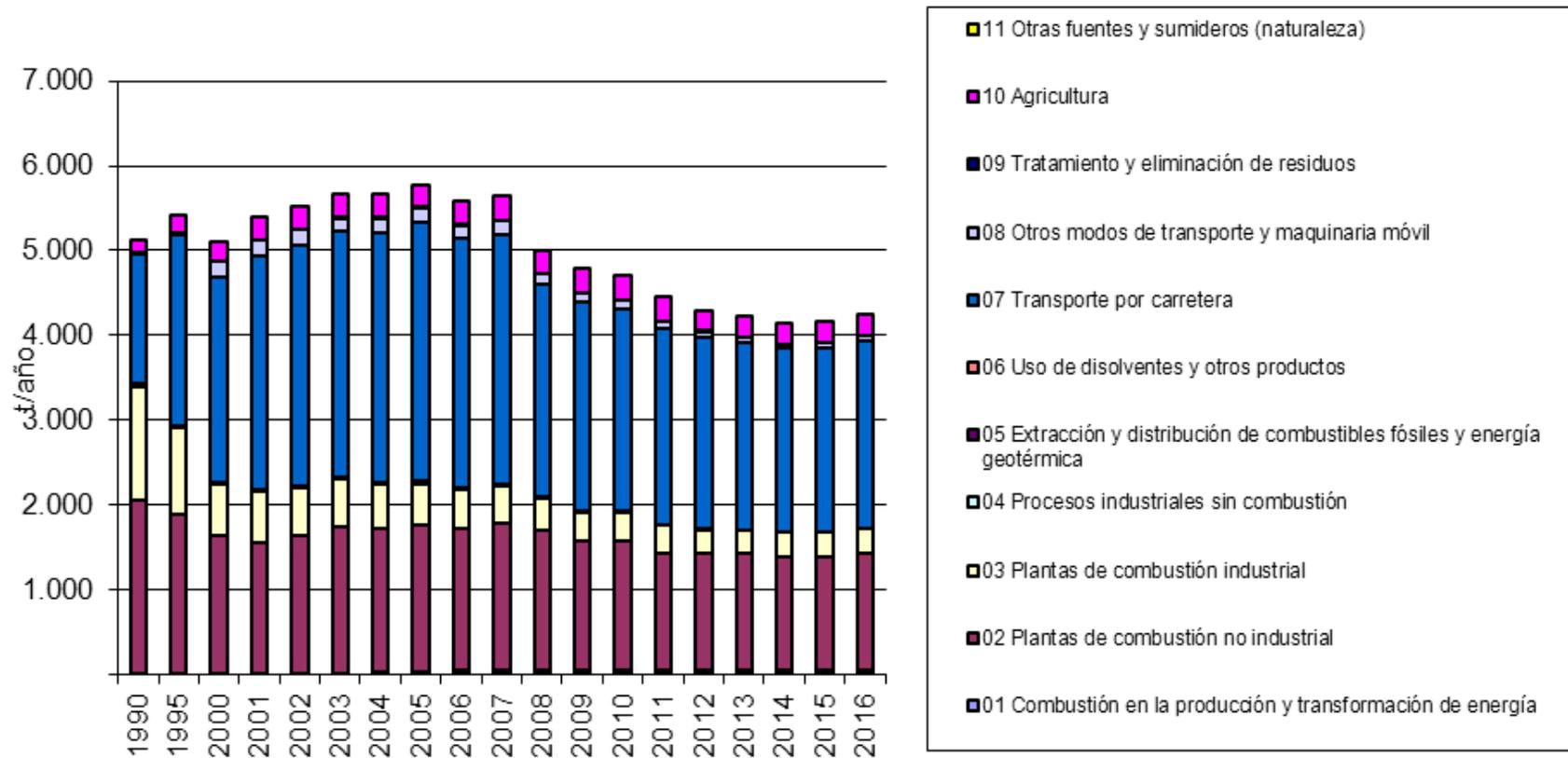


Figura 22. Evolución de las emisiones de PM₁₀ (t/año)

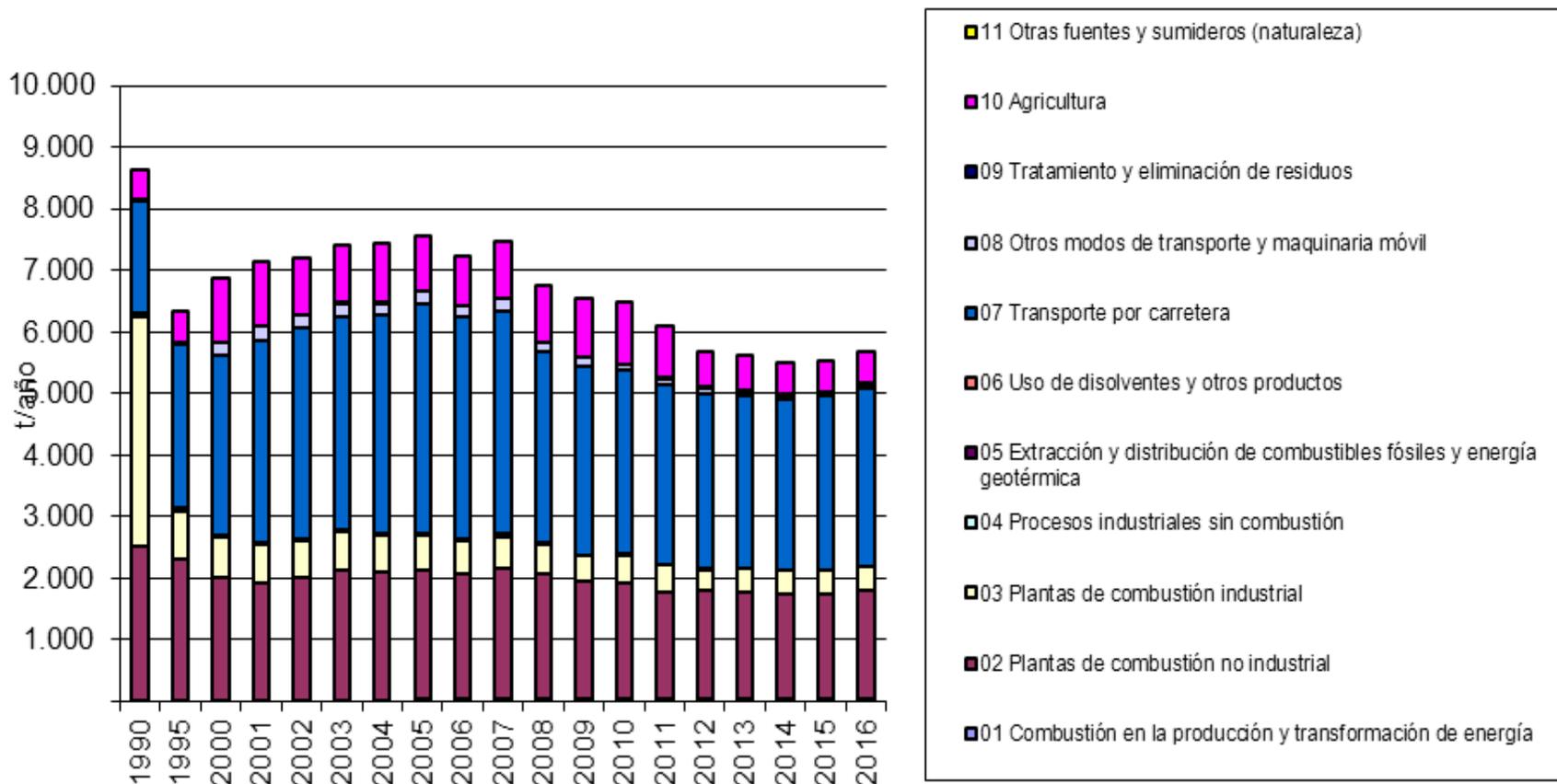


Figura 23. Evolución de las emisiones de PST (t/año)

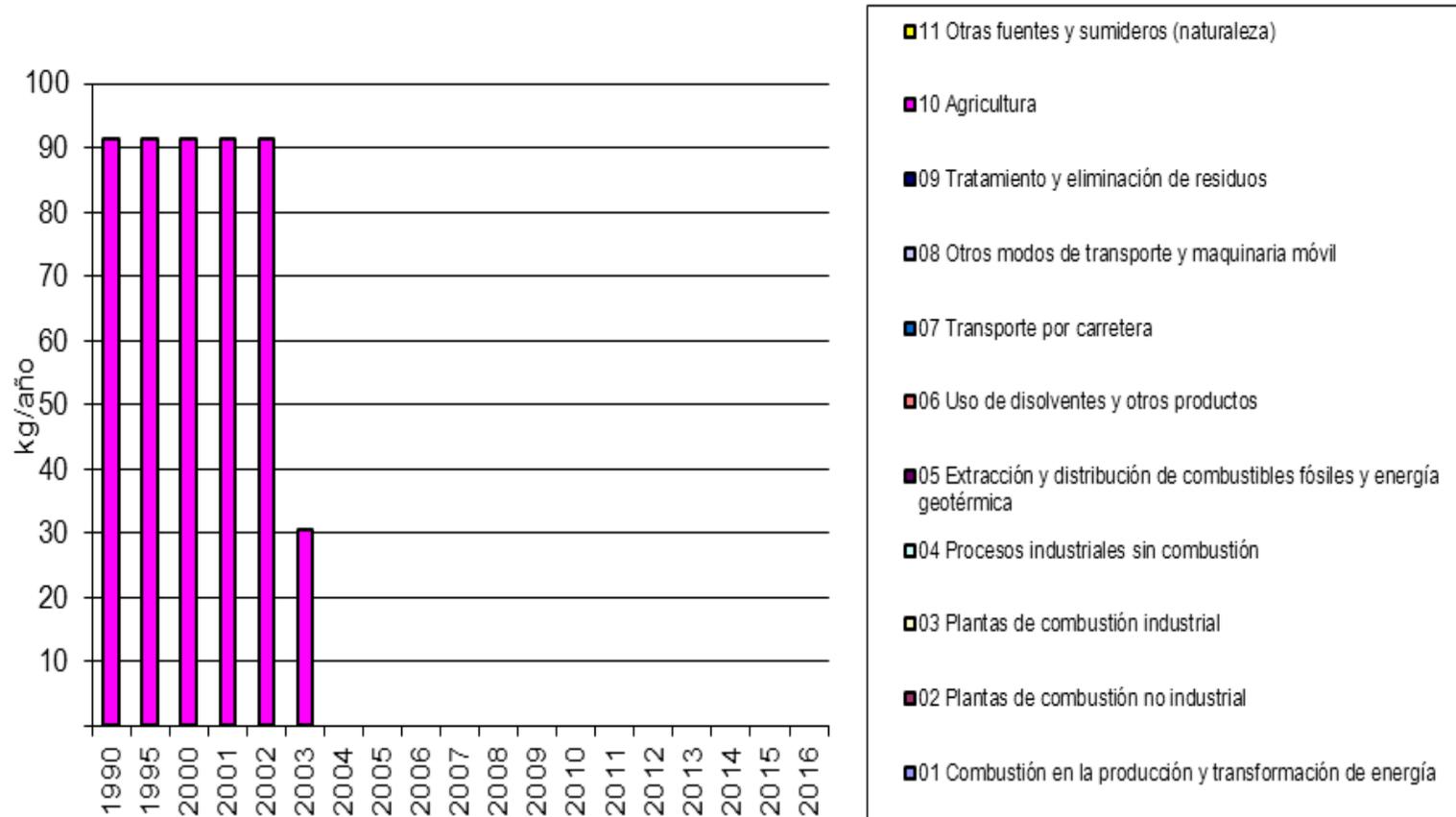


Figura 24. Evolución de las emisiones de Hexaclorociclohexano (HCH) (kg/año)

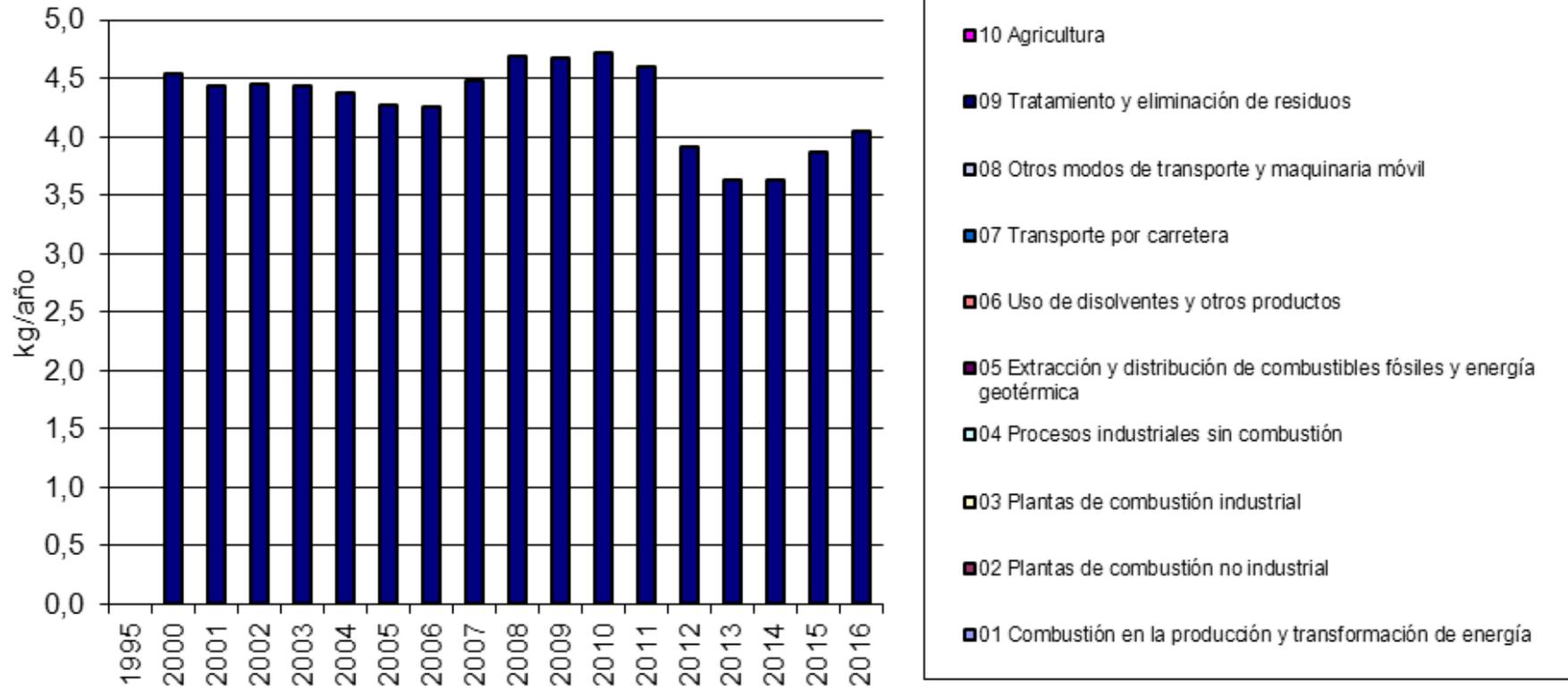


Figura 25. Evolución de las emisiones de Pentaclorofenol (PCP) (kg/año)

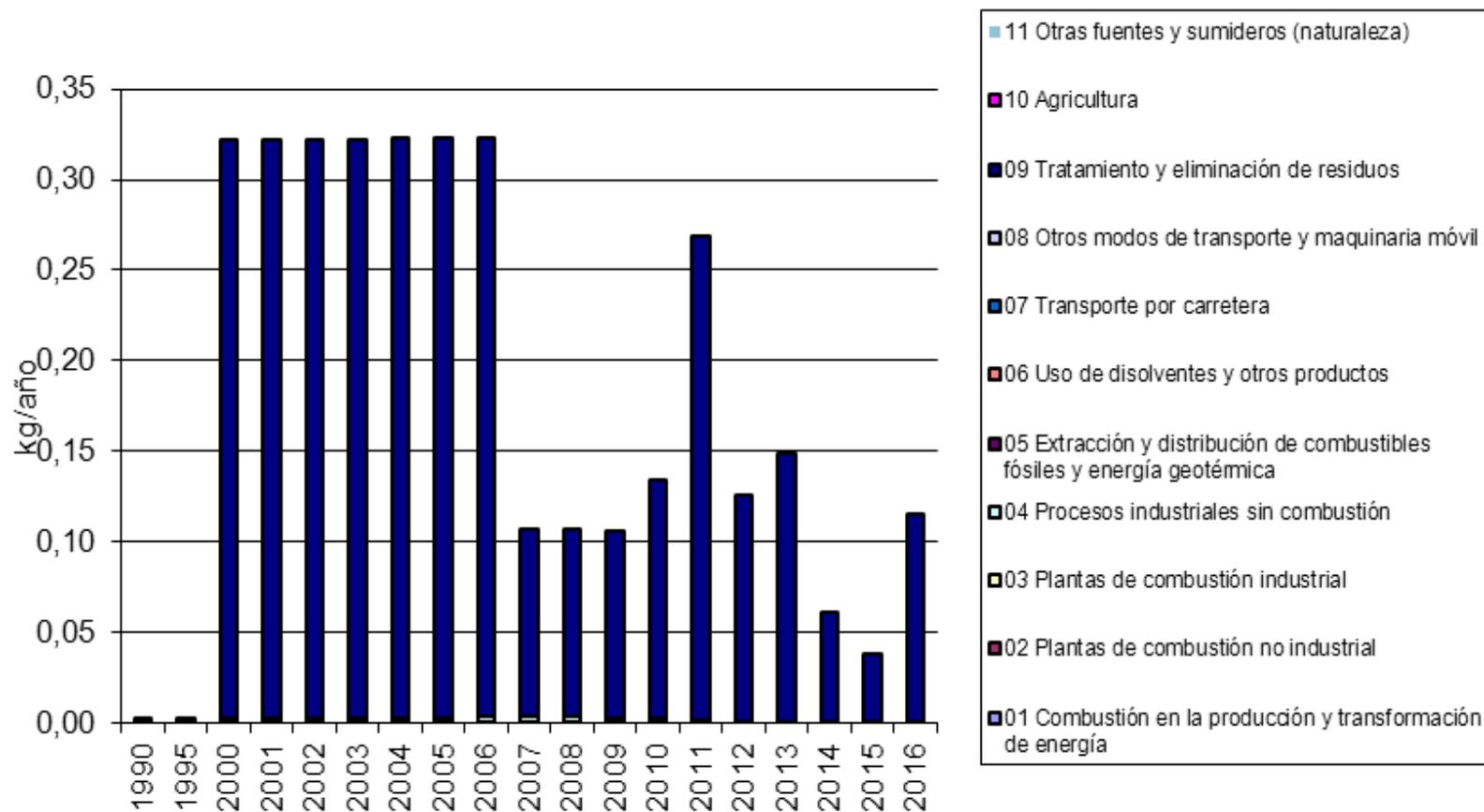


Figura 26. Evolución de las emisiones de Hexaclorobenceno (HCB) (kg/año)

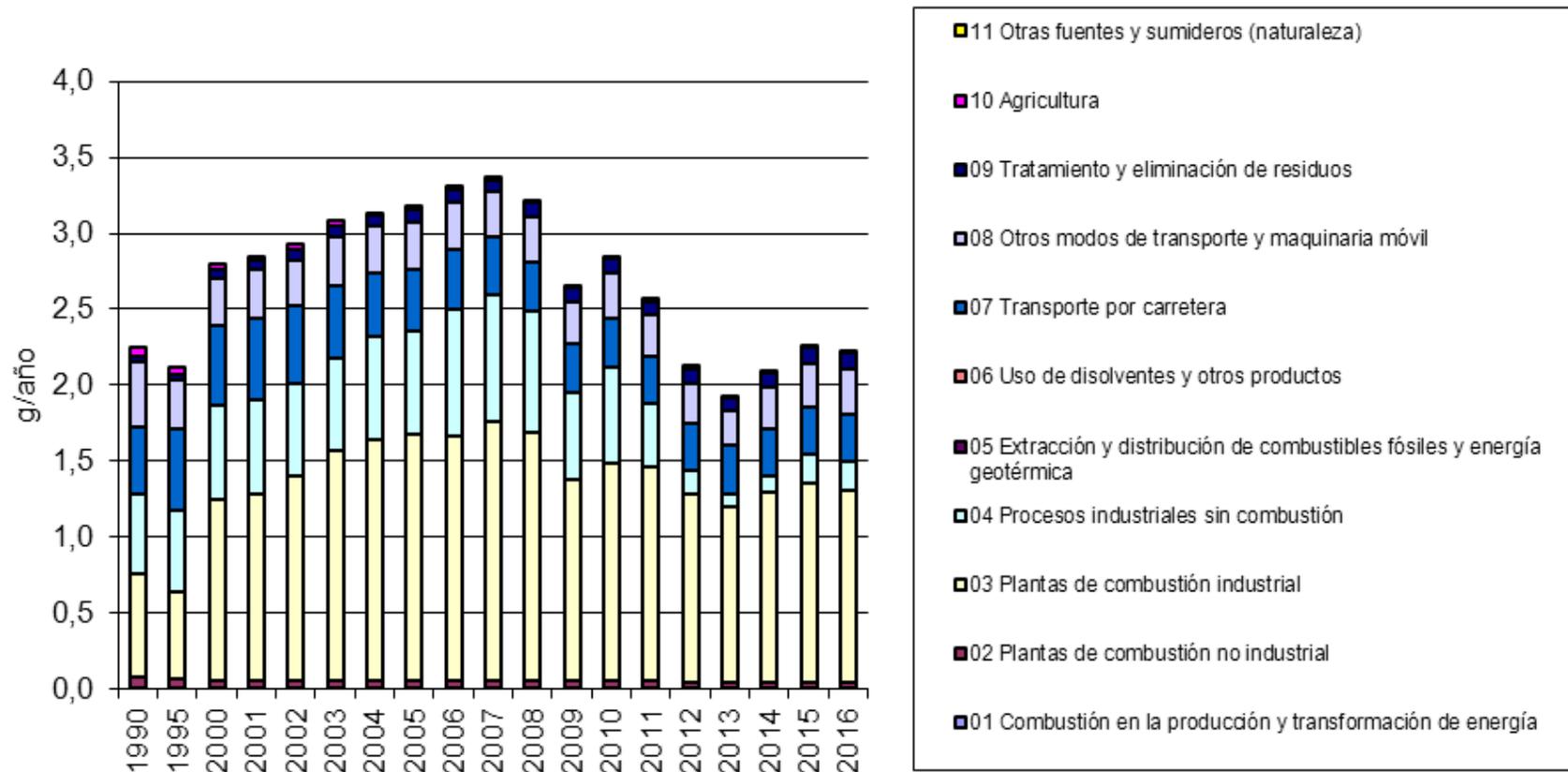


Figura 27. Evolución de las emisiones de DIOX (g/año)

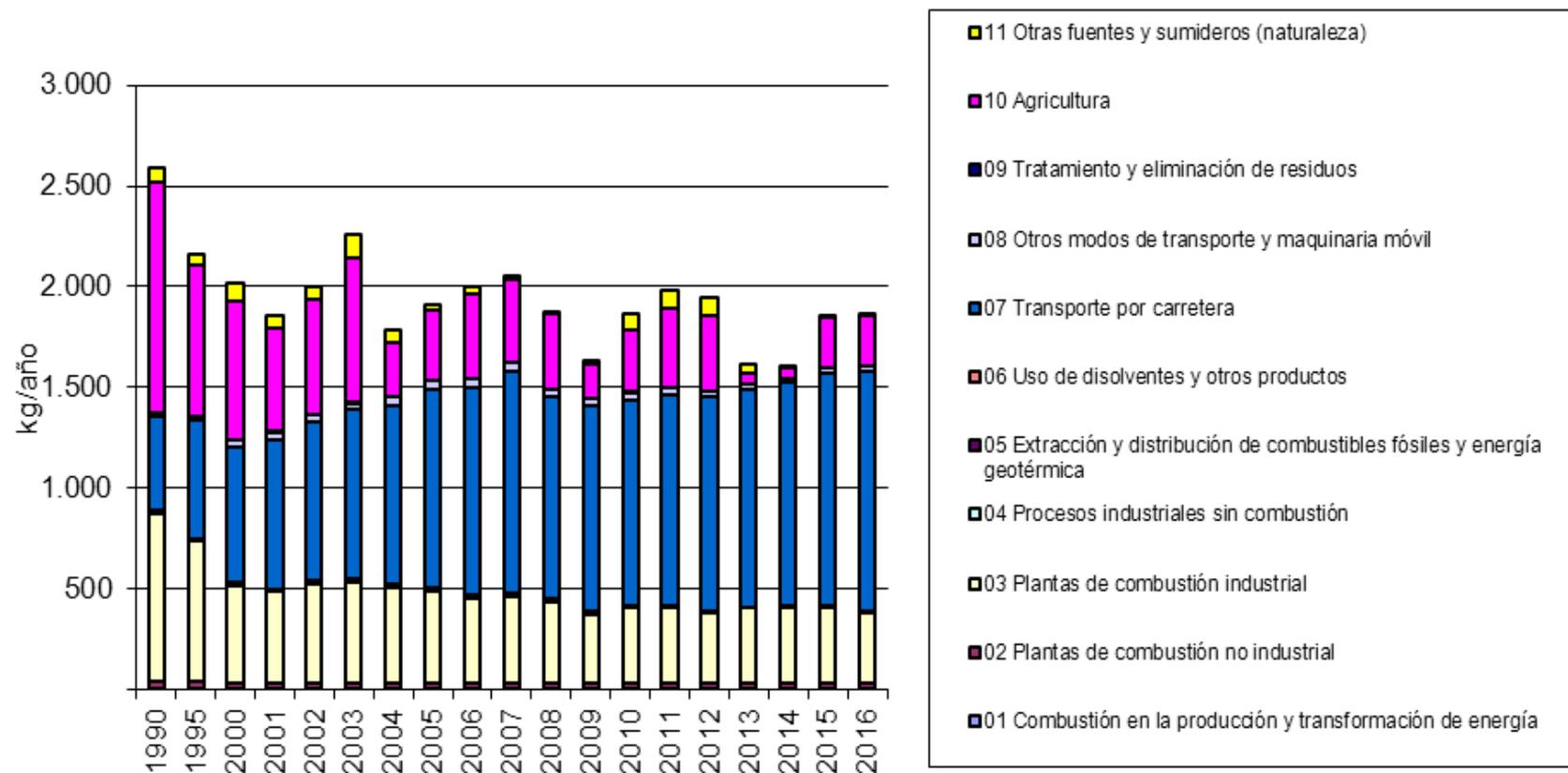


Figura 28. Evolución de las emisiones de HAP (kg/año)

Junto al análisis de las emisiones individuales de cada contaminante, también se ha analizado la contribución global de las emisiones a impactos ambientales en los cuales se encuentran implicados varios compuestos. Los aspectos analizados son los siguientes:

- **Formación de ozono troposférico:** Este aspecto se ha estimado según la metodología y los factores propuestos por Leeuw en 2002, que emplea como referencia las emisiones de COVM y asume que cada tonelada de NO_x emitida equivale a la emisión de 1,22 toneladas de COVM, cada tonelada de CO emitida equivale a 0,11 toneladas de COVM y que cada tonelada de CH₄ emitida equivale a 0,014 toneladas de COVM. En la imagen siguiente se aprecian los resultados obtenidos.

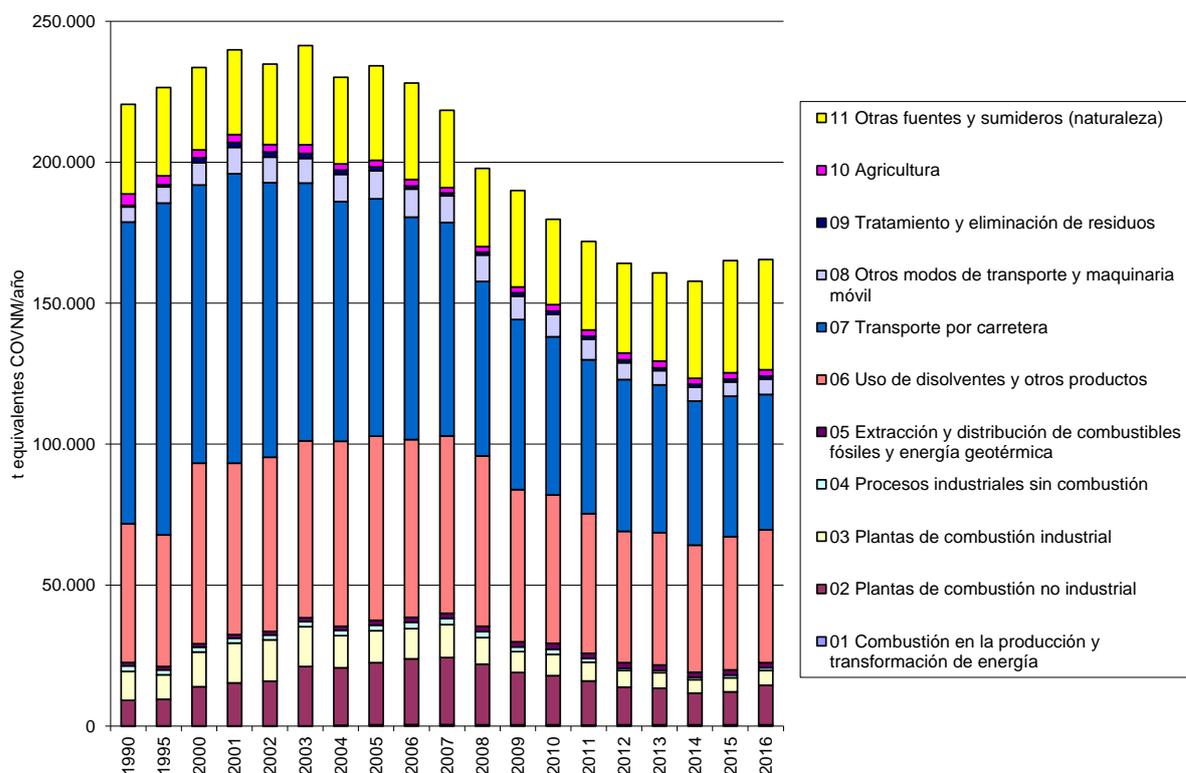


Figura 29. Evolución de la contribución a la formación de ozono troposférico de las emisiones de la Comunidad de Madrid (t equivalentes de COVM/año)

Hasta el año 2005, la contribución a la formación de ozono troposférico de las emisiones de la Comunidad de Madrid supera el equivalente a 230 kt de COVM. Desde entonces se aprecia una clara tendencia a la reducción de las emisiones que permite que en el último año estudiado (2016) la contribución a este aspecto sea inferior a 166 kt equivalentes de COVM.

- **Acidificación:** Esta problemática es analizada considerando la capacidad acidificante de los diferentes compuestos causantes de la lluvia ácida. Para ello se ha aplicado un factor de conversión de 1/32 a las emisiones estimadas de SO₂, de 1/46 a las emisiones estimadas de NO_x y de 1/17 a las emisiones estimadas de NH₃. Estos factores reflejan la capacidad de cada uno de estos contaminantes para ceder hidrogeniones (H⁺).

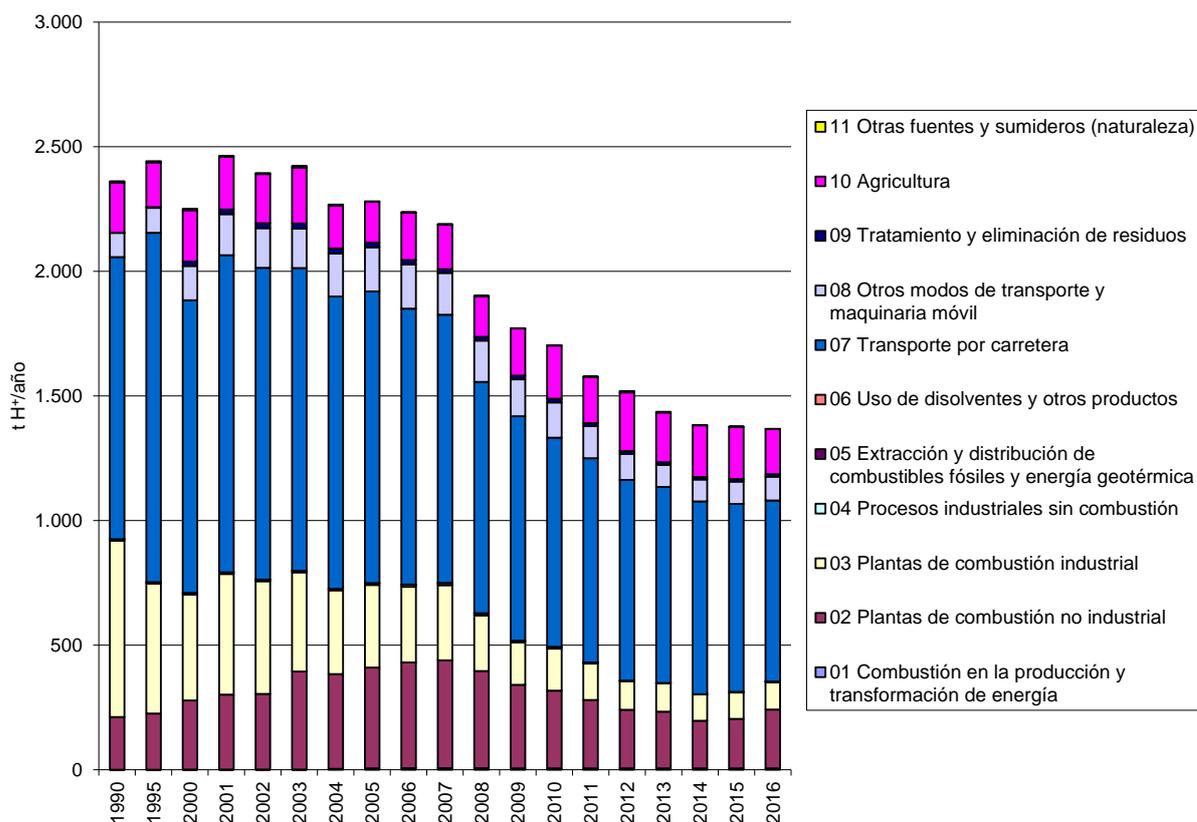


Figura 30. Evolución de la contribución a la acidificación de las emisiones atmosféricas de la Comunidad de Madrid (t de hidrogeniones/año)

La reducción de la contribución a la acidificación asociada a las emisiones de la Comunidad de Madrid en los últimos años es notable. Si bien durante el periodo 1990, 1995 y 2000 - 2007 superaba el equivalente a 2.200 t de H⁺, en el año 2015 no alcanza las 1.400 t de H⁺.

- Cumplimiento de los techos nacionales de emisión definidos en la Directiva 2001/81/CE: Esta norma establece las cantidades máximas que han de ser emitidas de determinados compuestos desde cada uno de los Estados Miembros de la Unión Europea durante el año 2010. En el caso de España, los techos nacionales de emisión son los siguientes:
 - Dióxido de azufre 746 kt SO₂ anuales
 - Óxidos de nitrógeno: 847 kt NO_x anuales
 - Compuestos orgánicos volátiles no metánicos: 662 kt COVNM anuales
 - Amoníaco: 353 kt NH₃ anuales

Según el Plan de Acción de Techos Nacionales de Emisión para la aplicación del II Programa Nacional de Reducción de Emisiones (septiembre 2009), estas cantidades suponen los siguientes porcentajes en relación con las emisiones nacionales del año 1990.

- SO₂: el techo nacional establecido para el año 2010 supone un 36% de las emisiones nacionales del año 1990 y por tanto una reducción del 64%.
- NO_x: el techo nacional establecido para el año 2010 supone un 72% de las emisiones nacionales del año 1990 y por tanto una reducción del 28%.

- COVNM: el techo nacional establecido para el año 2010 supone un 62% de las emisiones nacionales del año 1990 y por tanto una reducción del 38%.
- NH₃: el techo nacional establecido para el año 2010 supone un 104% de las emisiones nacionales del año 1990 y por tanto un aumento del 4%.

En la imagen siguiente se muestran tanto estos porcentajes (índices de reducción a nivel nacional), como la evolución de las emisiones de la Comunidad de Madrid asignando a las emisiones de cada uno de estos compuestos en el año 1990 un valor de 100. Es por tanto posible comparar las reducciones de emisiones necesarias a nivel estatal para lograr el cumplimiento de los techos nacionales de emisiones (líneas horizontales de puntos) y la evolución de las emisiones de la Comunidad de Madrid (líneas sólidas).

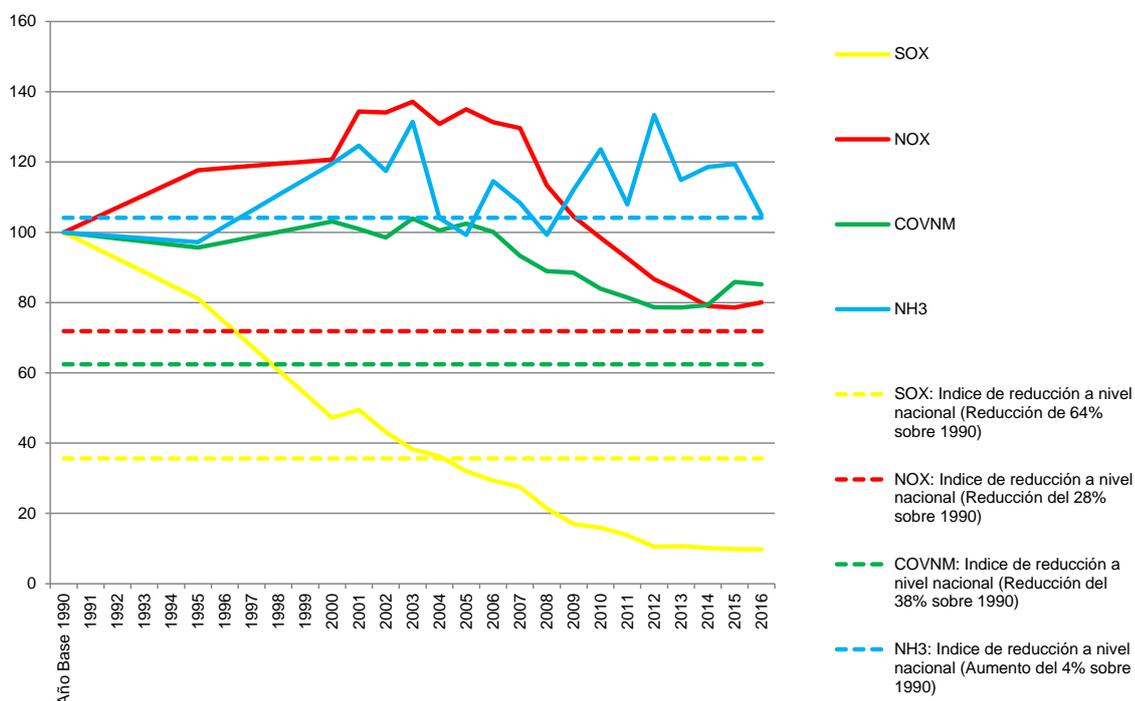


Figura 31. Evolución de las emisiones en la Comunidad de Madrid de aquellos contaminantes para los que se han establecido techos nacionales de emisión mediante la Directiva 81/2001 (emisiones del año 1990=100).

En el año 2016, la evolución de las emisiones desde la Comunidad de Madrid de SO_x, NO_x y NH₃ se alinea con las tendencias necesarias para lograr el cumplimiento de los techos nacionales de emisión. Por el contrario, la evolución de las emisiones de COVNM, no alcanza aún el objetivo establecido a nivel estatal por los techos nacionales de emisión. No obstante, tal y como se ha expuesto anteriormente los principales impactos causados por estas sustancias a nivel regional (formación de ozono troposférico y acidificación respectivamente) se han visto limitados si se analizan el conjunto de las emisiones atmosféricas.

El 14 de diciembre de 2016 se publicó la Directiva (UE) 2016/2284 relativa a la reducción de las emisiones nacionales de determinados contaminantes atmosféricos, por la que se modifica la Directiva 2003/35/CE y se deroga la Directiva 2001/81/CE. Según el artículo 21 de esta directiva, la Directiva 2001/81/CE queda derogada con efectos a partir del 1 de julio de 2018, no obstante los artículos 1 y 4 y el anexo I, relativos a las cantidades máximas de emisión para los diferentes contaminantes, seguirán aplicándose hasta el 31 de diciembre de 2019. Por lo tanto hasta el año 2019 las emisiones están limitadas en los valores que se han indicado, pero a partir de ese año se han establecido unos nuevos objetivos de reducción a cumplir entre los años 2020 y 2029. Estos objetivos se establecen en el Anexo II de la

Directiva 2016/2284, y son relativos a las emisiones del año 2005. Como novedad a la normativa anterior se incluyen objetivos de reducción para las $PM_{2,5}$. Para España, los objetivos de reducción con respecto a las emisiones de 2005 son los siguientes:

- Dióxido de azufre: 67%
- Óxidos de nitrógeno: 41%
- Compuestos orgánicos volátiles no metánicos: 22%
- Amoníaco: 3%
- $PM_{2,5}$: 15%

A continuación se incluye una imagen en la que se muestran tanto estos porcentajes de reducción establecidos en la directiva (índices de reducción a nivel nacional), como la evolución de las emisiones de la Comunidad de Madrid asignando a las emisiones de cada uno de estos compuestos en el año 2005 un valor de 100. Así es posible comparar las reducciones de emisiones necesarias a nivel estatal para lograr el cumplimiento de los techos nacionales de emisiones (líneas horizontales de puntos) y la evolución de las emisiones de la Comunidad de Madrid (líneas sólidas).

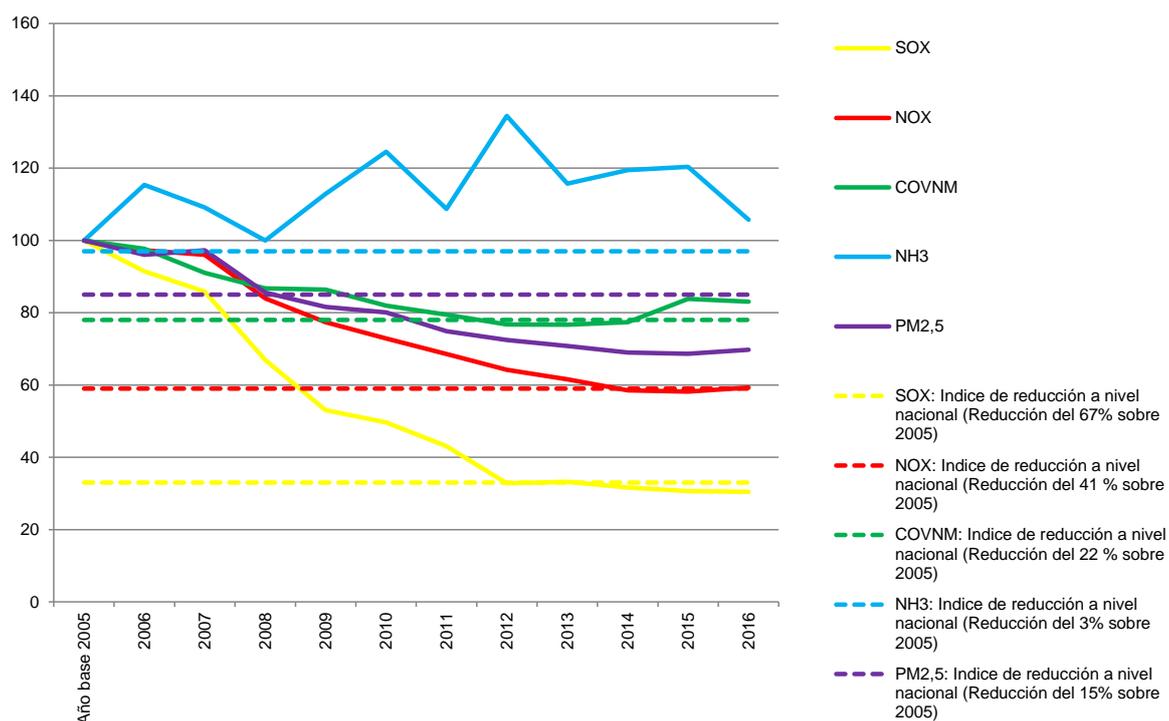


Figura 32. Evolución de las emisiones en la Comunidad de Madrid de aquellos contaminantes para los que se han establecido techos nacionales de emisión mediante la Directiva 2016/2284 (emisiones del año 2005=100).

En el año 2016, la evolución de las emisiones desde la Comunidad de Madrid de todos los contaminantes se alinea con las tendencias necesarias para lograr el cumplimiento de los techos nacionales de emisión, habiéndose conseguido ya en algunos de los casos ($PM_{2,5}$, SO_x y NO_x) o el valor es muy próximo al objetivo establecido ($COVNM$). El único contaminante más alejado del índice de reducción establecido es el NH_3 .

- El Cambio climático es analizado más detalladamente en la exposición de los resultados en formato CRF.

3.2. Síntesis de los resultados en formato CRF

En el presente apartado se analizan los resultados obtenidos tras la elaboración del inventario de emisiones, presentando los mismos exclusivamente en formato CRF, que se limita al estudio de las emisiones y captaciones de GEI.

Desde el año 2007 las emisiones de GEI de la Comunidad de Madrid descienden año tras año hasta el año 2014, principalmente como consecuencia de la reducción de las emisiones del sector transporte y del sector industrial. En los dos últimos años, 2015 y 2016, se ha producido un aumento de las emisiones, que se refleja en todos los sectores, menos en 2016 en agricultura. La emisión total de gases efecto invernadero de la Comunidad de Madrid en el año 2016 fue de 20,9 millones de toneladas equivalentes de CO₂, lo que representa un aumento del 4,8% respecto a las emisiones del año 2015 y un incremento del 53,9% respecto a las emisiones del año base.

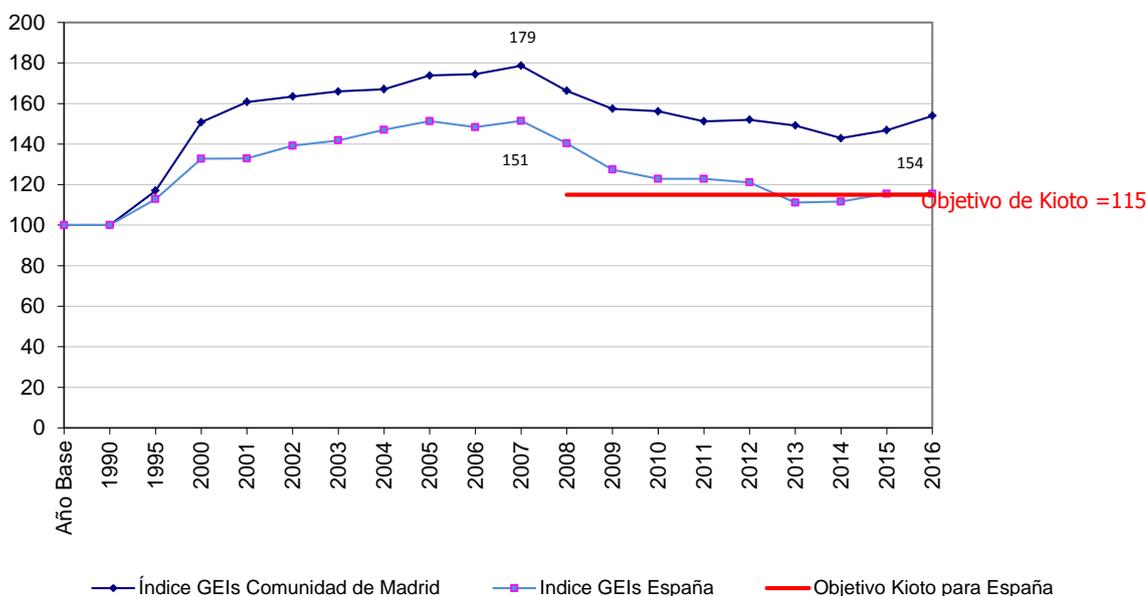


Figura 33. Índice de evolución de las emisiones de gases de efecto invernadero en la Comunidad de Madrid, en la Unión Europea y en España (año base =100)

A continuación se muestra la evolución de las emisiones de GEI para cada uno de los sectores analizados:

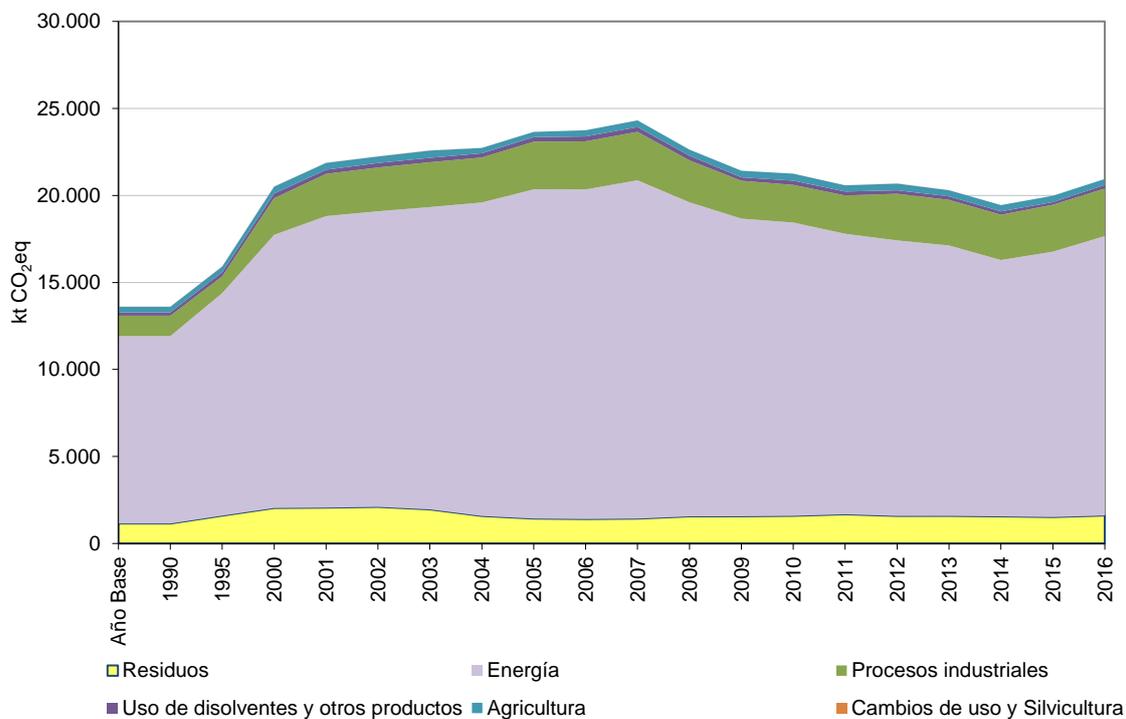


Figura 34. Emisiones de GEI de los diferentes sectores analizados desde el año base hasta el año 2016 (ktCO₂eq)

CATEGORÍAS DE ACTIVIDAD	EMISIONES GASES DE EFECTO INVERNADERO 2016						
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	HFCs	PFCs	SF ₆	Total
	Kt CO ₂ equivalente						
Total Emisiones con Cambios de uso del suelo y silvicultura	15.959,26	1.939,61	361,13	2.262,91	0,15	54,47	20.577,53
Total Emisiones sin Cambios de uso del suelo y silvicultura	16.328,86	1.939,61	361,13	2.262,91	0,15	54,47	20.947,13
1. Procesado de la energía	15.707,73	239,69	109,18				16.056,60
A. Actividades de combustión	15.707,65	87,55	109,18				15.904,38
1. Industrias del Sector Energético	21,15	0,12	0,18				21,44
2. Industrias manufactureras y de la construcción	1.600,18	5,20	10,90				1.616,29
3. Transporte	9.234,16	17,85	92,14				9.344,15
4. Otros Sectores	4.852,16	64,39	5,95				4.922,50
5. Otros							0,00
B. Emisiones fugitivas de los combustibles	0,08	152,14	0,00				152,21
1. Combustibles sólidos		0,10					0,10
2. Petróleo y gas natural	0,08	152,04					152,12
2.. Procesos Industriales	414,12	0,00	0,00	2.262,91	0,15	54,47	2.731,65
A. Productos Minerales	403,98						403,98
B. Industria química							0,00
C. Producción metalúrgica	10,14						10,14
D. Otras Industrias							0,00
E. Producción de halocarburos y SF6							0,00
F. Consumo de halocarburos y SF6				2.262,91	0,15	54,47	2.317,53
G. Otros							0,00
3. Uso de disolventes y otros productos	125,88		79,79				205,67
4. Agricultura	0,00	192,57	152,98				345,56
A. Fermentación entérica		166,07					166,07
B. Gestión del estiércol		23,06	55,23				78,29
C. Cultivo de arroz							0,00
D. Suelos agrícolas		0,00	97,71				97,71
E. Quemadas planificadas de sabanas							0,00
F. Quema en el campo de residuos agrícolas		3,44	0,04				3,49
G. Otros							0,00
5. Cambios de uso del suelo y silvicultura	-369,60	0,08	0,02				0,10
6. Tratamiento y eliminación de residuos	81,13	1.507,26	19,16				1.607,56
A. Depósito en vertederos		1.352,61	0,00				1.352,61
B. Tratamiento de aguas residuales		154,64	11,11				165,76
C. Incineración de residuos	80,20	0,00	8,05				88,25
D. Otros	0,93	0,00	0,00				0,93
7. Otros							0,00

Tabla 13. Emisiones de GEI en la Comunidad de Madrid en el año 2016 (kt CO₂eq)

Nota: en el apartado de Cambio de uso de la tierra están incluidas tanto las absorciones de CO₂ del cambio del uso de la tierra, como las emisiones de CH₄ y N₂O procedentes de los incendios.

CATEGORÍAS DE ACTIVIDAD	EMISIONES GASES DE EFECTO INVERNADERO 1990						
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	HFCs	PFCs	SF ₆	Total
	Kt CO ₂ equivalente						
Total Emisiones con Cambios de uso del suelo y silvicultura	10.930,21	1.250,58	488,93	594,77	0,00	11,86	13.276,35
Total Emisiones sin Cambios de uso del suelo y silvicultura	11.264,50	1.250,58	488,93	594,77	0,00	11,86	13.610,64
1. Procesado de la energía	10.576,46	123,76	69,33				10.769,55
A. Actividades de combustión	10.576,46	103,96	69,33				10.749,74
1. Industrias del Sector Energético	7,74	0,00	0,04				7,78
2. Industrias manufactureras y de la construcción	2.505,53	2,98	15,54				2.524,06
3. Transporte	4.954,03	64,90	46,78				5.065,71
4. Otros Sectores	3.109,15	36,07	6,97				3.152,19
5. Otros							0,00
B. Emisiones fugitivas de los combustibles	0,01	19,80	0,00				19,81
1. Combustibles sólidos		4,24					4,24
2. Petróleo y gas natural	0,01	15,56					15,57
2.. Procesos Industriales	565,03	0,00	0,00	594,77	0,00	11,86	1.171,65
A. Productos Minerales	538,78						538,78
B. Industria química							0,00
C. Producción metalúrgica	26,25						26,25
D. Otras Industrias							0,00
E. Producción de halocarburos y SF6							0,00
F. Consumo de halocarburos y SF6				594,77	0,00	11,86	606,63
G. Otros							0,00
3. Uso de disolventes y otros productos	122,67		71,31				193,98
4. Agricultura	0,00	166,25	154,89				321,14
A. Fermentación entérica		118,96					118,96
B. Gestión del estiércol		42,75	33,87				76,62
C. Cultivo de arroz							0,00
D. Suelos agrícolas		0,00	119,06				119,06
E. Quemadas planificadas de sabanas							0,00
F. Quema en el campo de residuos agrícolas		4,53	1,97				6,50
G. Otros							0,00
5. Cambios de uso del suelo y silvicultura	-334,29	5,50	1,75				7,25
6. Tratamiento y eliminación de residuos	0,33	955,07	191,66				1.147,06
A. Depósito en vertederos		668,43	0,00				668,43
B. Tratamiento de aguas residuales		286,63	191,66				478,28
C. Incineración de residuos	0,00	0,00	0,00				0,00
D. Otros	0,33	0,02	0,00				0,35
7. Otros							0,00

Tabla 14. Emisiones de GEI en la Comunidad de Madrid en el año 1990 (kt CO₂eq)

En el año 2016, las emisiones de CO₂ representan un 78% de las emisiones totales de GEI, como se puede apreciar en la siguiente figura. El siguiente gas en cuanto a su contribución al cambio climático son los gases fluorados (11%). Las emisiones de N₂O representan el 2% y las de CH₄ el 9% restante.

En cambio, difieren de las registradas al principio de la serie histórica (año 1990), ya que en ese momento las emisiones de gases fluorados carecían de importancia relativa, mientras que la importancia del CO₂ era superior (83%).

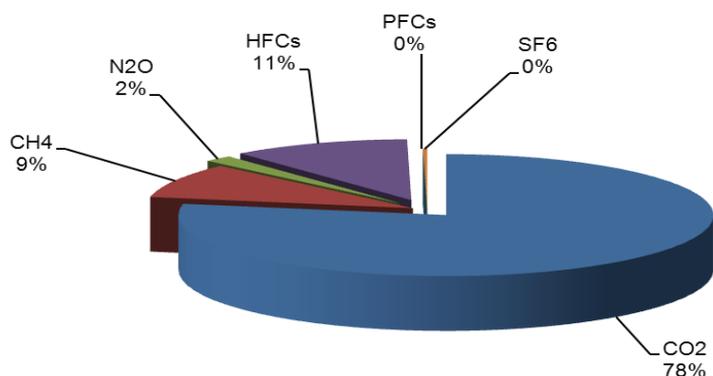


Figura 35. Contribución porcentual de cada GEI al total de las emisiones en la Comunidad de Madrid en el año 2016

En cuanto al análisis sectorial de las emisiones, como se puede apreciar en el gráfico siguiente, las actividades relacionadas con el procesado de la energía son las que cuentan con una mayor contribución al cambio climático. El tratamiento y eliminación de residuos y los procesos industriales también contribuyen sustancialmente a las emisiones, fundamentalmente como consecuencia de sus importantes emisiones de CH₄ y N₂O.

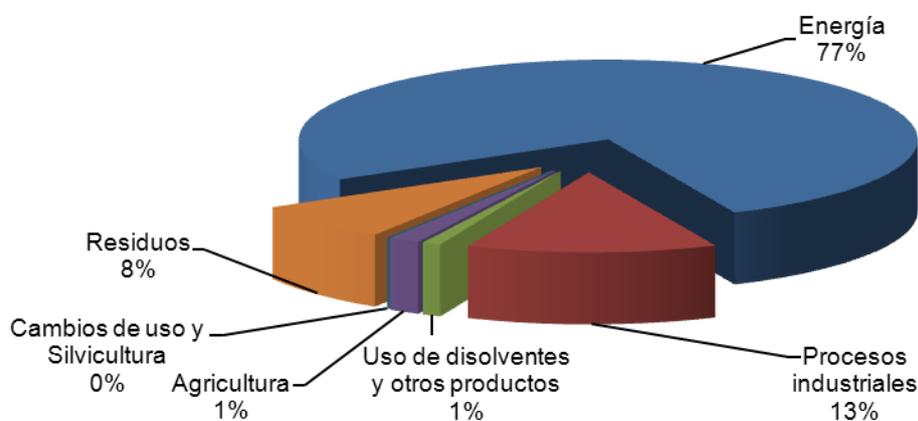


Figura 36. Emisiones de GEIs por fuente de emisión en la Comunidad de Madrid en el año 2016

Nota: no se incluyen las absorciones del Uso de la Tierra

3.3. Análisis de las emisiones indirectas de GEI

En el caso de la Comunidad de Madrid (CM) la proporción de energía eléctrica producida en el territorio de la de la CM respecto al consumo final de energía eléctrica ha variado en el tiempo, pasando de un 5,2% en 2000 a un 5,7 % en 2016, con notables fluctuaciones a lo largo de los años. Los estándares de cuantificación de emisiones establecidos por Naciones Unidas y otros organismos internacionales determinan que los inventarios de emisiones deben incluir las emisiones producidas en el ámbito territorial de la entidad declarante, es decir, en este caso en el territorio de la Comunidad de Madrid. Este es el planteamiento que se sigue en el análisis de las emisiones que se aborda en el resto de capítulos.

No obstante, al contabilizarse de esta manera, se impide establecer escenarios comparables que permitan cuantificar los esfuerzos para la limitación de las emisiones entre territorios que tienen un elevado grado de aprovisionamiento y aquellos que importan energía y bienes con elevadas emisiones asociadas. Por este motivo, en situaciones como la descrita, se considera una buena práctica contabilizar todas las emisiones asociadas a la importación de energía eléctrica a lo largo del tiempo. De este modo, en el presente capítulo se realiza un análisis de las emisiones asociadas al consumo eléctrico en los distintos sectores de actividad de la Comunidad de Madrid que no es satisfecho por la generación registrada en el territorio de la propia Comunidad de Madrid.

El cálculo de las emisiones asociadas al consumo de energía eléctrica se lleva a cabo con un factor de emisión obtenido del informe "Factores de emisión de CO₂ y coeficientes de paso a energía primaria de diferentes fuentes de energía final consumidas en el sector edificios en España", Versión 20/07/2014, publicado por el IDAE. La ecuación aplicada para el cálculo de las emisiones es la siguiente

$$E_{EE} = C_{EE} \times FE_{CO_2_{EE}} \times ((100 - \%Autogeneración)/100) / 1.000.000 \quad [\text{Ecuación 1}]$$

Donde,

E_{EE} = Emisiones de CO₂ del consumo de energía eléctrica (kt CO₂).

C_{EE} = Consumo de Energía eléctrica en los distintos sectores (kWh).

$FE_{CO_2_{EE}}$ = Factor de emisión de CO₂ asociado al consumo de energía eléctrica (kg CO₂/kWh).

% Autogeneración = porcentaje que representa la energía eléctrica generada en la Comunidad de Madrid en relación con el total de energía eléctrica consumida.

3.3.1 Datos de actividad

Las variables de actividad más relevantes son los consumos de energía eléctrica, su asignación a los distintos sectores y el porcentaje de energía eléctrica consumida que se genera en la Comunidad de Madrid. Las fuentes de información utilizadas son:

- Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid. "Balance Energético de la Comunidad de Madrid".
- IDAE. "Factores de emisión de CO₂ y coeficientes de paso a energía primaria de diferentes fuentes de energía final consumidas en el sector edificios en España". Versión 20/07/2014.

Consumo energía eléctrica en los diferentes sectores de la Comunidad de Madrid								
Año	Agricultura	Energético	Industria	Transporte	Servicios	Doméstico	Otros	Total
	Ktep	Ktep	Ktep	Ktep	Ktep	Ktep	Ktep	Ktep
1990	2,41	9,81	222,07	55,36	393,14	403,57	117,14	1.203,48
1995	2,83	11,53	261,15	65,10	462,33	474,59	137,75	1.415,28
2000	3,00	7,00	394,00	86,00	694,00	611,00	76,00	1.871,00
2001	4,00	8,00	410,00	93,00	742,00	651,00	70,00	1.978,00
2002	4,00	8,00	408,00	91,00	797,00	682,00	66,00	2.056,00
2003	4,00	9,00	426,00	99,00	859,00	718,00	66,00	2.181,00
2004	4,00	9,00	438,00	100,00	920,00	761,00	57,00	2.289,00
2005	5,00	26,00	433,00	103,00	996,00	784,00	54,00	2.401,00
2006	5,00	30,00	455,00	100,00	1.054,00	800,00	50,00	2.494,00
2007	5,00	20,00	462,00	114,00	1.085,00	818,00	47,00	2.551,00
2008	5,00	10,00	449,00	123,00	1.143,00	857,00	45,00	2.632,00
2009	6,00	8,00	400,00	92,00	1.176,00	869,00	27,00	2.578,00
2010	6,00	9,00	399,00	94,00	1.165,00	852,00	19,00	2.544,00
2011	6,00	8,00	372,00	167,00	1.078,00	818,00	16,00	2.465,00
2012	5,00	9,00	283,00	162,00	1.018,00	736,00	8,00	2.221,00
2013	4,00	8,00	288,00	82,00	1.080,00	709,00	4,00	2.175,00
2014	5,00	22,00	301,00	156,00	1.028,00	759,00	4,00	2.275,00
2015	5,00	22,00	306,00	159,00	1.048,00	766,00	4,00	2.310,00
2016	6,00	21,00	316,00	85,00	1.117,00	773,00	4,00	2.322,00

Tabla 15. Consumo de energía eléctrica en los diferentes sectores de la Comunidad de Madrid según el balance de energía (ktep)

Generación de energía eléctrica en la Comunidad de Madrid		
Año	Generación	Autogeneración
	Ktep	%
1990		
1995		
2000	97,0	5,18%
2001	109,5	5,54%
2002	122,0	5,93%
2003	140,5	6,44%
2004	159,0	6,95%
2005	172,5	7,18%
2006	186,0	7,46%
2007	183,5	7,19%
2008	181,0	6,88%
2009	186,0	7,21%
2010	191,0	7,51%
2011	208,0	8,44%
2012	190,0	8,55%
2013	187,0	8,60%
2014	162,0	7,12%
2015	131,0	5,67%
2016	132,0	5,68%

Tabla 16. Energía eléctrica generada en la Comunidad de Madrid

3.3.2 Factores de emisión

Los factores de emisión empleados son los siguientes (Fuente: IDAE. "Factores de emisión de CO₂ y coeficientes de paso a energía primaria de diferentes fuentes de energía final consumidas en el sector edificios en España". Versión 20/07/2014 para los años 2005-2012, Libro de la Energía en España 2013 y 2014, para los respectivos años y la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia para los años 2015 y 2016):

Factores de emisión de CO ₂ para el consumo eléctrico	
Año	kg CO ₂ /kWh
2005	0,44
2006	0,44
2007	0,45
2008	0,38
2009	0,36
2010	0,28
2011	0,33
2012	0,37
2013	0,29
2014	0,31
2015	0,40
2016	0,36

Tabla 17. Factores de emisión del consumo eléctrico (Kg CO₂/kWh)

3.3.3 Resultados

En la tabla siguiente se muestran las emisiones indirectas estimadas, resultantes del consumo de energía eléctrica importada en la Comunidad de Madrid para los distintos sectores.

Emisiones de CO ₂ indirectas del consumo de energía eléctrica importada en la Comunidad de Madrid								
Año	ktCO ₂							
	Agricultura	Energético	Industria	Transporte	Servicios	Doméstico	Otros	Total
2005	24,26	126,15	2.100,87	499,75	4.832,50	3.803,89	262,00	11.649,42
2006	24,17	145,02	2.199,43	483,39	5.094,95	3.867,13	241,70	12.055,79
2007	24,61	98,46	2.274,40	561,22	5.341,40	4.026,97	231,38	12.558,45
2008	20,84	41,67	1.871,14	512,58	4.763,27	3.571,41	187,53	10.968,45
2009	23,38	31,17	1.558,39	358,43	4.581,67	3.385,60	105,19	10.043,82
2010	18,13	27,20	1.205,96	284,11	3.521,15	2.575,12	57,43	7.689,10
2011	21,31	28,41	1.321,22	593,13	3.828,70	2.905,27	56,83	8.754,87
2012	19,97	35,94	1.130,18	646,96	4.065,45	2.939,27	31,95	8.869,71
2013	12,56	25,13	904,54	257,54	3.392,02	2.226,80	12,56	6.831,16
2014	16,46	72,41	990,66	513,43	3.383,38	2.498,04	13,16	7.487,54
2015	21,51	94,66	1.316,64	684,13	4.509,27	3.295,89	17,21	9.939,32
2016	23,00	80,50	1.211,39	325,85	4.282,03	2.963,31	15,33	8.901,42

Tabla 18. Emisiones resultantes del consumo de energía eléctrica importada en los distintos sectores de la Comunidad de Madrid (ktCO₂)

Tal y como muestra la siguiente gráfica, en el año 2016, los sectores que mayor contribución tuvieron a las emisiones directas de gases de efecto invernadero (sin contabilizar las emisiones indirectas) fueron, por este orden, Transporte (45%), Industria (21%) y Doméstico (17%).

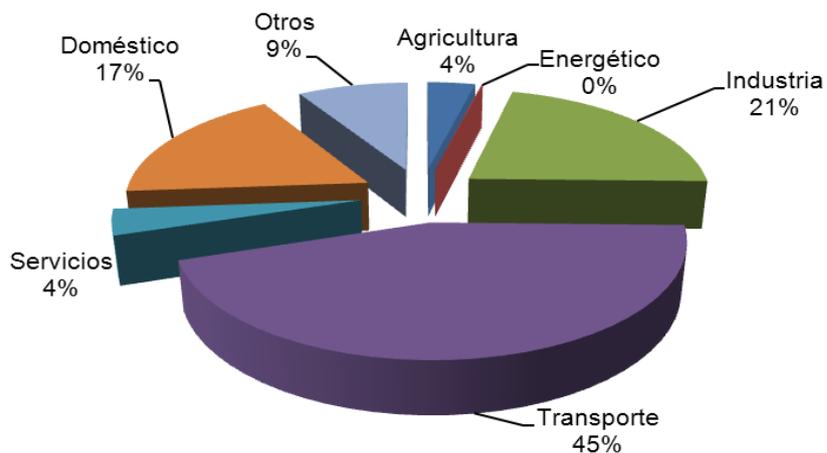


Figura 37. Distribución sectorial de las emisiones directas de GEI de la Comunidad de Madrid en el año 2016

Al imputar a los distintos sectores las emisiones derivadas del consumo de energía eléctrica importada, se observa que las emisiones del sector doméstico y el sector servicios cobran un mayor protagonismo. Los sectores con mayor contribución en base a este planteamiento son Transporte (33%), Doméstico (22%) e Industria (19%).

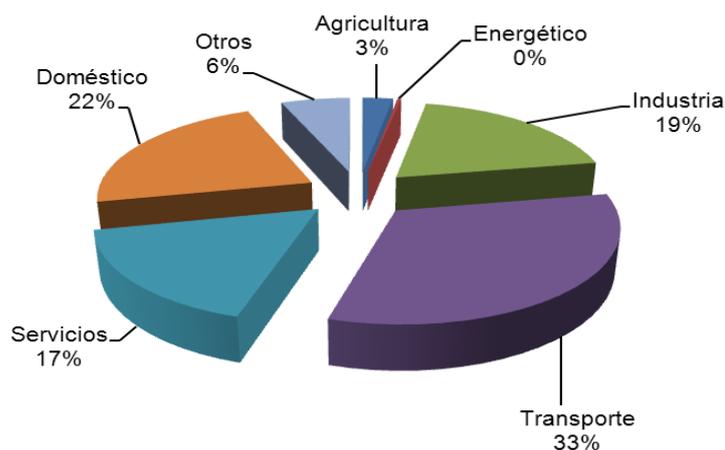


Figura 38. Distribución sectorial de las emisiones totales (directas+indirectas) de GEI de la Comunidad de Madrid en el año 2016



**Comunidad
de Madrid**

**DIRECCIÓN GENERAL DEL MEDIO AMBIENTE
Y SOSTENIBILIDAD**

SUBDIRECCIÓN GENERAL DE CALIDAD
AMBIENTAL Y ECONOMÍA CIRCULAR

ÁREA DE CALIDAD ATMOSFÉRICA

INVENTARIO DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA EN LA COMUNIDAD DE MADRID

Años 1990-2016

Volumen 5.2: documento de síntesis
Emisiones de gases de efecto invernadero



Junio 2018

Índice de contenidos

1. Introducción.....	4
1.1. Estructura del inventario.....	5
1.2. Abreviaturas	5
2. Metodología	7
2.1. Contaminantes estudiados	8
2.2. Principales referencias metodológicas.....	13
3. Síntesis de los resultados.....	14
3.1. Análisis de las emisiones de GEI generadas en la Comunidad de Madrid.....	14
4. Análisis de las emisiones indirectas de GEI.....	21
4.1. Datos de actividad	21
4.2. Factores de emisión	23
4.3. Resultados.....	23

Índice de tablas

Tabla 1. Bloque 1 de contaminantes estudiados: acidificadores, precursores de ozono y gases de efecto invernadero	8
Tabla 2. Bloque 2 de contaminantes estudiados: metales pesados y partículas.....	9
Tabla 3. Bloque 3 de contaminantes estudiados: contaminantes orgánicos persistentes.....	9
Tabla 4. Actividades incluidas en el grupo 1 "Energía" de la clasificación CRF	12
Tabla 5. Actividades incluidas en el grupo 2 "Procesos industriales" de la clasificación CRF.....	12
Tabla 6. Actividades incluidas en el grupo 3 "Uso de disolventes y otros productos" de la clasificación CRF	12
Tabla 7. Actividades incluidas en el grupo 4 "Agricultura" de la clasificación CRF	13
Tabla 8. Actividades incluidas en el grupo 5 "Uso de la tierra, cambio del uso de la tierra y silvicultura" de la clasificación CRF.....	13
Tabla 9. Actividades incluidas en el grupo 6 "Residuos" de la clasificación CRF	13
Tabla 10. Emisiones de GEI en la Comunidad de Madrid en el año 2016	18
Tabla 11. Emisiones de GEI en la Comunidad de Madrid en el año 1990	19
Tabla 12. Consumo de energía eléctrica en los diferentes sectores de la Comunidad de Madrid según el balance de energía (ktep).....	22
Tabla 13. Energía eléctrica generada en la Comunidad de Madrid	22
Tabla 14. Factores de emisión del consumo eléctrico	23
Tabla 15. Emisiones resultantes del consumo de energía eléctrica importada en los distintos sectores de la Comunidad de Madrid	23

Índice de figuras

Figura 1. Evolución de las emisiones de gases de efecto invernadero en la Comunidad de Madrid (Millones de tCO ₂ eq).....	14
Figura 2. Índice de evolución de las emisiones de gases de efecto invernadero en la Comunidad de Madrid, en la Unión Europea y en España (año base =100).....	15
Figura 3. Emisiones de GEI de los diferentes sectores analizados desde el año base hasta el año 2016 (Kt CO ₂ eq)	16
Figura 4. Evolución de las emisiones GEI en la Comunidad de Madrid en relación con los objetivos establecidos a nivel nacional para el 2030 (emisiones del año 2005=100).	17
Figura 5. Contribución porcentual de cada GEI al total de las emisiones en la Comunidad de Madrid en el año 2016	20
Figura 6. Emisiones de GEIs por fuente de emisión en la Comunidad de Madrid en el año 2016	20
Figura 7. Distribución sectorial de las emisiones indirectas de GEI de la Comunidad de Madrid en el año 2016.....	24
Figura 8. Distribución sectorial de las emisiones directas de GEI de la Comunidad de Madrid en el año 2016.....	24
Figura 9. Distribución sectorial de las emisiones totales (directas+indirectas) de GEI de la Comunidad de Madrid en el año 2016.....	24

1. Introducción

El Inventario de emisiones a la atmósfera en la Comunidad de Madrid tiene el objetivo de cuantificar las emisiones a la atmósfera que se generan en la región madrileña desde todos los focos emisores significativos. Con este cometido, en los últimos años, el Área de Calidad Atmosférica de la Comunidad de Madrid ha venido desarrollando diferentes inventarios anuales que han analizado de manera individualizada las emisiones generadas en los años desde el 2005 al 2016, información que ha sido empleada para el desarrollo de sus competencias, ya que los datos que proporcionan estos inventarios permite analizar aspectos como:

- la concentración de contaminantes primarios en la atmósfera,
- la oxidación de origen fotoquímico,
- los flujos transfronterizos y la contaminación a larga distancia de contaminantes,
- la acidificación,
- la contribución al calentamiento general de la atmósfera,
- etc.

No obstante, la concepción anual de estos inventarios no permitía apreciar tendencias a largo plazo en cuanto a la emisión de las sustancias estudiadas, por lo que se ha llevado a cabo el cálculo de años anteriores, teniendo una evolución de las emisiones para los años 1990, 1995 y la serie 2000-2016. El primer año en el que se llevó a cabo el desarrollo de los inventarios para esta serie temporal más extensa fue el inventario del año 2010.

De este modo, en la presente versión del Inventario de emisiones a la atmósfera en la Comunidad de Madrid se han revisado todos los inventarios realizados anteriormente, cuantificándose las emisiones de las actividades, tanto antropogénicas como naturales, generadoras de los siguientes contaminantes:

- Gases de efecto invernadero (GEIs): Estos compuestos son analizados para los años 2000 a 2016, así como para los años 1990 y 1995 con el objetivo de analizar la evolución global de la contribución al cambio climático de las emisiones en relación con los compromisos adquiridos en el marco del Protocolo de Kioto.
- Otras sustancias: Las emisiones de acidificadores, precursores del ozono, metales pesados, partículas y contaminantes orgánicos persistentes son analizadas durante el mismo periodo. Igual que en el caso de los GEIs para todos los años estudiados se aplica la misma metodología.

La elaboración del Inventario se ajusta fundamentalmente a los principios y metodologías establecidas por la Agencia Europea de Medio Ambiente (EEA) y el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), que han sido adaptadas en función de la información disponible para cada uno de los sectores emisores analizados. Los datos empleados, las operaciones realizadas así como los resultados obtenidos son analizados en un conjunto de documentos que, a modo de introducción, se incluyen en el presente volumen.

1.1. Estructura del inventario

La documentación asociada al presente inventario incluye los siguientes volúmenes:

- Volumen 1: Planteamiento, metodología general y síntesis de resultados.
- Volumen 2: Análisis por actividades emisoras de la nomenclatura SNAP-97.
- Volumen 3: Motor de cálculo y tablas de resultados (versión digital exclusivamente).
- Volumen 4: Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero.
- Volumen 5: Documento de síntesis.
- Volumen 6: Desagregación temporal de las emisiones.
- Volumen 7: Inventario de emisiones del Aeropuerto de Barajas.
- Volumen 8: Sistema de información geográfica (incluye cartografía digital).
- Volumen 9: Solicitud de información (versión digital exclusivamente).
- Volumen 10: Documentación complementaria (versión digital exclusivamente).

1.2. Abreviaturas

En el presente documento se emplean las abreviaturas indicadas a continuación:

- CAD: Ciclos Aterrizaje-Despegue.
- CEPMEIP: Co-ordinated European Programme on Particulate Matter Emission Inventories, Projections and Guidance. Programa europeo coordinado acerca de inventarios de emisiones, proyecciones y asistencia de material particulado.
- CITEPA: Centro técnico interprofesional para el estudio de la contaminación atmosférica).
- CIRTRA: Circulaciones por Tramos.
- CNMC: Comisión Nacional de los mercados y la competencia.
- COD: Componente orgánico degradable.
- CORINAIR: Subprograma CORINE sobre emisiones de contaminantes a la atmósfera. NOTA: En el presente documento se emplea este abreviatura también para hacer referencia a la metodología desarrollada en el marco de dicho subprograma, pese a que la misma ya no incluya en sus últimas versiones esta denominación.
- CORINE: Programa Europeo de Coordinación de la Información sobre el Medio Ambiente.
- COV: Compuesto orgánico volátil.

-
- COVNM: Compuestos orgánicos volátiles no metánicos.
 - CORES: Corporación de Reservas Estratégicas de Productos Petrolíferos.
 - COP: Contaminante orgánico persistente.
 - CRF: Formulario Común para Informes (Common Reporting Format).
 - DBO₅: Demanda biológica de oxígeno.
 - DIOX: Dioxinas.
 - EDAR: Estación depuradora de aguas residuales.
 - EMEP: Programa Europeo de Monitoreo y Evaluación.
 - PRTR: Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes.
 - FENERCOM: Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid.
 - GEI: Gases de efecto invernadero (incluye CO₂, CH₄, N₂O, HFC, CFC y SF₆).
 - Hab: Habitante o habitantes.
 - IFN4: Cuarto Inventario Forestal Nacional.
 - INE: Instituto Nacional de Estadística.
 - Internac: Internacional o internacionales.
 - IPCC: Panel Intergubernamental para el Cambio Climático.
 - IPPC: Prevención y Control Integrados de la Contaminación.
 - MAGRAMA: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Anteriormente Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (MARM).
 - MF25: Mapa Forestal.
 - MITYC: Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.
 - m.s.: Materia seca.
 - NAC: Nacional o nacionales.
 - OFICEMEN: Agrupación de fabricantes de cemento de España.

- PAR: Radiación Luminosa Fotosintéticamente Activa.
- PRTR: Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes.
- SEI: Sistema Español de Inventario y Proyecciones de Emisiones de Contaminantes a la Atmósfera. Todos los documentos y tablas pertenecientes al mismo en los cuales se analizan las emisiones atmosféricas son referidos como "Inventario nacional de emisiones".
- SNAP: Selected Nomenclature for Air Pollution: Nomenclatura de actividades potencialmente contaminantes de la atmósfera.
- RCDE: Régimen de comercio de derechos de emisión.
- RSU: Residuos sólidos urbanos.
- UNECE-CLRTAP: Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (Convención sobre la contaminación atmosférica transfronteriza a larga distancia).
- Veh: Vehículo o vehículos.
- VRS: Vertederos de Residuos Sólidos.

2. Metodología

El inventario se ha desarrollado empleando la estructura más extensiva de actividades y contaminantes definida por la nomenclatura SNAP de EEA/CORINAIR, que se detalla más adelante. Para cada una de las actividades de esta nomenclatura presentes en la Comunidad de Madrid, como primera etapa, se han localizado las fuentes documentales y los agentes capaces de aportar información valiosa para analizar sus emisiones atmosféricas. Una vez localizadas las fuentes de información se han diseñado las solicitudes de información y se han establecido los contactos necesarios con los diferentes agentes para recopilar la información de base necesaria para el cálculo de emisiones.

Simultáneamente se ha definido para cada una de las actividades estudiadas la metodología más adecuada en función de la información que ha sido posible recopilar, procediéndose a localizar nuevas fuentes de información en algunos sectores en los que se ha apreciado que la información inicialmente disponible no era suficiente.

La información obtenida ha sido estructurada y unificada empleando para ello un sistema de hojas de cálculo. En base al mismo se ha generado una herramienta de cálculo en la que se han aplicado las metodologías de cálculo de emisiones más acertadas para cada actividad estudiada.

Los resultados obtenidos se han tratado para elaborar diferentes formatos de presentación de los resultados finales mediante la aplicación de los requerimientos de especificación propios de cada formato. Entre estos formatos se encuentran los propios listados definidos por la nomenclatura SNAP, los cuales han sido cumplimentados siguiendo los requisitos de presentación de resultados y las formas de cómputo establecidos por diferentes acuerdos.

Además de la nomenclatura base SNAP, también se presentan los resultados empleando el "Formulario Común para Informes" (CRF) actualizado con el denominado CRF-Reporter, el cual es adoptado para informar a las distintas instancias internacionales sobre las emisiones de gases de efecto invernadero.

Los resultados obtenidos también se han integrado un sistema de información geográfica en el que las diferentes fuentes emisoras se encuentran vinculadas a fuentes lineales, puntuales o de área.

Por último se han redactado los informes y documentos anteriormente indicados, en los cuales se exponen los datos empleados, las metodologías aplicadas, los resultados obtenidos, etc.

2.1. Contaminantes estudiados

La relación de contaminantes analizados en el Inventario se corresponde con las indicaciones establecidas por SNAP. De este modo se consideran tres grandes bloques de contaminantes.

- Bloque 1: Acidificadores, precursores del ozono y gases de efecto invernadero.
- Bloque 2: Metales pesados y partículas.
- Bloque 3: Contaminantes orgánicos persistentes.

Dentro de cada uno de estos bloques se incluyen los elementos químicos, compuestos y agregados de compuestos que se señalan a continuación.

Contaminante	Compuestos incluidos
SO ₂	Óxidos de azufre (SO ₂ +SO ₃), medidos en masa de SO ₂
NO _x	Óxidos de nitrógeno (NO+NO ₂), medidos en masa de NO ₂
COVNM	Compuestos orgánicos volátiles (excepto el metano). Se excluyen Clorofluorocarburos y halones. Este grupo puede englobar algunos contaminantes también incluidos en el bloque 3
CH ₄	Metano (en masa de CH ₄)
CO	Monóxido de carbono (en masa de CO)
CO ₂	Dióxido de carbono (en masa de CO ₂ final)
N ₂ O	Oxido nitroso (en masa de N ₂ O)
NH ₃	Amoníaco (en masa de NH ₃)
HFC	Hidrofluorocarburos, en masa de cada compuesto individual para poder aplicar sobre cada uno su potencial de calentamiento específico y estimar las emisiones en términos de CO ₂ equivalente
PFC	Perfluorocarburos en masa de cada compuesto individual para poder aplicar sobre cada uno su potencial de calentamiento específico y estimar las emisiones en términos de CO ₂ equivalente
SF ₆	Hexafluoruro de azufre (en masa de SF ₆)

Tabla 1. Bloque 1 de contaminantes estudiados: acidificadores, precursores de ozono y gases de efecto invernadero

Contaminante	Compuestos incluidos
As	Arsénico y sus compuestos sólidos y gaseosos (en masa de As)
Cd	Cadmio y sus compuestos sólidos y gaseosos (en masa de Cd)
Cr	Cromo y sus compuestos sólidos y gaseosos (en masa de Cr)
Cu	Cobre y sus compuestos sólidos y gaseosos (en masa de Cu)
Hg	Mercurio y sus compuestos sólidos y gaseosos (en masa de Hg)
Ni	Níquel y sus compuestos sólidos y gaseosos (en masa de Ni)
Pb	Plomo y sus compuestos sólidos y gaseosos (en masa de Pb)
Se	Selenio y sus compuestos sólidos y gaseosos (en masa de Se)
Zn	Zinc y sus compuestos sólidos y gaseosos (en masa de Zn)
PM _{2,5}	Partículas de diámetro aerodinámico inferior a 2,5 micras
PM ₁₀	Partículas de diámetro aerodinámico inferior a 10 micras
PST	Partículas en suspensión totales

Tabla 2. Bloque 2 de contaminantes estudiados: metales pesados y partículas

Contaminante	Compuestos incluidos
HCH	Hexaclorociclohexano (en masa de HCH)
PCP	Pentaclorofenol (en masa de PCP)
HCB	Hexaclorobenceno (en masa de HCB)
TCM	Tetraclorometano (en masa de TCM)
TRI	Tricloroetileno (en masa de TRI)
PER	Tetracloroetileno (en masa de PER)
TCB	Triclorobenceno (en masa de TCB)
TCE	Tricloroetano (en masa de TCE)
DIOX	Dioxinas y furanos (en masa de unidades de equivalencia tóxica internacional, i-TEF)
HAP	Hidrocarburos aromáticos policíclicos (en masa de HAP). incluido aquí los cuatro compuestos siguientes: -Benzo(b)fluoranteno -Benzo(k)fluoranteno -Benzo(a)pireno -Indeno(123cd)pireno

Tabla 3. Bloque 3 de contaminantes estudiados: contaminantes orgánicos persistentes

El SO₂, el NO_x, y el NH₃ son de especial interés por su potencial acidificador y, como tales, generalmente son objeto de estudio en los modelos de transporte y dispersión de contaminantes a la atmósfera. Además, el SO₂ y el NO_x son considerados en protocolos concretos como los de Helsinki y Oslo (para los óxidos de azufre) y el de Sofía (para los óxidos de nitrógeno), así como en el marco de la Convención de Ginebra sobre Contaminación Transfronteriza a Larga Distancia (CLRTAP). Los potenciales de acidificación equivalente calculados sobre la base de la fracción en masa de iones H⁺ de estos compuestos son los siguientes:

- SO₂ : 0,0313
- NO_x : 0,0217
- NH₃ : 0,0588

Dentro de los compuestos analizados, en relación con el cambio climático destacan los gases de efecto invernadero directos. Entre los mismos se incluyen el CO₂ y el N₂O, así como para el CH₄, que es desagregado del conjunto de los COV debido a su notablemente más alta estabilidad en la atmósfera (menor reactividad) en comparación con el resto de los COV. Además, es preciso destacar que el protocolo de Ginebra (COV) de la CLRTAP, excluye explícitamente al metano, tratando los COV no metánicos. Para completar el grupo de los gases de efecto invernadero directo se incorporan al

inventario los grupos HFCs y PFCs y, adicionalmente, el SF₆. Cada uno de estos compuestos cuenta con un potencial de calentamiento a la atmósfera diferenciado (GWP ó PCG). Considerando el mismo se ha calculado la contribución global al cambio climático de las emisiones. Ya que el CO₂ es empleado como patrón, esta variable se expresa en toneladas equivalentes de CO₂ o tCO₂eq.

Por otra parte debe señalarse que al efecto invernadero contribuyen indirectamente otros gases como el NO_x, COVNM, CO, pero su contribución al cambio climático no es analizada en el presente inventario.

El CO completa, junto con el NO_x, y el COVNM, la relación de compuestos precursores del ozono (O₃) troposférico, permitiendo analizar la oxidación fotoquímica. En el apartado correspondiente a los resultados se analiza la contribución de cada uno de estos gases y de sus sectores emisores a la formación ozono.

Los metales pesados son analizados fundamentalmente por el potencial toxicológico acumulativo de estos elementos y sus compuestos, ya sea emitidos en forma gaseosa o adheridos a las partículas sólidas en suspensión. Además, entre los metales analizados en el inventario, el cadmio, el arsénico y el plomo son objeto de consideración en el Protocolo de Aarhus (metales pesados y contaminantes orgánicos persistentes) de la CLRTAP.

La problemática especial inducida sobre la salud humana por la concentración de partículas en el medio atmosférico y secundariamente los impactos sobre ecosistemas y materiales motivan asimismo el análisis en el inventario de tres fracciones de material particulado diferenciadas según su diámetro aerodinámico:

- PM_{2,5}: partículas de diámetro aerodinámico inferior a 2,5 micras,
- PM₁₀: partículas de diámetro aerodinámico inferior a 10 micras
- PST: partículas en suspensión totales.

Por último, los contaminantes orgánicos persistentes han sido incorporados con el objetivo de poder analizar el potencial toxicológico acumulativo de estos compuestos. En este grupo se incluyen productos orgánicos persistentes cuyas presiones de vapor en condiciones normales se sitúan en el rango de 10⁻⁶ a 10⁻¹ Pa y que, por tanto, también son, en su caso, computables dentro del grupo de los COVNM.

2.1.1 Nomenclatura SNAP

El Inventario cubre prácticamente la totalidad de las actividades contempladas en la versión más actualizada de la denominada nomenclatura SNAP (SNAP-97) desarrollada en el marco del proyecto EEA/CORINAIR.

La relación de grupos de la nomenclatura SNAP es la siguiente:

- 01 Combustión en la producción y transformación de energía
- 02 Plantas de combustión no industrial
- 03 Plantas de combustión industrial
- 04 Procesos industriales sin combustión
- 05 Extracción y distribución de combustibles fósiles y energía geotérmica
- 06 Usos de disolventes y otros productos
- 07 Transporte por carretera

- 08 Otros modos de transporte y maquinaria móvil
- 09 Tratamiento y eliminación de residuos
- 10 Agricultura
- 11 Otras fuentes y sumideros (Naturaleza)

A su vez, estos grupos están divididos en 78 subgrupos y éstos en 481 actividades elementales. Por su gran extensión no es posible detallar en el presente documento todas las características de esta nomenclatura. No obstante, es posible apreciar con detalle sus características en el Volumen 3 del inventario, en el cual se incluyen tablas con las emisiones de todas las actividades emisoras estudiadas y todos los compuestos analizados.

2.1.2 Nomenclatura CRF

De cara a la presentación de los resultados relativos a gases de efecto invernadero, aparte de su presentación en las tablas elaboradas conforme a la nomenclatura SNAP, se recurre a la elaboración de las tablas correspondientes a la clasificación CRF. En las tablas siguientes se presentan la estructura de esta nomenclatura.

1 ENERGÍA: Emisiones de todos los gases de efecto invernadero debidas a actividades energéticas móviles y estacionarias. Suma de las categorías 1 A y 1 B (ver tabla siguiente)	
1A	CONSUMO DE COMBUSTIBLES: Emisiones de GEI de las actividades que se incluyen a continuación. Las emisiones de CO ₂ de la combustión de biomasa no están incluidas en el total de este sector. Las emisiones de gases que no son el CO ₂ debidas a la combustión de biomasa sí se encuentran incluidas. La incineración de residuos se considera aquí y no en el apartado 6. Las emisiones del transporte internacional aéreo y marítimo se contabilizan aparte.
1A1	TRANSFORMACIÓN DE ENERGÍA Comprende las emisiones de industrias de extracción o transformación de combustibles
a	Producción de energía eléctrica y calor (incluyendo la valorización energética de residuos)
b	Refinerías de petróleo
c	Manufactura de combustibles sólidos u otras industrias energéticas
1A2	PROCESOS INDUSTRIALES Y CONSTRUCCIÓN Se incluyen las emisiones de todos los procesos de combustión en la industria, incluidas las generadas en la autoproducción de calor y electricidad. Estas emisiones de cogeneración se deben incluir dentro del sector al que pertenecen. Las emisiones de los hornos de coque dentro de la siderurgia y el metal se deben incluirse en 1A 1c y no dentro de la manufactura.
a	Siderurgia y metalurgia
b	Metales no férreos
c	Industria química
d	Industria pasta, papel e impresión
e	Alimentación, bebidas y tabaco
f	Otras: el resto de las emisiones debidas a procesos de combustión en la industria deben reflejarse en este apartado. Las emisiones en la construcción también se incluirán en este apartado
1A3	TRANSPORTE Emisiones de evaporación y combustión de combustibles fósiles, no se incluyen los bunker internacionales
a	Aviación civil
b	Transporte rodado
c	Ferrocarriles
d	Navegación
1A4	OTROS SECTORES
a	Comercial / institucional
b	Residencial
c	Agricultura /pesca /explotaciones forestales
1A 5	OTROS
1B	EMISIONES FUGITIVAS DE COMBUSTIBLES: Las emisiones fugitivas pueden ser intencionadas o no intencionadamente liberadas a la atmósfera en actividades antropogénicas. Más concretamente, pueden provenir de la producción, procesado, transmisión, almacenamiento y del uso de combustibles. Incluye las emisiones por combustión siempre que no formen parte de un proceso productivo (venteo a antorcha de gases naturales en plantas de producción de petróleo y gas). Las pérdidas por evaporación de los vehículos se tienen en cuenta en el apartado de tráfico rodado (1 A 3 b)



1B1	EMISIONES FUGITIVAS DE COMBUSTIBLES SÓLIDOS
	b Transformación de combustibles sólidos SNAP 04 02 01 Pérdidas por las puertas y apagado de coque
	c Otros
1B2	CRUDO Y GAS NATURAL
	Incluye todas las emisiones fugitivas relacionadas con las actividades de crudo y gas natural. Escapes o emisiones de los equipos, fugas, derrames o cualquier accidente que puedan tener lugar en la cadena que va de su producción a su consumo final. Hay que indicar que los venteos a antorcha están incluidos, dado que la combustión se considera una actividad no energética.
	b Gas natural
	c Venteos a antorcha

Tabla 4. Actividades incluidas en el grupo 1 "Energía" de la clasificación CRF

2 PROCESOS INDUSTRIALES: Las emisiones de este sector incluyen las emisiones de productos intermedios o emisiones fugitivas de gases de efecto invernadero que tienen lugar en los procesos industriales.	
2A	PRODUCTOS MINERALES
	1 Producción de cemento
	2 Producción de cal
	3 Uso de dolomita y caliza
2B	INDUSTRIA QUÍMICA
	2 Producción de ácido nítrico
2C	PRODUCCIÓN DE METALES
	1 Producción de hierro y acero
2D	OTROS PRODUCCIONES
	1 Pasta y papel
	2 Alimentación y bebidas
2E	PRODUCCIÓN DE HALOCARBONES Y SULFURO DE HEXAFLUORURO
	1 Emisión de subproductos
	2 Emisiones fugitivas
2F	CONSUMO DE HALOCARBONES Y SULFURO DE HEXAFLUORURO
	1 Refrigeración y aire acondicionado
	2 Fabricación de espumas
	3 Extinción de fuegos
	4 Aerosoles
2G	OTROS

Tabla 5. Actividades incluidas en el grupo 2 "Procesos industriales" de la clasificación CRF

3 USO DE DISOLVENTES Y OTROS PRODUCTOS	
3A	APLICACIÓN DE PINTURAS
3B	DESENGRASE Y LIMPIEZA EN SECO
3C	MANUFACTURA Y PROCESADO DE PRODUCTOS QUÍMICOS
3D	OTROS

Tabla 6. Actividades incluidas en el grupo 3 "Uso de disolventes y otros productos" de la clasificación CRF

4 AGRICULTURA: Agrupa todas las emisiones de este sector salvo las asociadas a la combustión de combustibles y al tratamiento de aguas residuales.

4A	FERMENTACIÓN ENTÉRICA: La fermentación entérica es el mecanismo natural de producción de metano en los herbívoros. Es un proceso digestivo en el que los microorganismos descomponen los carbohidratos en moléculas simples que puedan ser absorbidas por el torrente sanguíneo. Las emisiones de metano son debidas tanto a los animales rumiantes (ganado bovino y ovino) como a los no rumiantes (ganado porcino y equino), aunque los rumiantes son la fuente más importante (por unidad de energía ingerida).
4B	GESTIÓN DE ESTIÉRCOL: El óxido nitroso y el metano son consecuencia de la descomposición del estiércol bajo condiciones anaerobias o con pequeñas cantidades de oxígeno. Condiciones que generalmente, se dan explotaciones ganaderas donde se confinan grandes cabañas de ganado y las deyecciones animales se almacenan en grandes pilas, lagunas anaerobias o cualquier otro tipo de disposición del estiércol.
4D	SUELOS AGRÍCOLAS: Contempla las emisiones y los sumideros de CH ₄ y N ₂ O de los suelos agrícolas y los NMVOC de las cosechas. Las emisiones están afectadas por las prácticas de riego, por las variables climáticas, temperatura del suelo y la humedad. Las emisiones de óxido nitroso están relacionadas con el uso de fertilizantes orgánicos e inorgánicos, la fijación biológica del nitrógeno, y la vuelta de los residuos de las cosechas al suelo o a la producción animal. Las emisiones de GEIs diferentes al CO ₂ asociadas al uso de compost o deyecciones humanas como fertilizantes se deben contabilizar aquí. No obstante, las emisiones de los residuos animales que no sean las debidas al pastoreo se estudian bajo el apartado 4B "manejo del estiércol". Las emisiones de N ₂ O derivadas de la combustión de estiércol para la producción de energía, se contabilizan en "energía".
4F	QUEMA DE RASTROJOS: Contempla las emisiones de GEIs diferentes al CO ₂ de la quema de rastrojos en el propio emplazamiento. Esto incluye la quema de residuos leñosos (cáscaras de nueces); residuos cereales (partes aéreas del arroz, trigo y maíz); residuos de cosechas "verdes" las vainas de la soja. El CO ₂ derivado de la quema de rastrojos no se contabiliza en el cómputo total de las emisiones dado que se considera que el carbono liberado durante su combustión es reabsorbido por las plantas durante el siguiente ciclo de crecimiento.

Tabla 7. Actividades incluidas en el grupo 4 "Agricultura" de la clasificación CRF

5 USO DE LA TIERRA CAMBIO DEL USO DE LA TIERRA Y SILVICULTURA	
5B	CONVERSIÓN DE BOSQUES Y PRADERAS
5E	OTROS

Tabla 8. Actividades incluidas en el grupo 5 "Uso de la tierra, cambio del uso de la tierra y silvicultura" de la clasificación CRF

6 RESIDUOS: Incluye las emisiones de la disposición de residuos sólidos en vertederos, los asociados a las aguas residuales, la incineración de residuos y cualquier otra actividad de manejo de residuos.	
6A	VERTEDEROS: El metano se produce consecuencia de la descomposición anaerobia de materia orgánica de los vertederos. También se produce CO ₂ , no obstante, sólo se contabilizarán las emisiones de CH ₄ de la descomposición anaerobia de la materia orgánica.
6B	TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES: El metano y el óxido nitroso se producen por la descomposición anaerobia de la materia orgánica por acción de las bacterias en los sistemas de tratamiento de aguas residuales. También puede haber emisiones de N ₂ O durante el tratamiento de aguas residuales y fecales.
6C	INCINERACION DE RESIDUOS: Incineración de residuos, excluyendo la incineración con fines energéticos. Todas las emisiones de los GEIs distintos al CO ₂ se deben incluir en este apartado, y aquellas de CO ₂ que no sean debidas a la combustión de materia orgánica.

Tabla 9. Actividades incluidas en el grupo 6 "Residuos" de la clasificación CRF

2.2. Principales referencias metodológicas

Para la elaboración del presente estudio se han empleado fundamentalmente las siguientes referencias metodológicas.

- Inventario Nacional de Emisiones a la Atmósfera 1990-2012.
- Inventario Nacional de Emisiones a la Atmósfera 1990-2013.
- Inventario Nacional de Emisiones a la Atmósfera 1990-2015.
- Fichas metodológicas del Sistema Español de Inventario (SEI) publicadas en octubre de 2017.

- Orientación sobre Buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero .Guía de Buenas Prácticas del IPCC 1.996, 2.003 y 2.006.
- EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook – 2013.
- EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook – 2016.
- IPCC 2006.

Adicionalmente, en algunos apartados del Inventario se emplean otras fuentes metodológicas que son detalladas en el Volumen 2.

3. Síntesis de los resultados

3.1. Análisis de las emisiones de GEI generadas en la Comunidad de Madrid

En el presente apartado se analizan los resultados obtenidos tras la elaboración del inventario de emisiones, presentando los mismos exclusivamente en formato CRF, que se limita al estudio de las emisiones y captaciones de GEI.

Desde el año 2007 las emisiones de GEI de la Comunidad de Madrid descienden año tras año hasta el año 2014, principalmente como consecuencia de la reducción de las emisiones del sector transporte y del sector industrial. En los dos últimos años, 2015 y 2016, se ha producido un aumento de las emisiones, que se refleja en todos los sectores, menos en 2016 en agricultura. La emisión total de gases efecto invernadero de la Comunidad de Madrid en el año 2016 fue de 20,9 millones de toneladas equivalentes de CO₂, lo que representa un aumento del 4,8% respecto a las emisiones del año 2015 y un incremento del 53,9% respecto a las emisiones del año base.

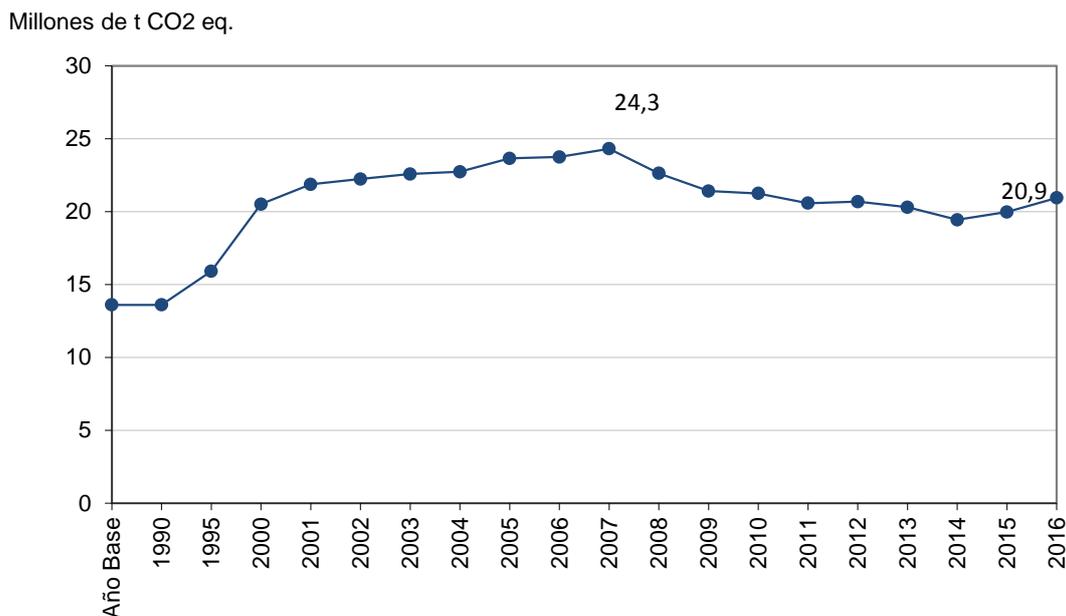


Figura 1. Evolución de las emisiones de gases de efecto invernadero en la Comunidad de Madrid (Millones de tCO₂eq)

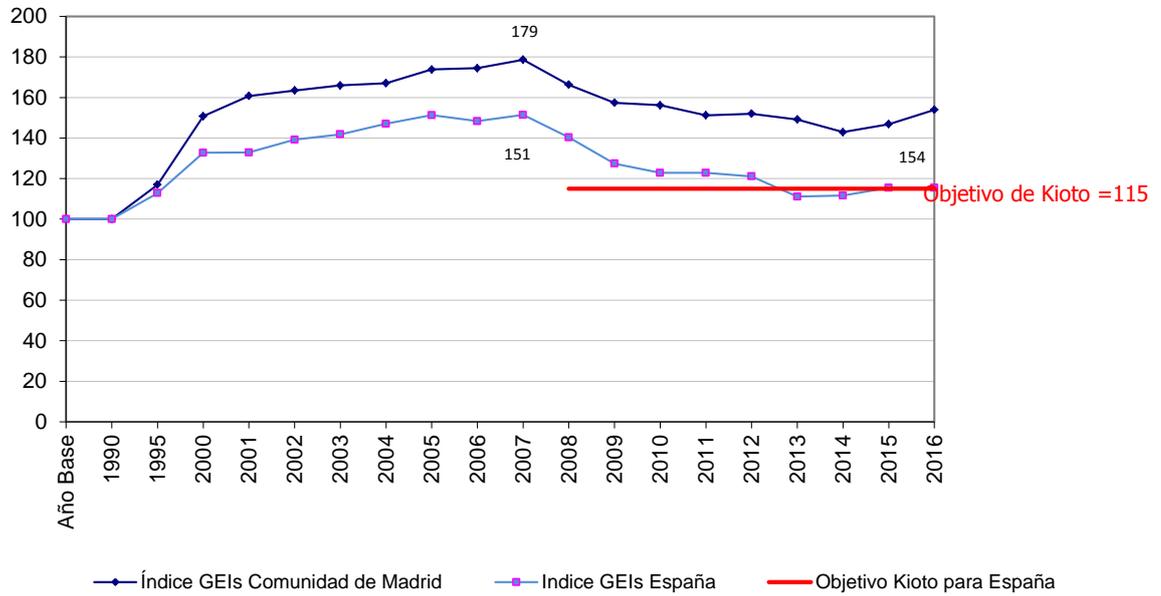


Figura 2. Índice de evolución de las emisiones de gases de efecto invernadero en la Comunidad de Madrid, en la Unión Europea y en España (año base =100)

A continuación se muestra la evolución de las emisiones de GEI para cada uno de los sectores analizados:

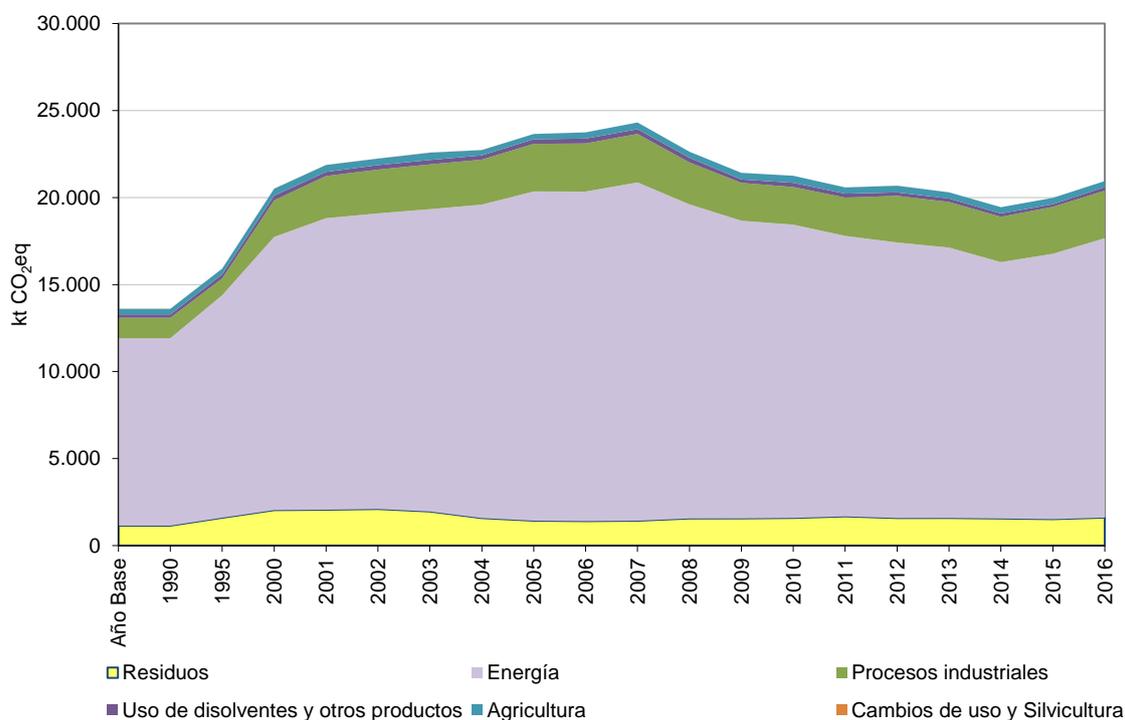


Figura 3. Emisiones de GEI de los diferentes sectores analizados desde el año base hasta el año 2016 (Kt CO₂eq)

A nivel europeo, los objetivos de reducción de emisiones a 2030 quedan recogidos en las Conclusiones del Consejo Europeo de octubre de 2014. En éstas se aprobó el Marco de Políticas de Energía y Cambio Climático 2021-2030 ("Marco 2030") con el fin de dotar de continuidad al Paquete Europeo de Energía y Cambio Climático. Entre los objetivos de dicho Marco 2030, se encuentran un objetivo vinculante para la UE en 2030 de, al menos, un 40% menos de emisiones de gases de efecto invernadero en comparación con 1990, en todos los sectores de la economía. Para llevar a cabo dicho objetivo, la Unión Europea deberá actuar a través de dos grandes bloques.

Por un lado, los sectores incluidos en el Régimen de Comercio de Derechos de Emisión de la Unión Europea (RCDE) deberán alcanzar una reducción del 43% de sus emisiones en relación con los niveles de 2005. Los sectores incluidos en el RCDE son aquellos pertenecientes a la industria de generación de electricidad y calor y a algunos sectores industriales con un elevado consumo energético: plantas de combustión, refinerías de petróleo, hornos de coque, plantas de producción de hierro y acero, aluminio, y fábricas de cemento, vidrio, cal, ladrillos, cerámica, pasta y papel. También incluye, a su vez, al transporte aéreo entre la UE¹, Islandia y Noruega.

Por otro lado, los sectores difusos o no incluidos en el sistema RCDE deberán alcanzar una reducción de emisiones del 30% en relación con los niveles de 2005. En concreto, los sectores difusos comprenden sectores delicados como la agricultura, el transporte (excepto transporte aéreo que sí está integrado en el sistema RCDE), residuos y edificios. Para los sectores difusos la Comisión Europea estableció unos objetivos anuales vinculantes de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero para cada uno de los Estados miembros, que en el caso de España implica una reducción del 26% para 2030 respecto a los niveles de 2005.

¹ En el caso del sector de la aviación, se han considerado los vuelos nacionales (emisiones LTO y de crucero) dentro del sector regulado, puesto que estas son las emisiones incluidas en el inventario de la Comunidad de Madrid para la aviación.

En la siguiente gráfica se muestran tanto los porcentajes de reducción establecidos en el Consejo Europeo (índices de reducción a nivel nacional), como la evolución de las emisiones en la Comunidad de Madrid de los sectores regulados y difusos, asignando al 2005 un valor de 100. Así es posible comparar las reducciones de emisiones necesarias a nivel estatal para lograr el cumplimiento de los objetivos nacionales de emisiones (líneas horizontales de puntos) y la evolución de las emisiones de la Comunidad de Madrid (líneas sólidas).

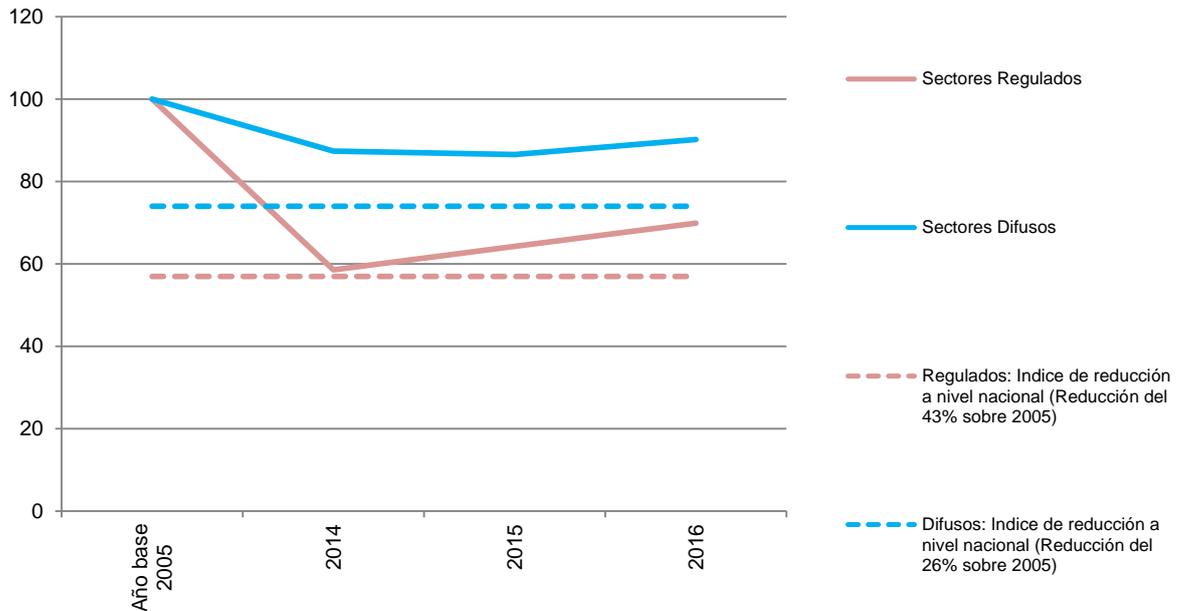


Figura 4. Evolución de las emisiones GEI en la Comunidad de Madrid en relación con los objetivos establecidos a nivel nacional para el 2030 (emisiones del año 2005=100).

En el año 2016, la evolución de las emisiones desde la Comunidad de Madrid tanto de los sectores regulados como de los difusos, no alcanzan aún el objetivo establecido a nivel estatal para el año 2030.

CATEGORÍAS DE ACTIVIDAD	EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO 2016						
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	HFCs	PFCs	SF ₆	Total
	Kt CO ₂ equivalente						
Total Emisiones con Cambios de uso del suelo y silvicultura	15.959,26	1.939,61	361,13	2.262,91	0,15	54,47	20.577,53
Total Emisiones sin Cambios de uso del suelo y silvicultura	16.328,86	1.939,61	361,13	2.262,91	0,15	54,47	20.947,13
1. Procesado de la energía	15.707,73	239,69	109,18				16.056,60
A. Actividades de combustión	15.707,65	87,55	109,18				15.904,38
1. Industrias del Sector Energético	21,15	0,12	0,18				21,44
2. Industrias manufactureras y de la construcción	1.600,18	5,20	10,90				1.616,29
3. Transporte	9.234,16	17,85	92,14				9.344,15
4. Otros Sectores	4.852,16	64,39	5,95				4.922,50
5. Otros							0,00
B. Emisiones fugitivas de los combustibles	0,08	152,14	0,00				152,21
1. Combustibles sólidos		0,10					0,10
2. Petróleo y gas natural	0,08	152,04					152,12
2.. Procesos Industriales	414,12	0,00	0,00	2.262,91	0,15	54,47	2.731,65
A. Productos Minerales	403,98						403,98
B. Industria química							0,00
C. Producción metalúrgica	10,14						10,14
D. Otras Industrias							0,00
E. Producción de halocarburos y SF ₆							0,00
F. Consumo de halocarburos y SF ₆				2.262,91	0,15	54,47	2.317,53
G. Otros							0,00
3. Uso de disolventes y otros productos	125,88		79,79				205,67
4. Agricultura	0,00	192,57	152,98				345,56
A. Fermentación entérica		166,07					166,07
B. Gestión del estiércol		23,06	55,23				78,29
C. Cultivo de arroz							0,00
D. Suelos agrícolas		0,00	97,71				97,71
E. Quemadas planificadas de sabanas							0,00
F. Quema en el campo de residuos agrícolas		3,44	0,04				3,49
G. Otros							0,00
5. Cambios de uso del suelo y silvicultura	-369,60	0,08	0,02				0,10
6. Tratamiento y eliminación de residuos	81,13	1.507,26	19,16				1.607,56
A. Depósito en vertederos		1.352,61	0,00				1.352,61
B. Tratamiento de aguas residuales		154,64	11,11				165,76
C. Incineración de residuos	80,20	0,00	8,05				88,25
D. Otros	0,93	0,00	0,00				0,93
7. Otros							0,00

Tabla 10. Emisiones de GEI en la Comunidad de Madrid en el año 2016 (Kt CO₂eq)

Nota: en el apartado de Cambio de uso de la tierra están incluidas tanto las absorciones de CO₂ del cambio del uso de la tierra, como las emisiones de CH₄ y N₂O procedentes de los incendios.

CATEGORÍAS DE ACTIVIDAD	EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO 1990						
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	HFCs	PFCs	SF ₆	Total
	Kt CO ₂ equivalente						
Total Emisiones con Cambios de uso del suelo y silvicultura	10.930,21	1.250,58	488,93	594,77	0,00	11,86	13.276,35
Total Emisiones sin Cambios de uso del suelo y silvicultura	11.264,50	1.250,58	488,93	594,77	0,00	11,86	13.610,64
1. Procesado de la energía	10.576,46	123,76	69,33				10.769,55
A. Actividades de combustión	10.576,46	103,96	69,33				10.749,74
1. Industrias del Sector Energético	7,74	0,00	0,04				7,78
2. Industrias manufactureras y de la construcción	2.505,53	2,98	15,54				2.524,06
3. Transporte	4.954,03	64,90	46,78				5.065,71
4. Otros Sectores	3.109,15	36,07	6,97				3.152,19
5. Otros							0,00
B. Emisiones fugitivas de los combustibles	0,01	19,80	0,00				19,81
1. Combustibles sólidos		4,24					4,24
2. Petróleo y gas natural	0,01	15,56					15,57
2.. Procesos Industriales	565,03	0,00	0,00	594,77	0,00	11,86	1.171,65
A. Productos Minerales	538,78						538,78
B. Industria química							0,00
C. Producción metalúrgica	26,25						26,25
D. Otras Industrias							0,00
E. Producción de halocarburos y SF ₆							0,00
F. Consumo de halocarburos y SF ₆				594,77	0,00	11,86	606,63
G. Otros							0,00
3. Uso de disolventes y otros productos	122,67		71,31				193,98
4. Agricultura	0,00	166,25	154,89				321,14
A. Fermentación entérica		118,96					118,96
B. Gestión del estiércol		42,75	33,87				76,62
C. Cultivo de arroz							0,00
D. Suelos agrícolas		0,00	119,06				119,06
E. Quemadas planificadas de sabanas							0,00
F. Quema en el campo de residuos agrícolas		4,53	1,97				6,50
G. Otros							0,00
5. Cambios de uso del suelo y silvicultura	-334,29	5,50	1,75				7,25
6. Tratamiento y eliminación de residuos	0,33	955,07	191,66				1.147,06
A. Depósito en vertederos		668,43	0,00				668,43
B. Tratamiento de aguas residuales		286,63	191,66				478,28
C. Incineración de residuos	0,00	0,00	0,00				0,00
D. Otros	0,33	0,02	0,00				0,35
7. Otros							0,00

Tabla 11. Emisiones de GEI en la Comunidad de Madrid en el año 1990 (Kt CO₂eq)

En el año 2016, las emisiones de CO₂ representan un 78% de las emisiones totales de GEI, como se puede apreciar en la siguiente figura. El siguiente gas en cuanto a su contribución al cambio climático son los gases fluorados (11%). Las emisiones de N₂O representan el 2% y las de CH₄ el 9% restante.

En cambio difieren de las registradas al principio de la serie histórica (año 1990), ya que en ese momento las emisiones de gases fluorados carecían de importancia relativa, mientras que la importancia del CO₂ era superior (83%).

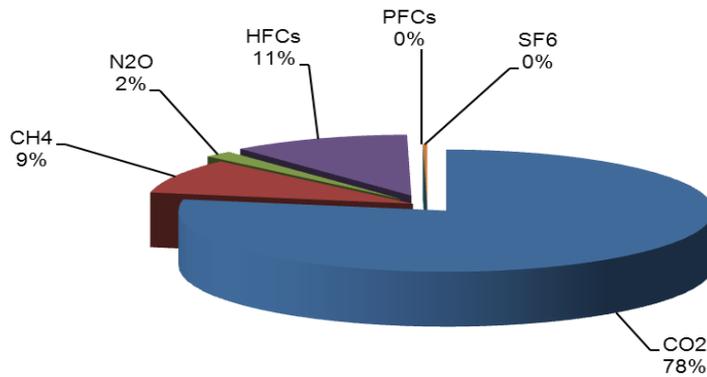


Figura 5. Contribución porcentual de cada GEI al total de las emisiones en la Comunidad de Madrid en el año 2016

En cuanto al análisis sectorial de las emisiones, como se puede apreciar en el gráfico siguiente, las actividades relacionadas con el procesado de la energía son las que cuentan con una mayor contribución al cambio climático. El tratamiento y eliminación de residuos y los procesos industriales también contribuyen sustancialmente a las emisiones, fundamentalmente como consecuencia de sus importantes emisiones de CH₄ y N₂O.

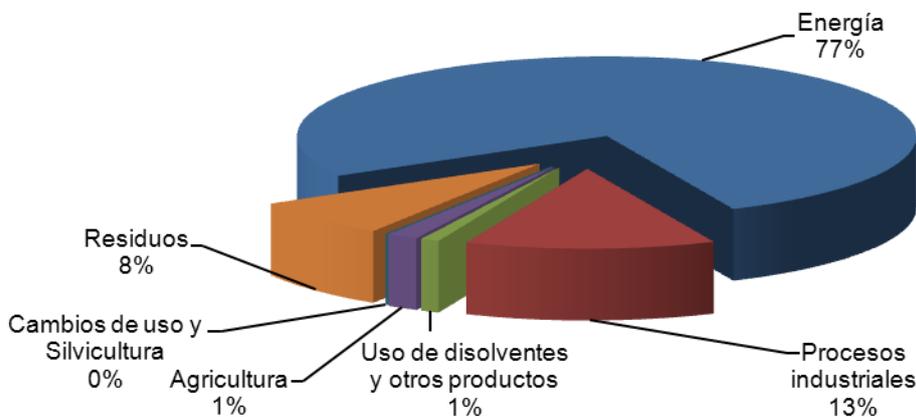


Figura 6. Emisiones de GEIs por fuente de emisión en la Comunidad de Madrid en el año 2016

Nota: no se incluyen las absorciones del Uso de la Tierra

4. Análisis de las emisiones indirectas de GEI

En el caso de la Comunidad de Madrid (CM) la proporción de energía eléctrica producida en el territorio de la de la CM respecto al consumo final de energía eléctrica ha variado en el tiempo, pasando de un 5,2% en 2000 a un 5,7 % en 2016, con notables fluctuaciones a lo largo de los años. Los estándares de cuantificación de emisiones establecidos por Naciones Unidas y otros organismos internacionales determinan que los inventarios de emisiones deben incluir las emisiones producidas en el ámbito territorial de la entidad declarante, es decir, en este caso en el territorio de la Comunidad de Madrid. Este es el planteamiento que se sigue en el análisis de las emisiones que se aborda en el resto de capítulos.

No obstante, al contabilizarse de esta manera, se impide establecer escenarios comparables que permitan cuantificar los esfuerzos para la limitación de las emisiones entre territorios que tienen un elevado grado de aprovisionamiento y aquellos que importan energía y bienes con elevadas emisiones asociadas. Por este motivo, en situaciones como la descrita, se considera una buena práctica contabilizar todas las emisiones asociadas a la importación de energía eléctrica a lo largo del tiempo. De este modo, en el presente capítulo se realiza un análisis de las emisiones asociadas al consumo eléctrico en los distintos sectores de actividad de la Comunidad de Madrid que no es satisfecho por la generación registrada en el territorio de la propia Comunidad de Madrid.

El cálculo de las emisiones asociadas al consumo de energía eléctrica se lleva a cabo con un factor de emisión obtenido del informe "Factores de emisión de CO₂ y coeficientes de paso a energía primaria de diferentes fuentes de energía final consumidas en el sector edificios en España", Versión 20/07/2014, publicado por el IDAE. La ecuación aplicada para el cálculo de las emisiones es la siguiente

$$E_{EE} = C_{EE} \times FE_{CO_2_{EE}} \times ((100 - \%Autogeneración)/100) / 1.000.000 \quad [\text{Ecuación 1}]$$

Donde,

E_{EE} = Emisiones de CO₂ del consumo de energía eléctrica (kt CO₂).

C_{EE} = Consumo de Energía eléctrica en los distintos sectores (kWh).

$FE_{CO_2_{EE}}$ = Factor de emisión de CO₂ asociado al consumo de energía eléctrica (kg CO₂/kWh).

% Autogeneración = porcentaje que representa la energía eléctrica generada en la Comunidad de Madrid en relación con el total de energía eléctrica consumida.

4.1. Datos de actividad

Las variables de actividad más relevantes son los consumos de energía eléctrica, su asignación a los distintos sectores y el porcentaje de energía eléctrica consumida que se genera en la Comunidad de Madrid. Las fuentes de información utilizadas son:

- Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid. "Balance Energético de la Comunidad de Madrid".
- IDAE. "Factores de emisión de CO₂ y coeficientes de paso a energía primaria de diferentes fuentes de energía final consumidas en el sector edificios en España". Versión 20/07/2014.

Consumo energía eléctrica en los diferentes sectores de la Comunidad de Madrid								
Año	Agricultura	Energético	Industria	Transporte	Servicios	Doméstico	Otros	Total
	Ktep	Ktep	Ktep	Ktep	Ktep	Ktep	Ktep	Ktep
1990	2,41	9,81	222,07	55,36	393,14	403,57	117,14	1.203,48
1995	2,83	11,53	261,15	65,10	462,33	474,59	137,75	1.415,28
2000	3,00	7,00	394,00	86,00	694,00	611,00	76,00	1.871,00
2001	4,00	8,00	410,00	93,00	742,00	651,00	70,00	1.978,00
2002	4,00	8,00	408,00	91,00	797,00	682,00	66,00	2.056,00
2003	4,00	9,00	426,00	99,00	859,00	718,00	66,00	2.181,00
2004	4,00	9,00	438,00	100,00	920,00	761,00	57,00	2.289,00
2005	5,00	26,00	433,00	103,00	996,00	784,00	54,00	2.401,00
2006	5,00	30,00	455,00	100,00	1.054,00	800,00	50,00	2.494,00
2007	5,00	20,00	462,00	114,00	1.085,00	818,00	47,00	2.551,00
2008	5,00	10,00	449,00	123,00	1.143,00	857,00	45,00	2.632,00
2009	6,00	8,00	400,00	92,00	1.176,00	869,00	27,00	2.578,00
2010	6,00	9,00	399,00	94,00	1.165,00	852,00	19,00	2.544,00
2011	6,00	8,00	372,00	167,00	1.078,00	818,00	16,00	2.465,00
2012	5,00	9,00	283,00	162,00	1.018,00	736,00	8,00	2.221,00
2013	4,00	8,00	288,00	82,00	1.080,00	709,00	4,00	2.175,00
2014	5,00	22,00	301,00	156,00	1.028,00	759,00	4,00	2.275,00
2015	5,00	22,00	306,00	159,00	1.048,00	766,00	4,00	2.310,00
2016	6,00	21,00	316,00	85,00	1.117,00	773,00	4,00	2.322,00

Tabla 12. Consumo de energía eléctrica en los diferentes sectores de la Comunidad de Madrid según el balance de energía (ktep)

Generación de energía eléctrica en la Comunidad de Madrid		
Año	Generación	Autogeneración
	Ktep	%
1990		
1995		
2000	97,0	5,18%
2001	109,5	5,54%
2002	122,0	5,93%
2003	140,5	6,44%
2004	159,0	6,95%
2005	172,5	7,18%
2006	186,0	7,46%
2007	183,5	7,19%
2008	181,0	6,88%
2009	186,0	7,21%
2010	191,0	7,51%
2011	208,0	8,44%
2012	190,0	8,55%
2013	187,0	8,60%
2014	162,0	7,12%
2015	131,0	5,67%
2016	132,0	5,68%

Tabla 13. Energía eléctrica generada en la Comunidad de Madrid

4.2. Factores de emisión

Los factores de emisión empleados son los siguientes (Fuente: IDAE. "Factores de emisión de CO₂ y coeficientes de paso a energía primaria de diferentes fuentes de energía final consumidas en el sector edificios en España". Versión 20/07/2014 para los años 2005-2012, Libro de la Energía en España 2013 y 2014, para los respectivos años y la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia para los años 2015 y 2016):

Factores de emisión de CO ₂ para el consumo eléctrico	
Año	kg CO ₂ /kWh
2005	0,44
2006	0,44
2007	0,45
2008	0,38
2009	0,36
2010	0,28
2011	0,33
2012	0,37
2013	0,29
2014	0,31
2015	0,40
2016	0,36

Tabla 14. Factores de emisión del consumo eléctrico

4.3. Resultados

En la tabla siguiente se muestran las emisiones indirectas estimadas, resultantes del consumo de energía eléctrica importada en la Comunidad de Madrid para los distintos sectores.

Emisiones de CO ₂ indirectas del consumo de energía eléctrica importada en la Comunidad de Madrid								
Año	Kt CO ₂							
	Agricultura	Energético	Industria	Transporte	Servicios	Doméstico	Otros	Total
2005	24,26	126,15	2.100,87	499,75	4.832,50	3.803,89	262,00	11.649,42
2006	24,17	145,02	2.199,43	483,39	5.094,95	3.867,13	241,70	12.055,79
2007	24,61	98,46	2.274,40	561,22	5.341,40	4.026,97	231,38	12.558,45
2008	20,84	41,67	1.871,14	512,58	4.763,27	3.571,41	187,53	10.968,45
2009	23,38	31,17	1.558,39	358,43	4.581,67	3.385,60	105,19	10.043,82
2010	18,13	27,20	1.205,96	284,11	3.521,15	2.575,12	57,43	7.689,10
2011	21,31	28,41	1.321,22	593,13	3.828,70	2.905,27	56,83	8.754,87
2012	19,97	35,94	1.130,18	646,96	4.065,45	2.939,27	31,95	8.869,71
2013	12,56	25,13	904,54	257,54	3.392,02	2.226,80	12,56	6.831,16
2014	16,46	72,41	990,66	513,43	3.383,38	2.498,04	13,16	7.487,54
2015	21,51	94,66	1.316,64	684,13	4.509,27	3.295,89	17,21	9.939,32
2016	23,00	80,50	1.211,39	325,85	4.282,03	2.963,31	15,33	8.901,42

Tabla 15. Emisiones resultantes del consumo de energía eléctrica importada en los distintos sectores de la Comunidad de Madrid

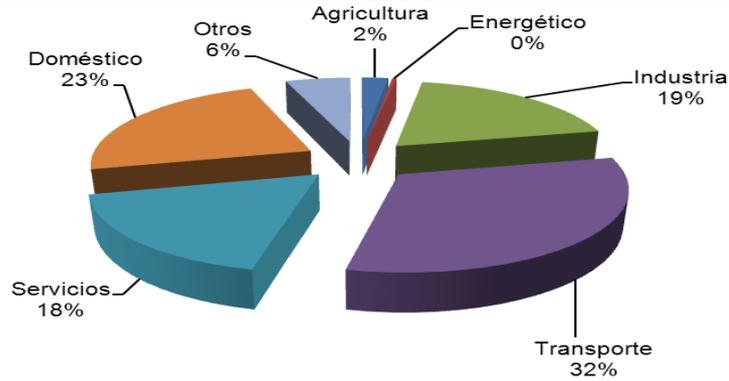


Figura 7. Distribución sectorial de las emisiones indirectas de GEI de la Comunidad de Madrid en el año 2016

Tal y como muestra la siguiente gráfica, en el año 2016, los sectores que mayor contribución tuvieron a las emisiones directas de gases de efecto invernadero (sin contabilizar las emisiones indirectas) fueron, por este orden, Transporte (45%), Industria (21%) y Doméstico (17%).

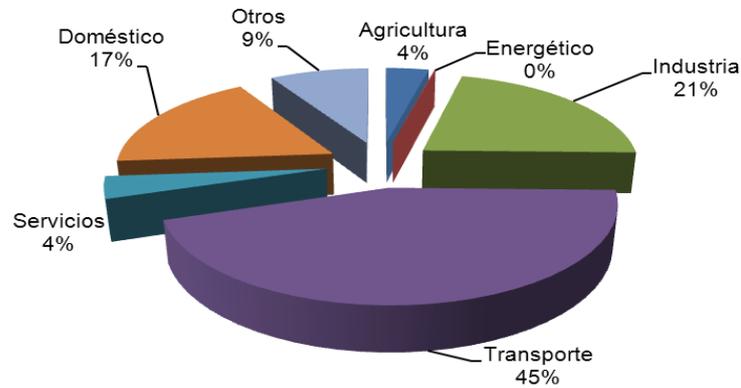


Figura 8. Distribución sectorial de las emisiones directas de GEI de la Comunidad de Madrid en el año 2016.

Al imputar a los distintos sectores las emisiones derivadas del consumo de energía eléctrica importada, se observa que las emisiones del sector doméstico y el sector servicios cobran un mayor protagonismo. Los sectores con mayor contribución en base a este planteamiento son Transporte (33%), Doméstico (22%) e Industria (19%).

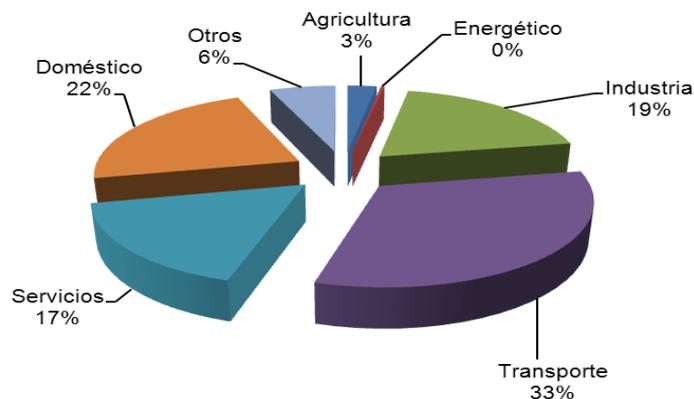


Figura 9. Distribución sectorial de las emisiones totales (directas+indirectas) de GEI de la Comunidad de Madrid en el año 2016.