

**INVENTARIO DE EMISIONES
DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DEL
MUNICIPIO DE MADRID
Año 2017**



medio ambiente y
movilidad

MADRID

**INVENTARIO DE EMISIONES
DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DEL
MUNICIPIO DE MADRID
Año 2017**

Diciembre 2019

Trabajo realizado por:

Fundación para el Fomento de la Innovación Industrial
Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de la
Universidad Politécnica de Madrid

RESUMEN EJECUTIVO

Emisiones directas e indirectas de GEI (año 2017)

Año 2017	Emisiones kt CO ₂ eq	Contribución (%)
Directas	6.823	63,2
Indirectas	3.967	36,8
TOTAL	10.789	100

Indicadores de emisión a nivel municipal y nacional (año 2017)

Año 2017	Emisión per cápita (t CO ₂ eq/hab)	Emisión por unidad de PIB (t CO ₂ eq / mill € ₂₀₀₀)
Madrid	3,4	106
España	7,3	410
Ratio Madrid/España	0,46	0,26

Desagregación sectorial del total de emisiones de GEI (año 2017)

Sector	Emisiones kt CO ₂ eq	Contribución (%)
Residencial, Comercial e Institucional	5.465	50,7
Industria*	617	5,7
Transporte por carretera	2.442	22,6
Otros modos de transporte	1.112	10,3
Tratamiento y eliminación de residuos**	605	5,6
Otros***	549	5,1
TOTAL	10.789	100

(*) Incluye emisiones industriales derivadas o no de procesos de combustión (grupos SNAP 03 y 04)

(**) Incluye tratamiento de residuos y tratamiento de aguas residuales

(***) Incluye la Extracción y distribución de combustibles fósiles, el uso de disolventes y otros productos, la agricultura y la naturaleza (exceptuando las absorciones de CO₂ por parte de los sumideros)

Respecto a 1990, en el año 2017 las emisiones directas de GEI del municipio han disminuido un 17,6%, las emisiones indirectas un 15,1%, lo que implica una reducción del total de emisiones del 16,7%. En este periodo, los sectores “Residencial, Comercial e Institucional, RCI” y “Transporte por carretera” son los más emisores. En 2017 contribuyeron con un 50,7% y 22,6% al total de emisiones de GEI, respectivamente, si bien presentan una evolución descendente en sus emisiones totales. En el periodo 1999-2017, las emisiones directas del sector “RCI” han disminuido un 20,1% y las del “Transporte por carretera” un 28,9%.

Emisiones (kt CO ₂ eq)	1990	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Directas	8.283	9.140	9.251	9.110	9.139	9.260	9.211	9.381	9.441	9.418
Indirectas	4.670	5.917	5.968	6.173	6.426	5.925	6.320	6.760	6.359	6.661
TOTAL	12.953	15.057	15.219	15.283	15.565	15.184	15.532	16.141	15.800	16.079
Evolución de las emisiones de GEI respecto a 1990 (Año 1990 = 100)										
Directas	100,0	110,3	111,7	110,0	110,3	111,8	111,2	113,3	114,0	113,7
Indirectas	100,0	126,7	127,8	132,2	137,6	126,9	135,3	144,7	136,2	142,6
TOTAL	100,0	116,2	117,5	118,0	120,2	117,2	119,9	124,6	122,0	124,1
Emisiones (kt CO ₂ eq)	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Directas	9.318	8.821	8.448	7.870	7.674	7.445	7.071	6.739	7.093	6.823
Indirectas	5.844	5.211	4.148	4.846	5.131	3.902	3.851	4.374	3.531	3.967
TOTAL	15.163	14.032	12.596	12.716	12.805	11.347	10.922	11.113	10.624	10.789
Evolución de las emisiones de GEI respecto a 1990 (Año 1990 = 100)										
Directas	112,5	106,5	102,0	95,0	92,6	89,9	85,4	81,4	85,6	82,4
Indirectas	125,1	111,6	88,8	103,8	109,9	83,6	82,5	93,7	75,6	84,9
TOTAL	117,1	108,3	97,2	98,2	98,9	87,6	84,3	85,8	82,0	83,3

En el periodo 2000-2017, la emisión *per cápita* de GEI en el municipio de Madrid ha disminuido un 35,8% y la emisión por unidad de PIB un 51,3%.

Indicador	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Emisión <i>per cápita</i> (t CO₂ eq/hab)	5,3	5,2	5,2	4,9	5,0	5,1	5,1	5,1	4,7	4,3	3,8	3,9	4,0	3,5	3,5	3,5	3,4	3,4
Emisión por unidad de PIB (t CO₂eq / mill €₂₀₀₀)	214	202	199	188	186	183	171	168	155	147	133	133	137	125	118	116	108	106
Evolución de los indicadores de emisión respecto a 2000 (Año 2000 = 100)																		
Emisión <i>per cápita</i> (t CO₂ eq/hab)	100,0	97,9	97,7	93,0	94,9	96,9	95,7	97,2	89,4	81,6	72,9	73,8	75,0	67,0	65,4	67,0	63,6	64,2
Emisión por unidad de PIB (t CO₂eq / mill €₂₀₀₀)	100,0	94,6	93,3	88,1	87,0	85,7	80,2	78,4	72,4	69,0	62,2	62,4	64,1	58,4	55,4	54,5	50,5	49,7

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1	Alcance	1
2	METODOLOGÍA.....	4
2.1	Cálculo de las emisiones directas de GEI (“Alcance 1”).....	4
2.2	Cálculo de las emisiones indirectas de GEI (“Alcance 2 + Alcance 3”)	5
2.3	Principales modificaciones introducidas en la presente edición del inventario	7
3	EMISIONES DE GEI.....	8
3.1	Emisiones directas	8
3.2	Emisiones indirectas.....	12
3.3	Emisiones totales	14
3.4	Emisiones de GEI por Alcance	16
4	INDICADORES DE EMISIÓN.....	19
5	COMPARACIÓN CON LA SITUACIÓN NACIONAL.....	20
6.	CONCLUSIONES	22
7.	FUENTES DE INFORMACIÓN.....	24

1 INTRODUCCIÓN

La lucha frente al cambio climático requiere la aplicación de diversas medidas encaminadas a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y a la minimización de los posibles impactos negativos que dichas emisiones puedan producir sobre el medio ambiente y la calidad de vida de las personas.

Para que las medidas propuestas sean eficaces y puedan implementarse de forma correcta, es necesario contar con fuentes de información precisas. En este sentido, el Ayuntamiento de Madrid, firmemente comprometido con la lucha frente al cambio climático, cuenta con dos instrumentos esenciales de información estratégica: el *Inventario de emisiones de contaminantes a la atmósfera* (AM, 2019a) y el *Balance energético del municipio de Madrid* (AM, 2019b). Estos documentos son elaborados de forma periódica por la Dirección General de Sostenibilidad y Control Ambiental en colaboración con el equipo de trabajo de la Fundación para el Fomento de la Innovación Industrial (F²I²) de la Universidad Politécnica de Madrid.

El Inventario de emisiones se realiza siguiendo la metodología del proyecto europeo CORINAIR, que, coordinado por la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA o EEA, en su acrónimo en inglés), integra actualmente los inventarios de la práctica totalidad de los países europeos, y cumple los requisitos establecidos por el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) y el Grupo de Trabajo sobre Inventarios y Proyecciones de Emisiones a la Atmósfera de la Comisión Económica para Europa de Naciones Unidas (TFEIP - UNECE).

El Balance energético, elaborado desde el año 2006, se realiza de acuerdo a una metodología propia del equipo de trabajo de la F²I², fundamentada en las directrices de la Agencia Internacional de la Energía (y de la entidad nacional con competencias en materia de energía, en la actualidad, el Ministerio para la Transición Ecológica, MITECO), y particularizada para las condiciones singulares de la ciudad de Madrid (Pérez et al., 2019).

Para la elaboración y actualización de Inventario y Balance, cada año (n) se recopila la información relativa al periodo comprendido entre el primer año inventariado y el año “n-2”, revisándose así toda la serie temporal. El presente informe está basado en la edición 2019 de los citados documentos, que cubren el periodo 1990-2017, en el caso del Inventario de emisiones, y 2006-2017, en el del Balance energético.

1.1 Alcance

El *Inventario de emisiones de GEI del municipio de Madrid* para 2017 tiene en cuenta tanto las emisiones directas como las indirectas (derivadas del consumo de energía eléctrica) en el término municipal de Madrid

En cuanto a las emisiones directas (denominadas emisiones de “Alcance 1”), las actividades potencialmente emisoras de contaminantes a la atmósfera contabilizadas se han agrupado de acuerdo a la nomenclatura SNAP (*Selected Nomenclature for sources of Air Pollution*). Esta nomenclatura está jerarquizada en tres niveles: grupo, subgrupo y actividad. Los grupos SNAP se muestran en la Tabla 1.

Los GEI emitidos directamente por el conjunto de estas actividades son: dióxido de carbono (CO₂), óxido nitroso (N₂O), metano (CH₄), hidrofluorocarburos (HFC), perfluorocarburos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF₆). Las cifras de emisión han de expresarse en términos de CO₂ equivalente (CO₂-eq). Para ello, se pondera la emisión de cada una de las sustancias consideradas por sus potenciales de calentamiento atmosférico a horizonte de 100 años – GWP, en su acrónimo en inglés, *Global Warming Potential*- (Tabla 2), de acuerdo a los valores recomendados en el Cuarto Informe de Evaluación sobre Cambio Climático del IPCC (IPCC, 2007)¹.

Tabla 1. Nomenclatura SNAP. Grupos de actividad

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)

(*) Este grupo de actividades SNAP no se presenta en el municipio de Madrid, por lo que no produce emisiones.

Tabla 2. Potencial de calentamiento global de los GEI

CONTAMINANTE	FÓRMULA	IPCC GWP, 2007
Dióxido de carbono	CO ₂	1
Metano	CH ₄	25
Óxido nitroso	N ₂ O	298
HIDROFLUOROCARBURIS		
HFC-23	CHF ₃	14.800
HFC-32	CH ₂ F ₂	675
HFC-125	C ₂ H ₅ F	3.500
HFC-134a	C ₂ H ₂ F ₄ (CH ₂ FCF ₃)	1.430
HFC-152a	C ₂ H ₄ F ₂ (CH ₃ CHF ₂)	124
HFC-143a	C ₂ H ₃ F ₃ (CF ₃ CH ₃)	4.470
HFC-227ea	C ₃ HF ₇	3.220
HFC-236fa	C ₃ H ₂ F ₆	9.810
PERFLUOROCARBURIS		
Perfluorometano (PFC-14)	CF ₄	7.390
Perfluoroetano (PFC-116)	C ₂ F ₆	12.200
Perfluoropropano (PFC-218)	C ₃ F ₈	8.830
Perfluorobutano (PFC-410)	C ₄ F ₁₀	8.860
SF₆		
Hexafluoruro de azufre	SF ₆	22.800

Fuente: IPCC, 2007, disponible en http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_and_data_reports.shtml#1

¹ Hasta el año 2014, en el que se elaboró el Inventario de emisiones de contaminantes a la atmósfera del municipio de Madrid (versión del año 2012), los GWP utilizados correspondían a los del Segundo Informe de Evaluación sobre Cambio Climático de IPCC (IPCC, 1995), guardando de esta forma coherencia con el Inventario Nacional de Emisiones a la Atmósfera 1990-2012. En las versiones posteriores, los GWP utilizados son los del Cuarto Informe de Evaluación sobre Cambio Climático de IPCC (IPCC, 2007), siguiendo las recomendaciones de la Decisión 24/CP.19 "Revisión de las directrices de la Convención Marco para la presentación de informes sobre los inventarios anuales de las Partes incluidas en el anexo I de la Convención"

Además de estas emisiones directas de GEI (emisiones de “Alcance 1”, fuentes fijas y móviles), la actividad propia de la ciudad genera otro tipo de emisiones denominadas indirectas, distinguiendo entre emisiones indirectas derivadas del consumo eléctrico y emisiones indirectas derivadas del consumo de otros productos y recursos. En el primer caso, las emisiones se dividen, a su vez, entre emisiones de “Alcance 2” y de “Alcance 3”. Las emisiones de “Alcance 2” engloban a aquellas producidas en la generación de la energía eléctrica consumida en la ciudad de Madrid. Las emisiones consideradas en el “Alcance 3” son las asociadas a las pérdidas que se producen en el transporte de la energía eléctrica consumida por la ciudad desde el punto de generación hasta el punto de consumo final.

Para la estimación de las emisiones indirectas derivadas del consumo de otros productos y recursos no se dispone en la actualidad de una metodología de cálculo, si bien, el Ayuntamiento de Madrid está trabajando en su desarrollo para incluir este tipo de emisiones en próximas ediciones del Inventario. Con este enfoque, se consigue una visión completa del conjunto de emisiones de la ciudad.

En el caso de las emisiones indirectas derivadas del consumo eléctrico (“Alcance 2 + Alcance 3”), únicamente se consideran las emisiones de dióxido de carbono, dado que es el único GEI para el que se dispone de información fiable a nivel nacional (MITECO y Red Eléctrica de España, REE). Además, es el GEI más relevante. Su contribución al total de emisiones de GEI indirectas derivadas del consumo eléctrico se sitúa por encima del 98%, según las estimaciones del equipo de trabajo de la F²I² para el total nacional. El resto corresponde a metano y óxido nítrico.

2 METODOLOGÍA

2.1 Cálculo de las emisiones directas de GEI (“Alcance 1”)

A continuación se presenta, de forma resumida, la metodología seguida para la estimación de las emisiones directas (“Alcance 1”) de GEI. Esta información se presenta en la Tabla 3 de forma resumida debido al elevado número de actividades emisoras presentes en el municipio de Madrid y a la variabilidad existente a la hora de estimar las emisiones producidas por cada una de ellas. La información se muestra de forma agregada para cada uno de los grupos SNAP recogidos en la Tabla 1, y recoge la definición de las principales variables de actividad y las fuentes de información disponibles, tanto para la variable de actividad como para los factores de emisión.

Tabla 3. Metodología para la estimación de las emisiones directas de GEI (“Alcance 1”)

Grupo SNAP	Principales variables de actividad	Fuentes de información consultadas para la variable de actividad	Fuentes de información empleadas para los factores de emisión
02. Combustión no industrial	Consumo de combustible en calderas: - carbón - gas natural - gases licuados del petróleo (GLP) - gasóleo - biomasa	- Censo de Calderas de la Ciudad de Madrid – años 2014/2015 y 2017 - Gas Natural SDG S.A. y Madrileña Red de Gas S.A.U. (gas natural) - Repsol y Cepsa (GLP) - Calordom S.A. (biomasa)	- Libro Guía EMEP/EEA ¹ - Balance de masa
03. Combustión industrial	- Consumo de combustibles en la industria	- Gas Natural SDG S.A. y Madrileña Red de Gas S.A.U. - Repsol - Cuestionarios remitidos a las instalaciones consumidoras	- Libro Guía EMEP/EEA ¹ - Balance de masa - CITEPA ² - API Compendium ³
04. Procesos industriales sin combustión	- Producción de acero en horno eléctrico - Uso de carbonato sódico	- Cuestionarios remitidos a las instalaciones consumidoras/productoras - MITECO, 2019a ⁴	- Libro Guía EMEP/EEA ¹ - Balance de carbono - Manual Referencia IPCC ⁵
05. Extracción y distribución de combustibles	- Consumo de gas natural en el municipio	- Gas Natural SDG S.A. y Madrileña Red de Gas S.A.U.	- MITECO, 2019a ⁴
06. Uso de disolventes	- Consumo de pinturas y disolventes en distintas industrias y aplicaciones industriales - Población - Nº empleados en el municipio por código CNAE ⁶	- Cuestionarios remitidos a las instalaciones industriales - MITECO, 2019a ⁴ - Instituto Nacional de Estadística (INE) - Comunidad de Madrid (CM) - RIECOV ⁷	- Libro Guía EMEP/EEA ¹ - MITECO, 2019a ⁴ - Manual CORINAIR (1994)
07. Transporte por carretera	- Recorridos por tipo de vehículo y por categoría de vehículo - Velocidades medias - Características propias de los combustibles - Temperaturas medias mínimas y máximas mensuales	- Modelo de tráfico del Ayuntamiento de Madrid - Estudios de caracterización del parque circulante en la ciudad de Madrid (AM, 2014; AM, 2018) - COPERT 4.11.3 - AEMET ⁸	- Libro Guía EMEP/EEA ¹ - COPERT 4.11.3
08. Otros modos de transporte	Consumo de combustible en: - ferrocarril - aviones - maquinaria agrícola	- MITECO, 2019a ⁴ - RENFE ⁹ - AENA ¹⁰ - Organización de Aviación Civil Internacional (OACI, 2016)	- Libro Guía EMEP/EEA ¹ - Balance de masa - Organización de Aviación Civil Internacional (OACI, 2016)

Grupo SNAP	Principales variables de actividad	Fuentes de información consultadas para la variable de actividad	Fuentes de información empleadas para los factores de emisión
08. Otros modos de transporte	<ul style="list-style-type: none"> - maquinaria de construcción y obras públicas, y plantas de compostaje - maquinaria de jardinería - otros 	<ul style="list-style-type: none"> - Cuestionarios enviados a las plantas compostaje - Ayuntamiento de Madrid - CLH¹¹ 	<ul style="list-style-type: none"> - Libro Guía EMEP/EEA¹ - Balance de masa - MITECO, 2019a⁴
09. Tratamiento de residuos	<ul style="list-style-type: none"> - Residuos incinerados y combustible auxiliar en incineración - Residuos a vertedero y biogás de vertedero recuperado - Número de incineraciones de cadáveres - Agua residual tratada en EDAR - Consumo gas natural en cogeneraciones de secado de lodos - Entradas de residuos a compostaje - Entrada de residuos a biometanización 	<ul style="list-style-type: none"> - PTV¹² - Cuestionarios enviados a E.M.S.F.¹³ - Ayuntamiento de Madrid - INE 	<ul style="list-style-type: none"> - Cuestionarios PTV¹² - Libro Guía EMEP/EEA¹ - Guías IPCC¹⁴ - MITECO, 2019a⁴
10. Agricultura	<ul style="list-style-type: none"> - Superficie cultivada - Superficie de cultivos fertilizada - Número de cabezas por tipo de ganado 	<ul style="list-style-type: none"> - CM, 2019¹⁵ - MITECO, 2019a⁴ 	<ul style="list-style-type: none"> - Libro Guía EMEP/EEA¹ - Guías IPCC¹⁴ - MITECO, 2019a⁴
11. Naturaleza	<ul style="list-style-type: none"> - Superficie forestal - Temperatura ambiente - Superficie quemada - Superficie espacios acuáticos - Población 	<ul style="list-style-type: none"> - I.F.N. (III)¹⁶ - MITECO, 2019a⁴ - Comunidad de Madrid - Ayuntamiento de Madrid - AEMET⁸ - INE - AM, 2019¹⁷ 	<ul style="list-style-type: none"> - Libro Guía EMEP/EEA¹ - Guías IPCC¹⁴ - MITECO, 2019a⁴

1) Libro Guía EMEP/EEA: Libro Guía para la elaboración de Inventarios de emisiones de contaminantes a la atmósfera en sus distintas versiones, principalmente 2006, 2007, 2009, 2013 y 2016

2) CITEPA: Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique

3) API Compendium: Compendium of Greenhouse Gas Emissions Estimation Methodologies for the Oil and Gas Industry, Pilot Test Version. American Petroleum Institute

4) MITECO, 2019a: Inventario Nacional de Emisiones de Contaminantes a la Atmósfera 1990-2017

5) Manual de Referencia IPCC. "Greenhouse Gas Inventory Reference Manual", revised 1996

6) CNAE: Clasificación Nacional de Actividades Económicas

7) RIECOV: Registro de Instalaciones Emisoras de Compuestos Orgánicos Volátiles

8) AEMET: Agencia Estatal de Meteorología

9) RENFE: Red Nacional de Ferrocarriles Españoles

10) AENA: Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea

11) CLH: Compañía Logística de Hidrocarburos

12) PTV: Centro de Tratamiento Integral de Residuos Urbanos del Parque Tecnológico de Valdemingómez

13) E.M.S.F.: Empresa Mixta de Servicios Funerarios de Madrid

14) Guías IPCC: Good Practice Guidance y IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories

15) CM, 2019: Anuario Estadístico de la Comunidad de Madrid 1985-2017

16) I.F.N. (III): Tercer Inventario Forestal Nacional 1997-2007. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente

17) AM, 2019: Anuario Estadístico del Ayuntamiento de Madrid –Banco de datos-

2.2 Cálculo de las emisiones indirectas de GEI ("Alcance 2 + Alcance 3")

Como se ha comentado en el apartado 1.1, en la presente edición del Inventario de emisiones de GEI, dentro de las emisiones indirectas, únicamente se consideran las derivadas del consumo eléctrico en el municipio. Para su estimación se han tomado los datos de energía eléctrica consumida (como energía final) recogidos en el *Balance energético del municipio* y se ha aplicado un factor de emisión por unidad de energía eléctrica consumida. En el Balance energético se desglosa el consumo de energía eléctrica entre electricidad procedente de la red y los autoconsumos de electricidad en las propias instalaciones generadoras del municipio. Para el cálculo de las emisiones indirectas ha de considerarse, únicamente, el consumo de energía eléctrica procedente de la red, dado que las emisiones procedentes de la fracción de energía eléctrica generada y consumida en las propias

instalaciones municipales (autoconsumos) ya están incluidas en el cálculo de las emisiones directas. Como el Balance energético municipal cubre, únicamente, el periodo temporal 2006-2017, la serie histórica se ha completado con los datos de energía eléctrica facturada al municipio de Madrid según el *Anuario Estadístico de la Comunidad de Madrid* (CM, 2019) y el *Anuario Estadístico del Ayuntamiento de Madrid* (AM, 2019c).

Los factores de emisión por unidad de energía eléctrica consumida (FE eléctrico) son valores nacionales obtenidos a través de la relación entre el consumo eléctrico nacional publicado por el Ministerio para la Transición Ecológica (MITECO, 2019b; REE, 2018a) y los valores de emisión de dióxido de carbono asignables a la generación de energía eléctrica, recogidos en la comunicación del *Inventario Nacional de Emisiones 1990-2012* a la Comisión Europea (MAPAMA, 2014). Para el caso del FE eléctrico de los años 2013-2017, debido a que a fecha de elaboración del presente informe no existen datos nacionales de emisión de dióxido de carbono asignables a la generación de energía eléctrica por parte de la versión correspondiente del Inventario Nacional, los valores se obtienen a partir de la información procedente de las series estadísticas nacionales de Red Eléctrica de España (REE, 2018b). En la Tabla 4 se recogen los factores de emisión resultantes y empleados para la estimación de estas emisiones indirectas.

Tabla 4. FE por unidad de energía eléctrica consumida

Año	FE (tCO ₂ /MWh)
1990	0,536
1991	0,531
1992	0,573
1993	0,530
1994	0,508
1995	0,556
1996	0,433
1997	0,481
1998	0,464
1999	0,542
2000	0,521
2001	0,458
2002	0,523
2003	0,462
2004	0,476
2005	0,495
2006	0,456
2007	0,469
2008	0,401
2009	0,362
2010	0,292
2011	0,350
2012	0,374
2013	0,300
2014	0,306
2015	0,346
2016	0,281
2017	0,321

2.3 Principales modificaciones introducidas en la presente edición del inventario

En la edición del Inventario de emisiones de GEI 1999-2017 se han realizado una serie de mejoras metodológicas y de actualizaciones de series de información, con el objeto de mejorar el cálculo de las emisiones en algunos sectores. En todos los casos, los cambios se han trasladado a toda la serie histórica. Las modificaciones realizadas se listan a continuación.

- Grupo SNAP 02: la serie histórica de emisiones procedente de las calderas de carbón se ha actualizado de acuerdo con la última versión disponible del censo de calderas de carbón
- Grupo SNAP 06
 - Actividad SNAP 06.05.05. Extintores de incendios. Se ha actualizado la serie histórica de las emisiones de HFC y PFC, de acuerdo con la edición del Inventario Nacional de Emisiones 1990-2017.
 - Actividad SNAP 06.05.06: Aerosoles. Se ha actualizado la serie histórica de las emisiones de HFC-134a, de acuerdo con la edición del Inventario Nacional de Emisiones 1990-2017.
 - Actividad SNAP 06.05.07. Equipos eléctricos. Se ha actualizado la serie histórica de las emisiones de SF₆, de acuerdo con la edición del Inventario Nacional de Emisiones 1990-2017.
- Grupo SNAP 10:
 - Subgrupo SNAP 10.04: ganadería (fermentación entérica). Se ha actualizado la serie histórica de kg CH₄/cabeza y año de vacuno de leche, otro vacuno y ovino, de acuerdo con la edición del Inventario Nacional de Emisiones 1990-2017.
 - Subgrupo SNAP 10.05: gestión de estiércol con referencia a compuestos orgánicos. Se ha actualizado la serie histórica de kg CH₄/cabeza y año de vacuno de leche, otro vacuno y ovino, de acuerdo con la edición del Inventario Nacional de Emisiones 1990-2017.
 - Subgrupo SNAP 10.09: gestión de estiércol con referencia a compuestos nitrogenados. Se ha actualizado la serie histórica de los kg N/cabeza y año de vacuno de leche, otro vacuno y ovino, de acuerdo con la edición del Inventario Nacional de Emisiones 1990-2017.

Sin embargo, estos cambios no han supuesto modificaciones muy notorias en el total de las emisiones en la serie histórica.

3 EMISIONES DE GEI

3.1 Emisiones directas

En la Tabla 5 y en la Figura 1 se muestra la evolución de las emisiones directas de GEI (emisiones de “Alcance 1”) en el municipio de Madrid. Así mismo, en la Tabla 6 y Figura 2 se ofrece su desagregación de acuerdo a las agrupaciones sectoriales definidas en el *Balance energético municipal*.

Tabla 5. Emisiones directas de GEI (alcance 1) del municipio de Madrid (kt de CO₂ equivalente)*

AÑO	CH ₄	CO ₂	HFC	N ₂ O	PFC	SF ₆	TOTAL
1990	944	7.2	0	134	0,0	4	8.283
1999	1.190	7.476	218	250	0,0	6	9.140
2000	1.194	7.497	297	256	0,0	7	9.251
2001	1.127	7.357	379	240	0,0	7	9.110
2002	1.058	7.384	452	237	0,0	7	9.139
2003	930	7.528	553	241	0,0	8	9.260
2004	497	7.844	629	232	0,0	9	9.211
2005	520	7.878	729	244	0,0	10	9.381
2006	514	7.772	879	265	0,0	11	9.441
2007	486	7.635	1.026	259	0,0	12	9.418
2008	485	7.458	1.105	258	0,1	12	9.318
2009	489	7.046	1.027	246	0,0	13	8.821
2010	497	6.669	1.027	242	0,0	13	8.448
2011	475	6.134	1.020	229	0,0	13	7.870
2012	464	5.982	1.017	198	0,0	13	7.674
2013	437	5.799	1.017	179	0,0	13	7.445
2014	411	5.466	1.007	175	0,1	13	7.071
2015	399	5.595	563	168	0,5	14	6.739
2016	409	5.943	552	174	0,4	14	7.093
2017	350	5.854	426	178	0,5	14	6.823

(*) No se incluyen las absorciones de CO₂ de la naturaleza (grupo SNAP 11)

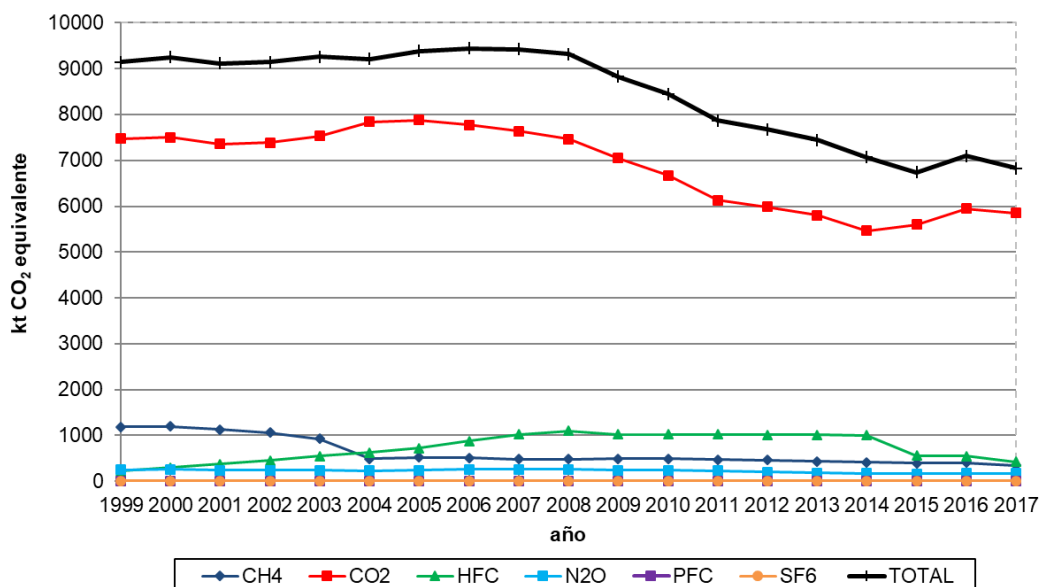


Figura 1. Evolución de las emisiones directas de GEI por tipo de gas

Se observa que las emisiones directas de GEI en 2017 son un 18% menores que las de 1990. Durante el periodo 1999-2008, dichas emisiones permanecieron prácticamente constantes, produciéndose posteriormente un importante descenso (próximo al 28%, en 2015 respecto a 2008). En 2017, se produce una reducción del 4% respecto a 2016, debido principalmente a los sectores “RCI”, “Transporte por carretera” y “Otros modos de transporte”, cuyas evoluciones se analizan más adelante.

El compuesto más relevante desde el punto de vista de las emisiones directas de GEI es el CO₂, contribuyendo a lo largo del periodo inventariado con un valor promedio de 81% del total. Respecto al resto de GEI, se observan dos tendencias bien diferenciadas. Entre 1999 y 2017 disminuyen las emisiones de CH₄ y N₂O (un 71% y 29%, respectivamente). Sin embargo, las de compuestos fluorados aumentan de forma significativa. En el caso de las emisiones de HFC, en 2017 son un 95% más elevadas que en 1999. La evolución de las emisiones de CH₄ está ligada al sector “Tratamiento y eliminación de residuos”, mientras que la de compuestos fluorados lo está al sector “Otros”.

Desde el punto de vista de la contribución de cada uno de los sectores, en la Tabla 6 y Figura 2 se observa que, a lo largo del periodo inventariado, los sectores “Transporte por carretera” y “RCI” suponen entre el 60% y el 68% del total de emisiones directas de GEI. En el resto de sectores se aprecia una contribución cada vez menor de los sectores “Industria” y “Tratamiento de residuos” y una participación creciente del sector “Otros modos de transporte”.

Tabla 6. Emisiones directas de GEI por sector de actividad (kt CO₂ equivalente)

AÑO	RCI	Industria*	Transporte por carretera	Otros modos de transporte	Tratamiento y eliminación de residuos**	Otros***	TOTAL
1999	2.595	623	3.436	676	1.414	396	9.140
2000	2.550	579	3.471	743	1.431	477	9.251
2001	2.479	516	3.423	762	1.374	558	9.110
2002	2.358	471	3.543	718	1.426	623	9.139
2003	2.559	517	3.442	669	1.355	718	9.260
2004	2.676	485	3.602	706	957	785	9.211
2005	2.695	482	3.592	729	990	893	9.381
2006	2.557	491	3.467	899	971	1.056	9.441
2007	2.614	514	3.233	928	927	1.201	9.418
2008	2.611	506	3.110	865	956	1.270	9.318
2009	2.508	393	2.948	793	999	1.180	8.821
2010	2.372	384	2.796	734	989	1.173	8.448
2011	2.235	366	2.461	732	921	1.156	7.870
2012	2.326	324	2.327	681	875	1.140	7.674
2013	2.341	367	2.236	603	768	1.131	7.445
2014	2.106	363	2.240	609	635	1.118	7.071
2015	2.045	375	2.372	666	613	668	6.739
2016	2.202	411	2.450	735	633	662	7.093
2017	2.072	405	2.441	763	605	536	6.823
Contribución (%)							
1999	28,4	6,8	37,6	7,4	15,5	4,3	100
2000	27,6	6,3	37,5	8,0	15,5	5,2	100
2001	27,2	5,7	37,6	8,4	15,1	6,1	100
2002	25,8	5,2	38,8	7,9	15,6	6,8	100
2003	27,6	5,6	37,2	7,2	14,6	7,8	100
2004	29,0	5,3	39,1	7,7	10,4	8,5	100
2005	28,7	5,1	38,3	7,8	10,6	9,5	100
2006	27,1	5,2	36,7	9,5	10,3	11,2	100
2007	27,8	5,5	34,3	9,9	9,8	12,8	100
2008	28,0	5,4	33,4	9,3	10,3	13,6	100
2009	28,4	4,5	33,4	9,0	11,3	13,4	100
2010	28,1	4,5	33,1	8,7	11,7	13,9	100
2011	28,4	4,6	31,3	9,3	11,7	14,7	100
2012	30,3	4,2	30,3	8,9	11,4	14,9	100
2013	31,4	4,9	30,0	8,1	10,3	15,2	100
2014	29,8	5,1	31,7	8,6	9,0	15,8	100
2015	30,3	5,6	35,2	9,9	9,1	9,9	100
2016	31,0	5,8	34,5	10,4	8,9	9,3	100
2017	30,4	5,9	35,8	11,2	8,9	7,9	100

(*) Incluye las emisiones industriales derivadas o no de procesos de combustión (grupos SNAP 03 y 04)

(**) Incluye tratamiento de residuos y tratamiento de aguas residuales

(***) Incluye la extracción y distribución de combustibles fósiles, el uso de disolventes y otros productos, la agricultura y la naturaleza (exceptuando los sumideros)

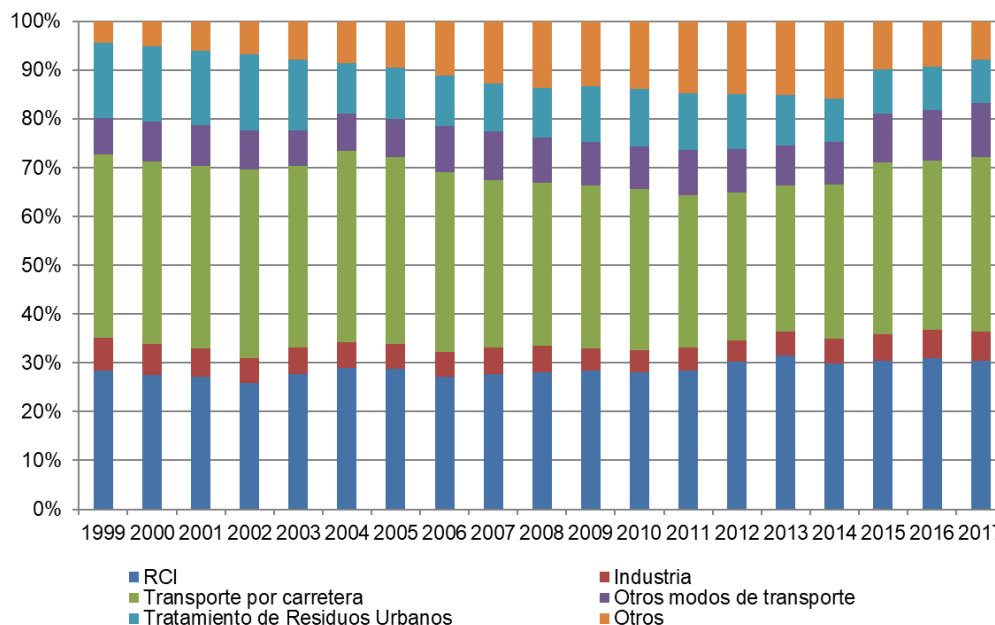


Figura 2. Evolución de la contribución sectorial al total de emisiones directas de CO₂ equivalente

A continuación se recoge un análisis más detallado para cada sector:

- “RCI”: las emisiones directas de GEI en 2017 son un 20% inferiores a las de 1999. Esta disminución se debe, fundamentalmente, a la mejora tecnológica de los equipos de combustión y a la sustitución de combustibles de alta tasa de emisión (tipo carbón) por otros con menores emisiones por unidad de energía (tipo gas natural). Como ejemplo, en el periodo 1999-2017, el consumo de gas natural ha pasado de suponer el 50% del combustible consumido en el sector, al 78%. A su vez, la contribución del carbón ha pasado del 7% al 2% en ese mismo periodo.
- “Industria”: sus emisiones han disminuido un 35% en el periodo 1999-2017. Esta tendencia se debe a la reubicación en otros municipios de ciertas instalaciones industriales que anteriormente se encontraban en el término municipal de Madrid, al cambio en el tipo de combustible empleado (sustitución de carbón y fuelóleo por gas natural) y al descenso del nivel de actividad de algunas de las instalaciones que aún permanecen en el municipio.
- “Transporte por carretera”: sus emisiones han disminuido un 29% en el periodo 1999-2017, siendo este descenso más evidente a partir del año 2007. Esta reducción acumulada en el periodo evaluado se debe a factores como la modificación de los recorridos, las velocidades de circulación y las distribuciones de los recorridos por tipología de vehículo y tecnología, tal y como se deriva de la información recopilada y generada a través del modelo de tráfico del Ayuntamiento de Madrid y del *Estudio del Parque Circulante de la Ciudad de Madrid*, ediciones 2013 y 2017 (AM, 2014; AM, 2018b). Así, la evolución de las emisiones se ve influenciada por:
 - modificación de los recorridos totales. Como ejemplo, y según los datos del modelo de tráfico del Ayuntamiento de Madrid, en 2017, los recorridos totales se redujeron un 0,25% respecto a 2016
 - medidas municipales de promoción de ciclomotores y motocicletas que están provocando un incremento de sus recorridos en detrimento de los turismos (durante el

- periodo inventariado), lo que se traduce en una reducción en el consumo de carburantes y, por tanto, en una reducción de emisiones
- constante mejora tecnológica del parque de vehículos como consecuencia de su renovación. Esto contribuye a la reducción del consumo de combustibles destacando, especialmente, la introducción de tecnologías de combustión más eficientes, menos contaminantes o, incluso, sin emisión a nivel urbano (vehículos híbridos y eléctricos, promoción de combustibles alternativos tipo gas natural y gases licuados del petróleo)
 - mejora asociada al transporte público municipal, tanto en lo que concierne al sector del taxi como a los autobuses de la Empresa Municipal de Transportes (EMT)

Dada la importancia del sector “Transporte por carretera” en las emisiones directas de GEI en el municipio de Madrid, en la Figura 3 se muestran sus emisiones de CO₂ desagregadas espacialmente en una malla regular para el año 2017 (tamaño de celda igual a 1x1 km).

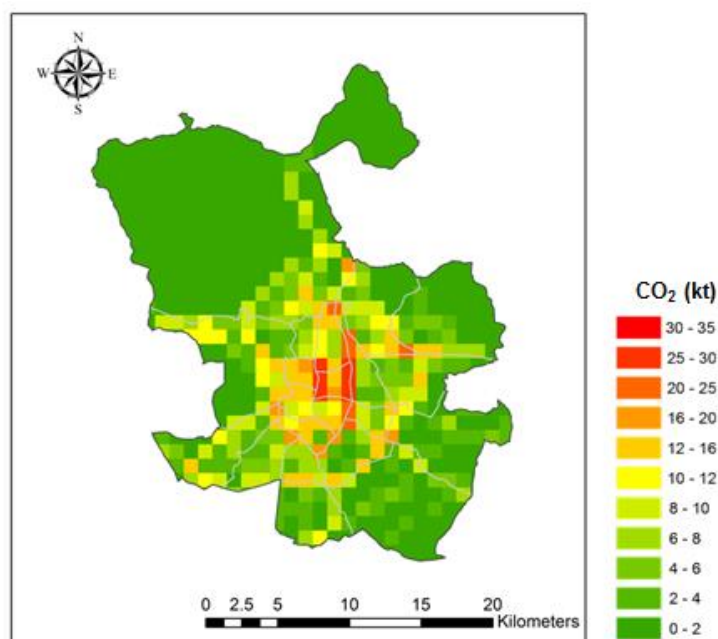


Figura 3. Desagregación espacial de las emisiones directas de CO₂ del sector “Transporte por carretera” (malla con tamaño de celda igual a 1x1 km)

- “Otros modos de transporte”: sus emisiones en 2017 son un 13% mayores que en 1999. Esta evolución depende, en gran medida, de las emisiones de los aeropuertos de Adolfo Suárez Madrid-Barajas y Cuatro Vientos (en 2017 contabilizaron el 82% de las emisiones de GEI del sector). La actividad de los aeropuertos en 2017 ha aumentado un 18% respecto a 2013, año en el que se registra la menor actividad del periodo inventariado (medido en número de operaciones de aterrizaje y despegue).
- “Tratamiento y eliminación de residuos”: sus emisiones disminuyen un 57% en el periodo inventariado. Este descenso se debe en gran parte a la reducción de emisiones de CH₄ a partir del 2003 con el comienzo de la captación de biogás de vertedero en el Parque Tecnológico de Valdemingómez. Aun así, el CH₄ continúa siendo el GEI con mayor importancia, suponiendo el 49% de las emisiones directas del sector en 2017. El siguiente GEI en importancia de este sector es el CO₂ (33% de las emisiones directas del sector en 2017), el cual presenta un gran descenso en su emisión desde el año 2012 en adelante, como consecuencia del descenso y

posterior cese de actividad de las plantas de secado térmico de lodos de Sur y Butarque. En relación a las emisiones de N_2O (18% de las emisiones directas del sector en 2017), se han incrementado un 3% respecto a 1999. Así, la reducción de emisiones directas de GEI acontecida en los últimos años se debe, en gran medida, al cese de consumo de gas natural en el secado térmico de lodos, un descenso de la cantidad de residuos incinerados y la reducción de emisiones de CH_4 procedente de los vertederos.

- “Otros”: es el sector que ha sufrido el mayor incremento de emisiones directas de GEI entre 1999 y 2017 (35%). Este incremento se ha producido por un importante aumento de las emisiones de compuestos fluorados, especialmente HFC (incremento del 95% en el periodo inventariado), asociado a una mayor utilización de hidrocarburos halogenados en los equipos de refrigeración, aire acondicionado y extinción de incendios. Además, la contribución de las emisiones de HFC al total de emisiones del sector es, también, cada vez mayor, pasando del 55% en 1999 al 80% en 2017. Las emisiones de PFC y SF_6 también han aumentado de forma importante entre 1999 y 2017 (crecimiento del 131%), pero, en este caso, su contribución conjunta sobre el total de emisiones directas de GEI del sector es del 3% en 2017.

3.2 Emisiones indirectas

En la Tabla 7 se recogen las emisiones indirectas de GEI (suma de emisiones de “Alcance 2” y de “Alcance 3”) derivadas del consumo eléctrico en el término municipal de Madrid. La primera columna de la tabla muestra la energía facturada al municipio, dado que, como ya se ha comentado, es la única fracción a considerar en el cálculo de las emisiones indirectas. Las emisiones procedentes de la energía eléctrica generada y consumida en las propias instalaciones municipales se incorporan en el cálculo de las emisiones directas.

En la Figura 4 se representa la evolución de cada uno de los tres parámetros de la Tabla 7. Se observa que las emisiones indirectas en 2017 son un 15% inferiores a las de 1990, a pesar de que el consumo de energía eléctrica aumentó en ese periodo un 42%. Esta evolución se debe a que el factor de emisión eléctrico ha decrecido un 41% en el periodo analizado, como consecuencia de la penetración de las formas renovables de generación de energía eléctrica y el retroceso sufrido en el consumo de fuentes energéticas más emisoras (tipo carbón). No obstante, en 2017, las emisiones indirectas aumentaron un 12% respecto a 2016. Esto se debe a que el factor de emisión eléctrico se incrementó un 14%, debido principalmente a un incremento en la utilización del carbón para la generación eléctrica en un 21% respecto a 2016 (REE, 2018a).

De acuerdo a las agrupaciones sectoriales definidas en el *Balance energético municipal*, las emisiones indirectas derivadas del consumo eléctrico para cada uno de los sectores se recogen en la Tabla 8. Únicamente se recogen las del periodo 2006-2017, dado que son los años para los que se dispone del *Balance energético*.

Tabla 7. Emisiones indirectas derivadas del consumo de energía eléctrica en el municipio de Madrid

Año	Electricidad facturada, GWh	FE, ktCO ₂ /GWh	Emisiones indirectas, kt CO ₂
1990	8.712	0,536	4.670
1991	9.424	0,531	5.009
1992	9.393	0,573	5.384
1993	9.418	0,530	4.989
1994	9.490	0,508	4.818
1995	9.519	0,556	5.294
1996	9.737	0,433	4.213
1997	9.756	0,481	4.690
1998	10.370	0,464	4.815
1999	10.914	0,542	5.917
2000	11.462	0,521	5.968
2001	13.465	0,458	6.173
2002	12.276	0,523	6.426
2003	12.815	0,462	5.925
2004	13.278	0,476	6.320
2005	13.661	0,495	6.760
2006	13.948	0,456	6.359
2007	14.201	0,469	6.661
2008	14.590	0,401	5.844
2009	14.413	0,362	5.211
2010	14.228	0,292	4.148
2011	13.842	0,350	4.846
2012	13.716	0,374	5.131
2013	13.004	0,300	3.902
2014	12.575	0,306	3.851
2015	12.630	0,346	4.374
2016	12.573	0,281	3.531
2017	12.366	0,321	3.967

Fuentes: Electricidad facturada: CM, 2019 (1990-2002); AM, 2019c (2003-2005); AM, 2019b (2006-2017)
Factor de emisión estimado a partir de MAPAMA, 2014, MITECO, 2019, REE, 2018a y REE, 2018b

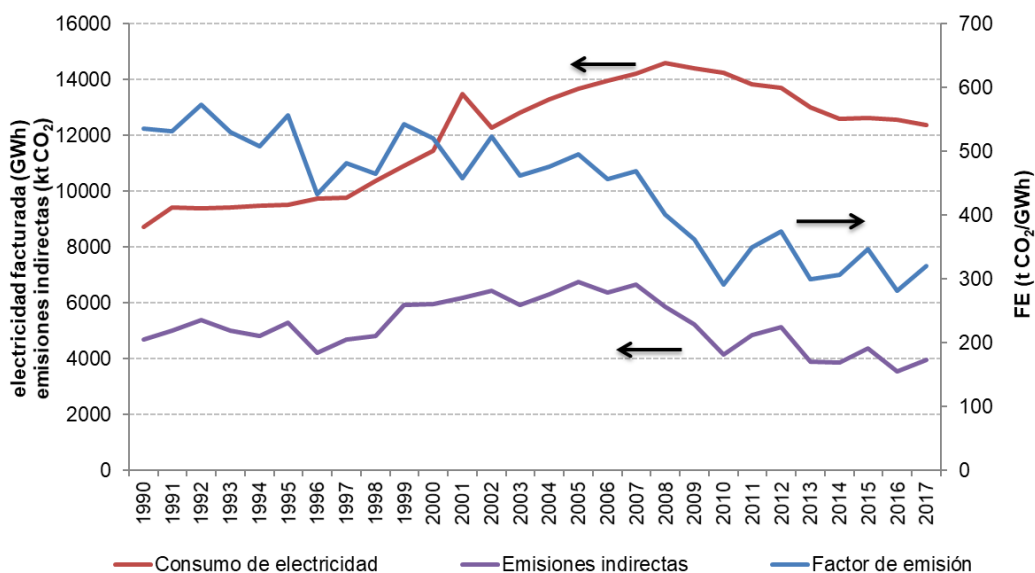


Figura 4. Evolución de las emisiones indirectas, energía eléctrica facturada al municipio y FE eléctrico

En la Figura 5 se observa que el sector “RCI” supone el 81-86% del total de las emisiones indirectas en el periodo evaluado. El sector “Industria” ha pasado de suponer el 12% de las emisiones indirectas en 2006 al 5% en 2017, como consecuencia del descenso en el consumo eléctrico del sector (medidas

de ahorro y eficiencia energética y reducción de actividad). Por el contrario, el sector “Otros modos de transporte” aumentó su contribución del 6%, en 2006, al 9% en 2017.

Tabla 8. Emisiones indirectas derivadas del consumo de energía eléctrica por sector de actividad (kt CO₂)

Año	RCI	Industria	Transporte por carretera	Otros modos de transporte	Tratamiento de Residuos Urbanos	Tratamiento de Aguas Residuales	TOTAL
2006	5.187	734	-	407	-	32	6.359
2007	5.420	726	-	479	-	37	6.661
2008	4.802	572	0,1	442	-	29	5.844
2009	4.502	414	0,1	268	-	27	5.211
2010	3.438	348	0,1	344	-	18	4.148
2011	4.016	380	0,1	430	-	20	4.846
2012	4.373	301	0,1	437	-	20	5.131
2013	3.351	218	0,1	319	-	14	3.902
2014	3.311	215	0,1	313	-	12	3.851
2015	3.759	244	0,1	359	-	12	4.374
2016	3.030	194	0,1	297	-	10	3.531
2017	3.393	211	0,7	349	-	13	3.967

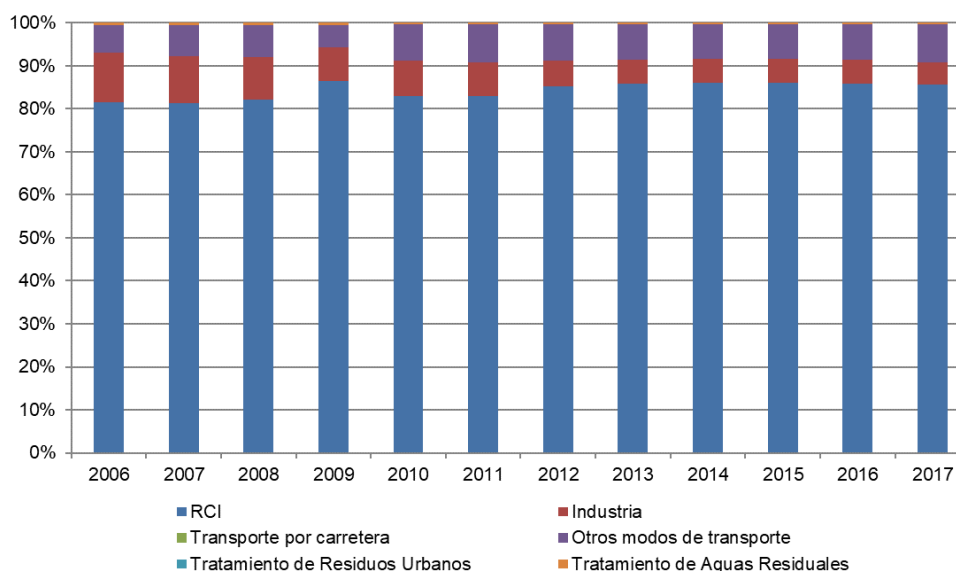


Figura 5. Evolución de la contribución sectorial al total de emisiones indirectas

3.3 Emisiones totales

La Tabla 9 y la Figura 6 muestran la evolución de las emisiones de GEI directas, indirectas y totales en el municipio de Madrid. En la Figura 6 se muestra en color naranja el objetivo fijado por el Plan de Calidad del Aire y Cambio Climático del Ayuntamiento de Madrid (Plan A). Según dicho Plan A, se espera alcanzar una reducción de las emisiones totales de GEI en el año 2030 superior al 40% respecto a 1990. Las emisiones totales de GEI en 2017 se sitúan un 39% por encima del objetivo a 2030.

En la Tabla 9 se observa como las emisiones directas son mayores que las indirectas. A modo de ejemplo, las emisiones directas de GEI en 1999 suponen el 61% de las emisiones totales y el 63% en 2017. A pesar de que la evolución de las emisiones no ha sido lineal en ese periodo, las emisiones directas disminuyeron un 25%, las emisiones indirectas un 33%, y las totales un 28%.

Tabla 9. Emisiones directas e indirectas de GEI en el municipio (kt CO₂ equivalente)

Año	Emisiones			Contribución sobre TOTAL (%)		
	Directas	Indirectas	TOTAL	Directas	Indirectas	TOTAL
1990	8.283	4.670	12.953	63,9	36,1	100
1999	9.140	5.917	15.057	60,7	39,3	100
2000	9.251	5.968	15.219	60,8	39,2	100
2001	9.110	6.173	15.283	59,6	40,4	100
2002	9.139	6.426	15.565	58,7	41,3	100
2003	9.260	5.925	15.184	61,0	39,0	100
2004	9.211	6.320	15.532	59,3	40,7	100
2005	9.381	6.760	16.141	58,1	41,9	100
2006	9.441	6.359	15.800	59,8	40,2	100
2007	9.418	6.661	16.079	58,6	41,4	100
2008	9.318	5.844	15.163	61,5	38,5	100
2009	8.821	5.211	14.032	62,9	37,1	100
2010	8.448	4.148	12.596	67,1	32,9	100
2011	7.870	4.846	12.716	61,9	38,1	100
2012	7.674	5.131	12.805	59,9	40,1	100
2013	7.445	3.902	11.347	65,6	34,4	100
2014	7.071	3.851	10.922	64,7	35,3	100
2015	6.739	4.374	11.113	60,6	39,4	100
2016	7.093	3.531	10.624	66,8	33,2	100
2017	6.823	3.967	10.789	63,2	36,8	100

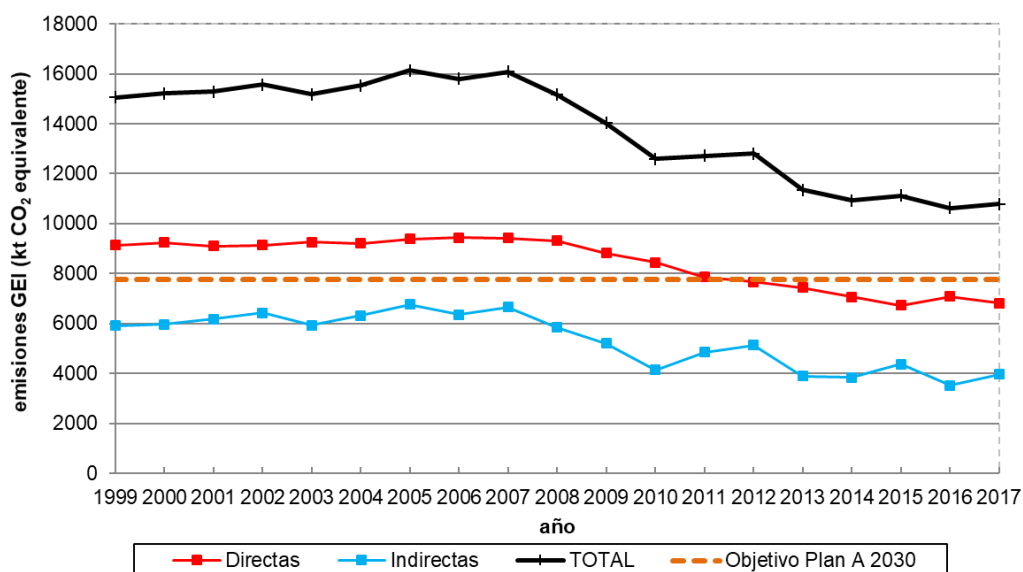


Figura 6. Evolución de las emisiones directas e indirectas de GEI en el municipio de Madrid

En la Tabla 10 se muestra la distribución sectorial de las emisiones en el año 2017.

Se puede observar que el sector con mayor emisión total en el municipio de Madrid es el “RCI” (51%) seguido del sector “Transporte por carretera” (23%). Desde el punto de vista de las emisiones directas, el sector “Transporte por carretera” contribuye un 36%, y el sector “RCI” con un 30%. La gran relevancia del sector “RCI” en relación a las emisiones totales se explica porque dicho sector lleva asociadas el

86% emisiones indirectas del municipio, mientras que las emisiones indirectas del sector “Transporte por carretera” son residuales debido a la todavía escasa relevancia de su consumo eléctrico.

Tabla 10. Distribución por sectores de las emisiones directas e indirectas de GEI en Madrid (año 2017)

Emisiones	RCI	Industria*	Transporte por carretera	Otros modos de transporte	Tratamiento y eliminación de residuos**	Otros***	TOTAL
kt CO ₂ eq							
Directas	2.072	405	2.441	763	605	536	6.823
Indirectas	3.393	211	0,7	349	13	0	3.967
TOTALES	5.465	617	2.442	1.112	618	536	10.789
Contribución por sectores (%)							
Directas	30,4	5,9	35,8	11,2	8,9	7,9	100
Indirectas	85,5	5,3	0,02	8,8	0,3	0,3	100
TOTALES	50,7	5,7	22,6	10,3	5,7	5,0	100

(*) Incluye las emisiones industriales derivadas o no de procesos de combustión (grupos SNAP 03 y 04)

(**) Incluye tratamiento de residuos y tratamiento de aguas residuales

(***) Incluye la extracción y distribución de combustibles fósiles, el uso de disolventes y otros productos, la agricultura y la naturaleza (exceptuando los sumideros)

Aunque los restantes sectores tienen una contribución menor al total de emisiones, es importante resaltar la participación cada vez mayor del sector “Otros”, con una contribución del 5%. Este sector engloba las emisiones de “Extracción y distribución de combustibles fósiles”, “Uso de disolventes y otros productos”, “Agricultura” y “Naturaleza” (exceptuando las absorciones de dióxido de carbono por parte de los sumideros). Sin embargo, como se ha comentado anteriormente, la mayoría de sus emisiones (un 82%) se debe a compuestos fluorados (HFC, PFC y SF₆). Estas emisiones han crecido de forma muy importante en el periodo de tiempo inventariado si bien, en los últimos años (a partir de 2015), disminuyen de forma evidente. Teniendo esto en cuenta, las emisiones de compuestos fluorados podrían requerir una atención especial desde el punto de vista de la aplicación de medidas municipales dirigidas a la prevención del cambio climático en el futuro.

3.4 Emisiones de GEI por Alcance

Como se ha comentado en el apartado 1.1. *Alcance*, las emisiones de GEI se pueden agrupar en 3 alcances distintos. En la Tabla 11 se muestran las emisiones por sector de actividad distinguiendo entre “Alcance 1” (emisiones directas), “Alcance 2” (emisiones indirectas asociadas a la producción de energía eléctrica consumida en la ciudad), y “Alcance 3” (emisiones indirectas relativas a las pérdidas de energía durante el transporte de la electricidad desde el punto de generación al de consumo).

En la Figura 7 se muestra de forma gráfica la evolución para cada uno de los sectores de actividad de las emisiones de GEI por “Alcance”, así como las emisiones totales.

Se puede apreciar que para los sectores “Transporte por carretera”, “Tratamiento y eliminación de residuos” y “Otros”, las emisiones totales de GEI son prácticamente en su totalidad emisiones directas (Alcance 1). En el caso del sector “Industria”, aunque con pequeñas variaciones a lo largo del periodo 2006-2017, las emisiones del “Alcance 1” y “Alcance 2” son similares. Las emisiones del “Alcance 1” del sector “Otros modos de transporte” suponen entre 2 y 3 veces las emisiones indirectas (Alcance 2 + Alcance 3). Finalmente, el sector “RCI” es el único en el que las emisiones del “Alcance 2” son claramente superiores a las del “Alcance 1”.

Tabla 11. Emisiones de GEI por “Alcance” y por sector de actividad (kt CO₂)

Año	RCI	Industria*	Transporte por carretera	Otros modos de transporte	Tratamiento y eliminación de residuos**	Otros***	TOTAL
Emisiones Alcance 1 (directas)							
2006	2.557	491	3.467	899	971	1.056	9.441
2007	2.614	514	3.233	928	927	1.201	9.418
2008	2.611	506	3.110	865	956	1.270	9.318
2009	2.508	393	2.948	793	999	1.180	8.821
2010	2.372	384	2.796	734	989	1.173	8.448
2011	2.235	366	2.461	732	921	1.156	7.870
2012	2.326	324	2.327	681	875	1.140	7.674
2013	2.341	367	2.236	603	768	1.131	7.445
2014	2.106	363	2.240	609	635	1.118	7.071
2015	2.045	375	2.372	666	613	668	6.739
2016	2.202	411	2.450	735	633	662	7.093
2017	2.072	405	2.441	763	605	536	6.823
Emisiones Alcance 2 (indirectas, generación eléctrica)							
2006	4.520	639	0,00	354	28	0	5.542
2007	4.686	627	0,00	414	32	0	5.759
2008	4.203	501	0,05	387	25	0	5.116
2009	3.943	363	0,08	235	23	0	4.564
2010	3.014	305	0,06	301	16	0	3.636
2011	3.570	337	0,07	382	18	0	4.307
2012	3.886	267	0,09	388	18	0	4.559
2013	2.971	193	0,10	283	12	0	3.459
2014	2.892	188	0,10	273	10	0	3.364
2015	3.291	213	0,10	314	11	0	3.829
2016	2.653	170	0,08	260	9	0	3.092
2017	3.052	190	0,67	314	12	0	3.569
Emisiones Alcance 3 (indirectas, pérdidas transporte de electricidad)							
2006	666	94	0,00	52	4	0	817
2007	735	98	0,00	65	5	0	903
2008	599	71	0,01	55	4	0	728
2009	559	51	0,01	33	3	0	647
2010	425	43	0,01	42	2	0	512
2011	446	42	0,01	48	2	0	539
2012	487	33	0,01	49	2	0	571
2013	381	25	0,01	36	2	0	443
2014	419	27	0,01	40	1	0	487
2015	469	30	0,01	45	2	0	546
2016	377	24	0,01	37	1	0	440
2017	341	21	0,08	35	1	0	398
Emisiones TOTALES							
2006	7.744	1.225	3.467	1.306	1.004	1.056	15.800
2007	8.034	1.240	3.233	1.408	963	1.201	16.079
2008	7.413	1.078	3.110	1.307	984	1.270	15.163
2009	7.009	807	2.948	1.061	1.026	1.180	14.032
2010	5.810	732	2.796	1.077	1.007	1.173	12.596
2011	6.252	746	2.461	1.162	941	1.156	12.716
2012	6.699	625	2.327	1.118	895	1.140	12.805
2013	5.692	585	2.236	922	782	1.131	11.347
2014	5.418	578	2.240	923	647	1.118	10.922
2015	5.804	619	2.372	1.024	625	668	11.113
2016	5.232	605	2.450	1.032	643	662	10.624
2017	5.465	617	2.442	1.112	618	536	10.789

(*) Incluye las emisiones industriales derivadas o no de procesos de combustión (grupos SNAP 03 y 04)

(**) Incluye tratamiento de residuos y tratamiento de aguas residuales

(***) Incluye la extracción y distribución de combustibles fósiles, el uso de disolventes y otros productos, la agricultura y la naturaleza (exceptuando los sumideros)

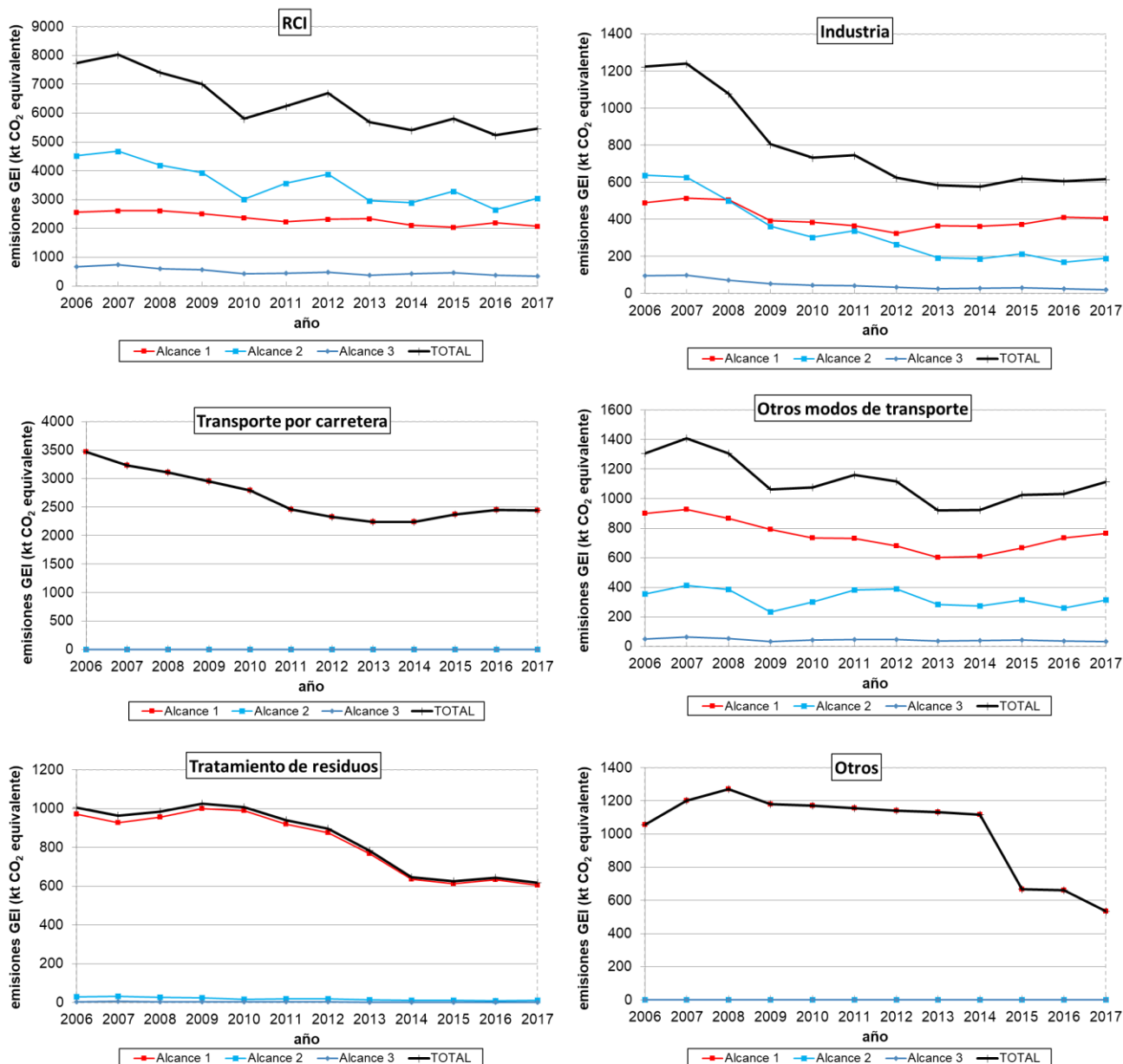


Figura 7. Emisiones por “Alcance” de los principales sectores de actividad

4 INDICADORES DE EMISIÓN

En la Tabla 12 y Figura 8 se muestra la evolución en el periodo 2000-2017 de la población, el Producto Interior Bruto (PIB) y las emisiones de GEI en el municipio de Madrid. También, se muestran las emisiones *per cápita* (toneladas de CO₂ equivalente por habitante y año) y las emisiones por unidad de PIB (toneladas de CO₂ equivalente por millón de euros de PIB). El análisis se realiza para el periodo 2000-2017 dado que son los años para los que se dispone de una serie temporal de PIB municipal, completa y consistente.

Tabla 12. Principales indicadores municipales de emisión (periodo 2000-2017)

Año	Población	PIB, millones de € ₂₀₀₀	Emisiones directas (kt CO ₂ eq)	Emisiones indirectas (kt CO ₂ eq)	Emisiones totales (kt CO ₂ eq)	Emisión <i>per cápita</i> (t CO ₂ eq/hab)	Emisión por unidad de PIB (t CO ₂ eq / mill € ₂₀₀₀)
2000	2.882.860	71.254	9.251	5.968	15.219	5,3	214
2001	2.957.058	75.644	9.110	6.173	15.283	5,2	202
2002	3.016.788	78.126	9.139	6.426	15.565	5,2	199
2003	3.092.759	80.741	9.260	5.925	15.184	4,9	188
2004	3.099.834	83.597	9.211	6.320	15.532	5,0	186
2005	3.155.359	88.219	9.381	6.760	16.141	5,1	183
2006	3.128.600	92.254	9.441	6.359	15.800	5,1	171
2007	3.132.463	95.975	9.418	6.661	16.079	5,1	168
2008	3.213.271	98.076	9.318	5.844	15.163	4,7	155
2009	3.255.944	95.265	8.821	5.211	14.032	4,3	147
2010	3.273.049	94.765	8.448	4.148	12.596	3,8	133
2011	3.265.038	95.459	7.870	4.846	12.716	3,9	133
2012	3.233.527	93.554	7.674	5.131	12.805	4,0	137
2013	3.207.247	90.995	7.445	3.902	11.347	3,5	125
2014	3.165.235	92.228	7.071	3.851	10.922	3,5	118
2015	3.141.991	95.424	6.739	4.374	11.113	3,5	116
2016	3.165.541	98.425	7.093	3.531	10.624	3,4	108
2017	3.182.981	101.684	6.823	3.967	10.789	3,4	106

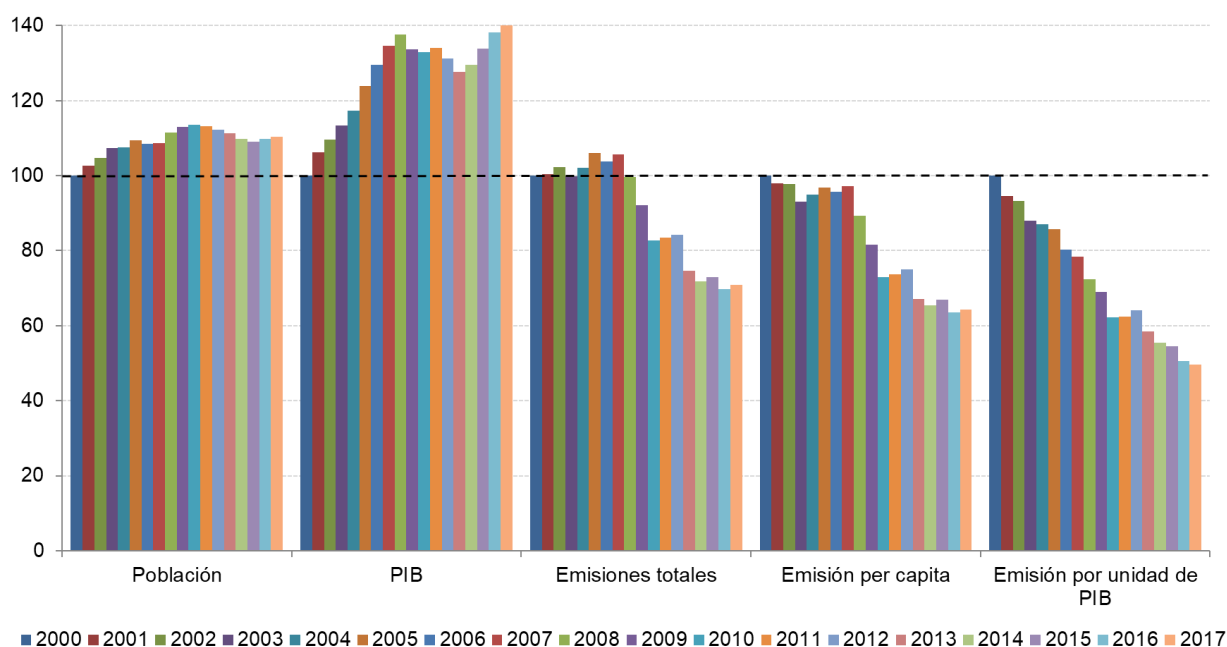


Figura 8. Evolución de las emisiones municipales de GEI y de los principales indicadores de emisión (Año 2000=100)

La emisión *per cápita* municipal se ha reducido un 36% en el periodo 2000-2017, como consecuencia del crecimiento de la población (un 10%) y del descenso de las emisiones totales de GEI (un 29%). Así mismo, la “*intensidad de emisión por unidad de PIB*” se ha reducido un 50%, dado que al descenso de las emisiones de GEI ya comentado, se ha de sumar el crecimiento del PIB (un 43%).

5 COMPARACIÓN CON LA SITUACIÓN NACIONAL

En la Tabla 13 y Figura 9 se muestran los valores de población, PIB y emisiones totales de GEI así como los indicadores de emisión *per cápita* y por unidad de PIB del municipio de Madrid y de España, en el periodo 2000-2017.

Tabla 13. Comparación de los principales indicadores de emisión a nivel municipal y nacional (periodo 2000-2017)

Año	MADRID					ESPAÑA				
	Población	PIB, mill. € ₂₀₀₀	Emisiones totales de GEI (kt CO ₂ eq)	Emisión <i>per cápita</i> (t CO ₂ eq/hab)	Emisión por unidad de PIB (t CO ₂ eq / mill € ₂₀₀₀)	Población	PIB, mill. € ₂₀₀₀	Emisiones totales de GEI (kt CO ₂ eq)	Emisión <i>per cápita</i> (t CO ₂ eq/hab)	Emisión por unidad de PIB (t CO ₂ eq / mill € ₂₀₀₀)
2000	2.882.860	71.254	15.219	5,3	214	40.499.791	629.943	387.528	9,6	615
2001	2.957.058	75.644	15.283	5,2	202	41.116.842	652.607	385.241	9,4	590
2002	3.016.788	78.126	15.565	5,2	199	41.837.894	670.256	403.569	9,6	602
2003	3.092.759	80.741	15.184	4,9	188	42.717.064	690.764	410.975	9,6	595
2004	3.099.834	83.597	15.532	5,0	186	43.197.684	713.354	426.793	9,9	598
2005	3.155.359	88.219	16.141	5,1	183	44.108.530	738.653	441.038	10,0	597
2006	3.128.600	92.254	15.800	5,1	171	44.708.964	767.826	434.006	9,7	565
2007	3.132.463	95.975	16.079	5,1	168	45.200.737	794.418	445.158	9,8	560
2008	3.213.271	98.076	15.163	4,7	155	46.157.822	801.682	411.404	8,9	513
2009	3.255.944	95.265	14.032	4,3	147	46.745.807	772.106	372.107	8,0	482
2010	3.273.049	94.765	12.596	3,8	133	47.021.031	769.711	357.677	7,6	465
2011	3.265.038	95.459	12.716	3,9	133	47.190.493	774.174	357.344	7,6	462
2012	3.233.527	93.554	12.805	4,0	137	47.265.321	760.793	350.672	7,4	461
2013	3.207.247	90.995	11.347	3,5	125	47.129.783	752.294	323.441	6,9	430
2014	3.165.235	92.228	10.922	3,5	118	46.771.341	795.127	326.121	7,0	410
2015	3.141.991	95.424	11.113	3,5	116	46.624.382	779.040	337.599	7,2	433
2016	3.165.541	98.425	10.624	3,4	108	46.557.008	803.720	326.383	7,0	406
2017	3.182.981	101.684	10.789	3,4	106	46.572.132	830.221	340.231	7,3	410

En 2017, el municipio de Madrid acogió el 7% de la población nacional y generó el 3% de las emisiones totales de GEI. Así, la emisión *per cápita* municipal fue un 54% inferior a la media nacional (3,4 frente a 7,3 t/habitante). Del mismo modo, Madrid generó el 12% del PIB nacional, por lo que su “*intensidad de emisión por unidad de PIB*” fue un 74% inferior al valor nacional (106 frente a 410 t/M€₂₀₀₀). Estas importantes diferencias se deben, en gran medida, a la estructura productiva del municipio, cuya actividad económica se basa en el sector terciario (servicios) y no en la industria que, al consumir más energía, genera más emisiones.

En el periodo evaluado (2000-2017), la emisión *per cápita* municipal ha tenido un mayor descenso que en el conjunto nacional (un 36% frente al 24% nacional) pese a que la población tuvo un mayor crecimiento en el conjunto del país (un 15% frente a un 10% en el municipio de Madrid). Por tanto, este mayor descenso se debe a una mayor reducción de las emisiones municipales (un 29% frente al 12% nacional).

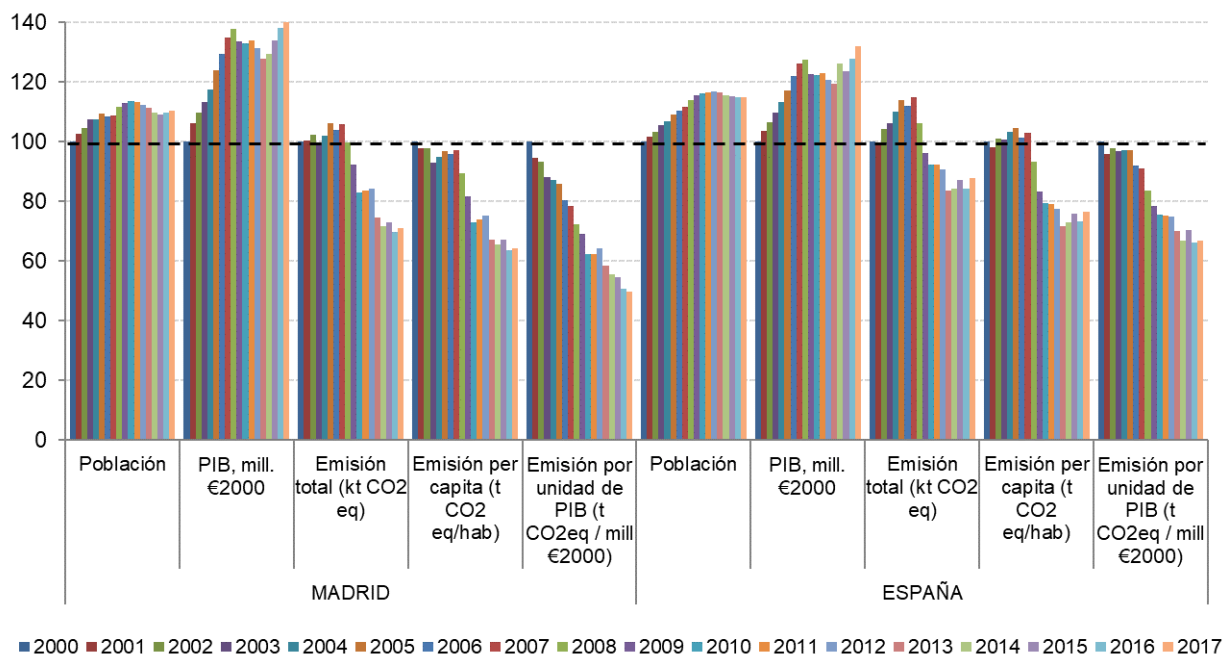


Figura 9. Comparación de la evolución de los principales indicadores de emisión a nivel municipal y nacional (Año 2000=100)

Desde el punto de vista de las emisiones por unidad de PIB, este indicador muestra en Madrid una reducción del 50% en el periodo 2000-2017, mientras que en España la disminución es del 33%. Esta diferente evolución es reflejo de un mayor descenso de las emisiones totales de GEI a nivel municipal y de un mayor incremento del PIB.

6. CONCLUSIONES

Conclusiones generales

Las emisiones totales de GEI en el municipio de Madrid han disminuido un 29%, en el periodo 1999-2017. Las emisiones directas, así como las emisiones indirectas, derivadas del consumo de energía eléctrica (únicas indirectas evaluadas en la presente edición del inventario municipal de GEI), se han reducido un 25% y un 33%, respectivamente. Además, las emisiones directas de GEI son mayores que las indirectas, suponiendo entre el 58% y el 67% de las emisiones totales en el periodo inventariado.

La disminución de las emisiones directas (“Alcance 1”) de GEI se debe, fundamentalmente, a la evolución de los principales sectores emisores: “RCI”, “Industria” y “Transporte por carretera”. La disminución de las emisiones indirectas (“Alcances 2 y 3”) en el periodo 1999-2017 se debe a la reducción del factor de emisión eléctrico nacional en un 41% (como consecuencia del *mix* tecnológico de generación eléctrica), ya que el consumo de electricidad del municipio se ha incrementado un 13% para ese mismo periodo.

El sector “RCI” presenta la mayor contribución a las emisiones totales de GEI en el municipio de Madrid (un 51% en 2017) seguido del sector “Transporte por carretera” (un 23% en 2017). Sin embargo, desde el punto de vista de las emisiones directas, el sector “Transporte por carretera” contribuye con un 36%, mientras que el sector “RCI”, lo hace con un 30%. La gran relevancia del sector “RCI” en relación a las emisiones totales se explica porque dicho sector lleva asociadas el 86% emisiones indirectas del municipio. El resto de sectores tiene una contribución menor al total de emisiones. Sin embargo, es importante resaltar la participación del sector “Otros” (un 5% de las emisiones totales en 2017), en el que la mayoría de emisiones (un 82%) se debe a compuestos fluorados (HFC, PFC y SF₆).

En cuanto a los principales indicadores de emisión cabe destacar:

- la *emisión per cápita* municipal, en 2017, fue un 54% inferior a la media española, emitiéndose 3,4 t/habitante frente a las 7,3 t/habitante para el total nacional. En el periodo 2000-2017, la *emisión per cápita* en el municipio ha descendido un 36%, frente al 24% del indicador nacional
- la *intensidad de emisión por unidad de PIB*, en 2017, fue un 74% inferior en Madrid que en España. Concretamente, en Madrid dicho indicador ascendió a 106 t/M€₂₀₀₀ frente a 410 t/M€₂₀₀₀ en España. La tasa de emisión por unidad de PIB en Madrid ha experimentado un mayor descenso en el periodo 2000-2017 que en España (un 50% frente a un 33%, respectivamente)
- el municipio de Madrid acogía, en 2017 el 7% de la población nacional y generaba el 12% del PIB nacional, emitiendo el 3% de las emisiones totales de GEI.

Conclusiones a nivel sectorial

El sector “RCI” generó, en 2017, el 30% de las emisiones directas y el 86% de las indirectas del municipio, alcanzando el 51% de las emisiones totales. Aunque la evolución no sigue una tendencia lineal, las emisiones directas de este sector en el periodo 1999-2017 disminuyeron un 20% como resultado de la mejora tecnológica de los equipos de combustión y el progresivo abandono de

combustibles con mayores tasas específicas de emisión (sustitución del carbón por otros combustibles tipo gas natural).

El sector “Industria” fue responsable, en 2017, del 6% de las emisiones directas y del 5% de las indirectas, lo que supone el 6% de las emisiones totales. Desde 1999 a 2017, las emisiones directas del sector disminuyeron un 35%. Esta tendencia se debe a la reubicación en otros municipios de ciertas instalaciones industriales. También han influido los cambios en el tipo de combustible empleado (sustitución de carbón y fuelóleo por gas natural), el descenso del nivel de actividad de algunas de las instalaciones que aún permanecen en el municipio (de forma general, también provoca el descenso de las emisiones indirectas) y las medidas de ahorro y eficiencia energética promovidas por las distintas administraciones, que consiguen reducir el consumo energético y consecuentemente, las emisiones de GEI.

Las emisiones del sector “Transporte por carretera” supusieron el 36% de las emisiones directas de GEI en 2017, traducándose en una contribución del 23% sobre las emisiones totales. Las emisiones indirectas de este sector son muy poco relevantes debido a los todavía bajos consumos de electricidad en el mismo. En el periodo 1999-2017 sus emisiones directas disminuyeron un 29%, siendo esta reducción más evidente a partir del año 2007. Esta tendencia se debe, entre otros, a los siguientes factores: evolución de los recorridos y velocidades medias, efecto de las medidas municipales de promoción de ciclomotores y motocicletas, mejora tecnológica del parque de vehículos, promoción de combustibles alternativos y mejora del transporte público municipal.

El sector “Otros modos de transporte” supuso el 11% de las emisiones directas de Madrid y el 9% de las indirectas, lo que se traduce en el 10% de las emisiones totales, en 2017. Las emisiones directas del sector son un 13% mayores que las de 1999. Esto se debe al aumento del tráfico aéreo en el municipio en los últimos dos años inventariados.

El sector “Tratamiento y eliminación de residuos” generó, en 2017, el 9% de las emisiones directas y el 0,3% de las indirectas, lo que supuso el 6% de las emisiones totales. Las emisiones directas de este sector disminuyeron un 57% en el periodo inventariado debido, en gran medida, a la reducción de emisiones de CH₄ derivada de la captación de biogás de vertedero en el Parque Tecnológico de Valdemingómez, a partir de 2003. Desde 2013 se observa descenso en las emisiones producido por el cese de actividad de los procesos de secado térmico de lodos (y por lo tanto del consumo de gas natural) y por la disminución de la cantidad de residuos incinerados.

El sector “Otros” fue responsable, en 2017, del 8% de las emisiones directas, no presentando emisiones indirectas. Esto supuso el 5% de las emisiones totales. Este sector es el que presenta mayor crecimiento de emisiones directas de GEI entre 1999 y 2017 (un 35%), resultado del importante aumento de las emisiones de compuestos fluorados, especialmente HFC (un 95% en ese periodo).

7. FUENTES DE INFORMACIÓN

- AM, 2014. Estudio del Parque Circulante de la Ciudad de Madrid 2013. Ayuntamiento de Madrid, 2014. Disponible en:
<http://www.madrid.es/portales/munimadrid/es/Inicio/Ayuntamiento/Medio-Ambiente/Estudio-del-Parque-Circulante-de-Madrid?vgnextfmt=default&vgnextoid=3aa0697881dd6410VgnVCM1000000b205a0aRCRD&vgnnextchannel=4b3a171c30036010VgnVCM100000dc0ca8c0RCRD>
- AM, 2019a. Inventario de emisiones de contaminantes a la atmósfera en el municipio de Madrid 2017. Ayuntamiento de Madrid, 2019.
- AM, 2019b. Balance Energético del municipio de Madrid, año 2017. Ayuntamiento de Madrid, 2019.
- AM, 2019c. Áreas de información estadística del Ayuntamiento de Madrid. Banco de datos.
<http://www-2.munimadrid.es/CSE6/jsps/menuBancoDatos.jsp>
- AM, 2018. Estudio del Parque Circulante de la Ciudad de Madrid 2017. Ayuntamiento de Madrid, 2018. Disponible en:
<http://www.madrid.es/UnidadesDescentralizadas/Sostenibilidad/EspelInf/Energia/CC/03Energia/3bMovilidad/ParqueCirculante/Ficheros/EstudioPCMad2017.PDF>
- CM, 2019. Anuario Estadístico de la Comunidad de Madrid 1985-2016 -Banco de datos-. Comunidad de Madrid, 2019. Disponible en:
<http://www.madrid.org/iestadis/fijas/efemerides/anu8516nt.htm>
- EEA, 2013. Libro Guía EMEP/EEA para la elaboración de inventarios de emisión de contaminantes a la atmósfera, 2013. Disponible en:
<http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2013>
- EEA, 2016. Libro Guía EMEP/EEA para la elaboración de inventarios de emisión de contaminantes a la atmósfera, 2016. Disponible en:
<https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2016>
- INE, 2018. Cifras oficiales de población resultantes de la revisión del Padrón municipal a 1 de enero de 2017. Instituto Nacional de Estadística, 2018. Disponible en:
<http://www.ine.es/dynt3/inebase/es/index.html?padre=517&dh=1>
- IPCC, 2006. Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, 2006. Disponible en:
<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/>
- IPCC, 2007. IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007, Working Group I: The Physical Science Basis. Disponible en:
http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_and_data_reports.shtml#.UVq7jDdOnZc
- IPCC, 1995. IPCC Second Assessment Report: Climate Change 1995, Working Group I: The Science of Climate Change. Disponible en:
http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_and_data_reports.shtml#.UVq7jDdOnZc
- MAPAMA, 2014. Inventario de gases de efecto invernadero en el marco de la Decisión 280/2004/EC, Edición 2014. Comunicación de España a la Comisión Europea en el marco de la Decisión 280/2004/CE. Ministerio de Agricultura, Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, Mayo 2014. Disponible en <http://cdr.eionet.europa.eu/es/eu/colqfqaq/envu0z10a/>

- MITECO, 2019a. Inventario Nacional de Emisiones de Contaminantes a la Atmósfera 1990-2017, Edición 2019. Ministerio para la Transición Ecológica, 2019. Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei/>
- MITECO, 2019b. La Energía en España 2017. Ministerio para la Transición Ecológica, 2019. Disponible en: <https://energia.gob.es/balances/Balances/Paginas/Balances.aspx>
- OACI, 2016. Banco de datos de la Organización de Aviación Civil Internacional, Febrero 2016. Disponible en: <https://www.easa.europa.eu/document-library/icao-aircraft-engine-emissions-databank>
- Pérez, J., Lázaro, S., Lumbreras, J., Rodríguez, M.E., 2019. A methodology for the development of urban energy balances: Ten years of application to the city of Madrid. Cities, 91, 126-136. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2018.11.012>
- REE, 2018a. El sistema Eléctrico Español 2017. Red Eléctrica de España, 2018. Disponible en: <https://www.ree.es/es/datos/publicaciones/informe-anual-sistema/informe-del-sistema-electrico-espanol-2017>
- REE, 2018b. Series estadísticas del sistema eléctrico español, junio 2018. Disponible en: <http://www.ree.es/es/estadisticas-del-sistema-electrico-espanol/series-estadisticas/series-estadisticas-nacionales>