

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

Año 2018

**Dirección General de Sostenibilidad y Control
Ambiental**



medio ambiente y
movilidad

MADRID

**INVENTARIO DE EMISIONES
DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DEL
MUNICIPIO DE MADRID
Año 2018**

Dirección General de Sostenibilidad y Control Ambiental

Diciembre 2020

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 2018)

	Emisiones	Contribución
	kt CO ₂ eq	(%)
Directas	7.416,4	66,7
Indirectas	3.708,2	33,3
TOTAL	11.124,6	100

Desagregación sectorial del total de emisiones de GEI (año 2018)

Sector	Emisiones	Contribución
	kt CO ₂ eq	(%)
Residencial, Comercial e Institucional	5.576,2	50,1
Industria*	653,4	5,9
Transporte por carretera	2.653,4	23,9
Otros modos de transporte	1.063,6	9,6
Tratamiento y eliminación de residuos**	772,5	6,9
Otros***	405,5	3,6
TOTAL	11.124,6	100

Indicadores de emisión a nivel municipal y nacional (año 2018)

	Emisión per cápita	Emisión por unidad de PIB
	(t CO ₂ eq/hab)	(t CO ₂ eq / mill € ₂₀₁₀)
Madrid	3,5	79
España	7,2	298
Ratio Madrid/España	0,48	0,27

(*) 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 2018 las emisiones directas de GEI del municipio han disminuido un 10,5%, las emisiones indirectas un 20,6%, lo que implica una reducción del total de emisiones del 14,1%. En este periodo, los sectores “Residencial, Comercial e Institucional, RCI” y “Transporte por carretera” son los más emisores. En 2018 contribuyeron con un 50,1% y 23,9% al total de emisiones de GEI, respectivamente, si bien presentan una evolución descendente en sus emisiones totales. En el periodo 2000-2018, las emisiones directas del sector “RCI” han disminuido un 9% (pese al crecimiento experimentado en el último año) y las del “Transporte por carretera” un 32,4%.

	1990	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Emisiones (kt CO₂ eq)											
Directas	8.283	9.699	9.813	9.658	9.692	9.780	9.699	9.865	9.897	9.831	9.710
Indirectas	4.671	5.918	5.969	6.174	6.427	5.926	6.321	6.761	6.360	6.663	5.846
TOTAL	12.954	15.618	15.782	15.832	16.120	15.705	16.021	16.626	16.257	16.494	15.556
Evolución de las emisiones de GEI respecto a 1990 (Año 1990 = 100)											
Directas	100,0	117,1	118,5	116,6	117,0	118,1	117,1	119,1	119,5	118,7	117,2
Indirectas	100,0	126,7	127,8	132,2	137,6	126,9	135,3	144,7	136,2	142,6	125,1
TOTAL	100,0	120,6	121,8	122,2	124,4	121,2	123,7	128,3	125,5	127,3	120,1
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	
Emisiones (kt CO₂ eq)											
Directas	9.195	8.810	8.187	7.973	7.730	7.357	7.093	7.341	7.119	7.416	
Indirectas	5.212	4.149	4.847	5.132	3.917	3.832	4.391	3.571	4.027	3.708	
TOTAL	14.407	12.959	13.033	13.105	11.647	11.189	11.484	10.912	11.146	11.125	
Evolución de las emisiones de GEI respecto a 1990 (Año 1990 = 100)											
Directas	111,0	106,4	98,8	96,3	93,3	88,8	85,6	88,6	85,9	89,5	
Indirectas	111,6	88,8	103,8	109,9	83,9	82,0	94,0	76,4	86,2	79,4	
TOTAL	111,2	100,0	100,6	101,2	89,9	86,4	88,7	84,2	86,0	85,9	

INVENTARIO DE EMISIONES DE GEI DEL MUNICIPIO DE MADRID – AÑO 2018

En el periodo 2000-2018, la emisión *per cápita* de GEI en el municipio de Madrid ha disminuido un 37% y la emisión por unidad de PIB un 52,2%.

Indicador	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Emisión per cápita (t CO₂ eq/hab)	5,5	5,4	5,3	5,1	5,2	5,3	5,2	5,3	4,8	4,4	4,0	4,0	4,1	3,6	3,5	3,7	3,4	3,5	3,5
Emisión por unidad de PIB (t CO₂eq / mill €₂₀₁₀)	166	157	155	146	144	142	133	130	120	114	103	103	106	96	91	90	83	81	79
Evolución de los indicadores de emisión respecto a 2000 (Año 2000 = 100)																			
Emisión per cápita	100,0	97,8	97,6	92,8	94,4	96,2	94,9	96,2	88,4	80,8	72,3	72,9	74,0	66,3	64,6	66,8	63,0	64,0	63,0
Emisión por unidad de PIB	100,0	94,6	93,4	88,2	87,1	85,8	80,4	78,6	72,6	69,0	62,4	62,3	64,1	58,0	54,9	54,5	49,9	49,1	47,8

NOTAS RESPECTO A VERSIONES ANTERIORES DEL PRESENTE DOCUMENTO:

- En la presente edición del inventario de emisiones de gases de efecto invernadero se han empleado los potenciales de calentamiento global de acuerdo al Quinto Informe de Evaluación sobre el Cambio Climático del Panel Intergubernamental de expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, 2013), en lugar de los relativos al Cuarto Informe, empleados en ediciones anteriores.
- En la presente edición del inventario de emisiones de gases de efecto invernadero se ha modificado la serie del Producto Interior Bruto, pasando a emplearse la serie a precios constantes de 2010, en vez de a precios constantes de 2000 como se empleaba en versiones anteriores.

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.....	13
3.3	Emisiones totales	15
3.4	Emisiones de GEI por Alcance	17
4	INDICADORES DE EMISIÓN.....	20
5	COMPARACIÓN CON LA SITUACIÓN NACIONAL.....	21
6	CONCLUSIONES	23
7	FUENTES DE INFORMACIÓN.....	25

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* y el *Balance energético del municipio de Madrid*. 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 y el Reto Demográfico, 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 2020 de los citados documentos, que cubren el periodo 1990-2018, en el caso del Inventario de emisiones, y 2006-2018, en el del Balance energético.

1.1 Alcance

El *Inventario de emisiones de GEI del municipio de Madrid* para 2018 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 Quinto Informe de Evaluación sobre Cambio Climático del IPCC (IPCC, 2013)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, 2013
Dióxido de carbono	CO ₂	1
Metano	CH ₄	28
Óxido nitroso	N ₂ O	265
HIDROFLUOROCARBURROS		
HFC-23	CHF ₃	12.400
HFC-32	CH ₂ F ₂	677
HFC-125	C ₂ H ₂ F ₅	3.170
HFC-134a	C ₂ H ₂ F ₄ (CH ₂ FCF ₃)	1.300
HFC-152a	C ₂ H ₄ F ₂ (CH ₃ CHF ₂)	138
HFC-143a	C ₂ H ₃ F ₃ (CF ₃ CH ₃)	4.800
HFC-227ea	C ₃ HF ₇	3.350
HFC-236fa	C ₃ H ₂ F ₆	8.060
PERFLUOROCARBURROS		
Perfluorometano (PFC-14)	CF ₄	6.630
Perfluoroetano (PFC-116)	C ₂ F ₆	11.100
Perfluoropropano (PFC-218)	C ₃ F ₈	8.900
Perfluorobutano (PFC-410)	C ₄ F ₁₀	9.200
SF₆		
Hexafluoruro de azufre	SF ₆	23.500

Fuente: IPCC, 2013. Disponible en: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5_Chapter08_FINAL.pdf

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

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. Hasta el Inventario 2017 (versión del año 2019), los GWP utilizados fueron los del Cuarto Informe de Evaluación sobre Cambio Climático de IPCC (IPCC, 2007). En la presente versión, se han empleado los GWP del Quinto Informe de Evaluación sobre Cambio Climático de IPCC (IPCC, 2013).

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 2018 - 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, 2020a 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. - CLH ⁶ - Comunidad de Madrid (CM)	- MITECO, 2020a 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 ⁷	- Cuestionarios remitidos a las instalaciones industriales - MITECO, 2020a ⁴ - Instituto Nacional de Estadística (INE) - Comunidad de Madrid (CM) - RIECOV ⁸	- Libro Guía EMEP/EEA ¹ - MITECO, 2020a 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 ⁹	- Libro Guía EMEP/EEA ¹ - COPERT 4.11.3
08. Otros modos de transporte	Consumo de combustible en: - ferrocarril - aviones - maquinaria agrícola	- MITECO, 2020a ⁴ - RENFE ¹⁰ - AENA ¹¹	- 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
		- Organización de Aviación Civil Internacional (OACI, 2016)	
08. Otros modos de transporte	- maquinaria de construcción y obras públicas, y plantas de compostaje - maquinaria de jardinería - otros	- Cuestionarios enviados a las plantas compostaje - Ayuntamiento de Madrid - CLH ⁶	- Libro Guía EMEP/EEA ¹ - Balance de masa - MITECO, 2020a ⁴
09. Tratamiento de residuos	- 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	- PTV ¹² - Cuestionarios enviados a E.M.S.F ¹³ - Ayuntamiento de Madrid - INE	- Cuestionarios PTV ¹² - Libro Guía EMEP/EEA ¹ - Guías IPCC ¹⁴ - MITECO, 2020a ⁴
10. Agricultura	- Superficie cultivada - Superficie de cultivos fertilizada - Número de cabezas por tipo de ganado	- CM, 2020 ¹⁵ - MITECO, 2020a ⁴	- Libro Guía EMEP/EEA ¹ - Guías IPCC ¹⁴ - MITECO, 2020a ⁴
11. Naturaleza	- Superficie forestal - Temperatura ambiente - Superficie quemada - Superficie espacios acuáticos - Población	- I.F.N. (III) ¹⁶ - MITECO, 2020a ⁴ - Comunidad de Madrid - Ayuntamiento de Madrid - AEMET ⁸ - INE - AM, 2020 ¹⁷	- Libro Guía EMEP/EEA ¹ - Guías IPCC ¹⁴ - MITECO, 2020a ⁴

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, 2016 y 2019

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, 2020a: Inventario Nacional de Emisiones de Contaminantes a la Atmósfera 1990-2018

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

6) CLH: Compañía Logística de Hidrocarburos

7) CNAE: Clasificación Nacional de Actividades Económicas

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

9) AEMET: Agencia Estatal de Meteorología

10) RENFE: Red Nacional de Ferrocarriles Españoles

11) AENA: Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea

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 and IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Ediciones 1996, 2006 y 2019

15) CM, 2020: Anuario Estadístico de la Comunidad de Madrid 1985-2018

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

17) AM, 2020: 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* (AM, 2020a) 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 2006-2018, 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, 2020) y el *Anuario Estadístico del Ayuntamiento de Madrid* (AM, 2020b).

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 y el Reto Demográfico (MITECO, 2020b; REE, 2019a) 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 2013-2018, los valores se obtienen a partir de la información procedente de las series estadísticas nacionales de Red Eléctrica de España (REE, 2019b). 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 (tCO₂/MWh)
1990	0,536
1991	0,532
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	0,524
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	0,301
2014	0,305
2015	0,348
2016	0,284
2017	0,326
2018	0,283

2.3 Principales modificaciones introducidas en la presente edición del inventario

En la edición del Inventario de emisiones de GEI 1999-2018 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 06.05.02. Equipos de refrigeración y aire acondicionado que utilizan hidrocarburos halogenados. Se ha actualizado la serie histórica de las emisiones de HFC-134a, de acuerdo con la edición del Inventario Nacional de Emisiones 1990-2018
- Grupo SNAP 07: la serie histórica de emisiones se ha actualizado de acuerdo a las últimas actualizaciones del modelo de tráfico del Ayuntamiento de Madrid
- Grupo SNAP 10:
 - Subgrupo SNAP 10.04: ganadería (fermentación entérica). Se ha actualizado la serie histórica de kg CH₄/cabeza y año de los distintos tipos de ganado, de acuerdo con la edición del Inventario Nacional de Emisiones 1990-2018
 - 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, cerdas reproductoras y equino, de acuerdo con la edición del Inventario Nacional de Emisiones 1990-2018
- Potenciales de calentamiento global (GWP): se han empleado los potenciales de calentamiento global de acuerdo al Quinto Informe de Evaluación sobre el Cambio Climático del Panel Intergubernamental de expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, 2013), en lugar de los relativos al Cuarto Informe, empleados en ediciones anteriores
- Serie del Producto Interior Bruto (PIB): se ha empleado la serie a precios constantes de 2010, en vez de a precios constantes de 2000 como se empleaba en ediciones anteriores.

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) *

ANO	CH ₄	CO ₂	HFC	N ₂ O	PFC	SF ₆	TOTAL
1990	944	7.2	0	134	0,0	4	8.283
1999	1.334,6	7.920,7	209,1	228,4	0,0	6,5	9.699,4
2000	1.339,3	7.948,1	284,8	234,5	0,0	6,7	9.813,5
2001	1.264,5	7.806,0	363,7	217,0	0,0	7,1	9.658,3
2002	1.186,9	7.849,0	433,8	215,2	0,0	7,5	9.692,4
2003	1.043,3	7.981,0	529,8	217,7	0,0	8,1	9.779,9
2004	558,0	8.318,3	603,8	210,3	0,0	9,1	9.699,5
2005	583,0	8.350,9	699,9	220,7	0,0	10,2	9.864,7
2006	575,9	8.229,0	841,8	239,3	0,0	11,0	9.897,1
2007	544,9	8.060,0	980,7	233,6	0,0	11,9	9.831,1
2008	544,1	7.866,4	1.054,8	232,4	0,1	12,7	9.710,4
2009	548,3	7.431,0	981,2	221,6	0,0	13,2	9.195,4
2010	556,5	7.040,5	981,3	218,0	0,0	13,9	8.810,3
2011	531,7	6.460,8	974,6	205,7	0,0	13,6	8.186,5
2012	519,7	6.290,7	970,2	178,7	0,0	13,9	7.973,1
2013	488,9	6.096,2	969,7	161,7	0,0	13,8	7.730,3
2014	460,3	5.764,4	960,5	157,8	0,1	13,8	7.356,7
2015	446,5	5.948,1	531,3	152,1	0,5	14,3	7.092,7
2016	458,1	6.189,6	522,1	156,3	0,4	14,6	7.341,1
2017	392,6	6.151,2	398,4	161,2	0,5	14,6	7.118,5
2018	433,7	6.525,6	289,2	152,3	0,5	15,1	7.416,4

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

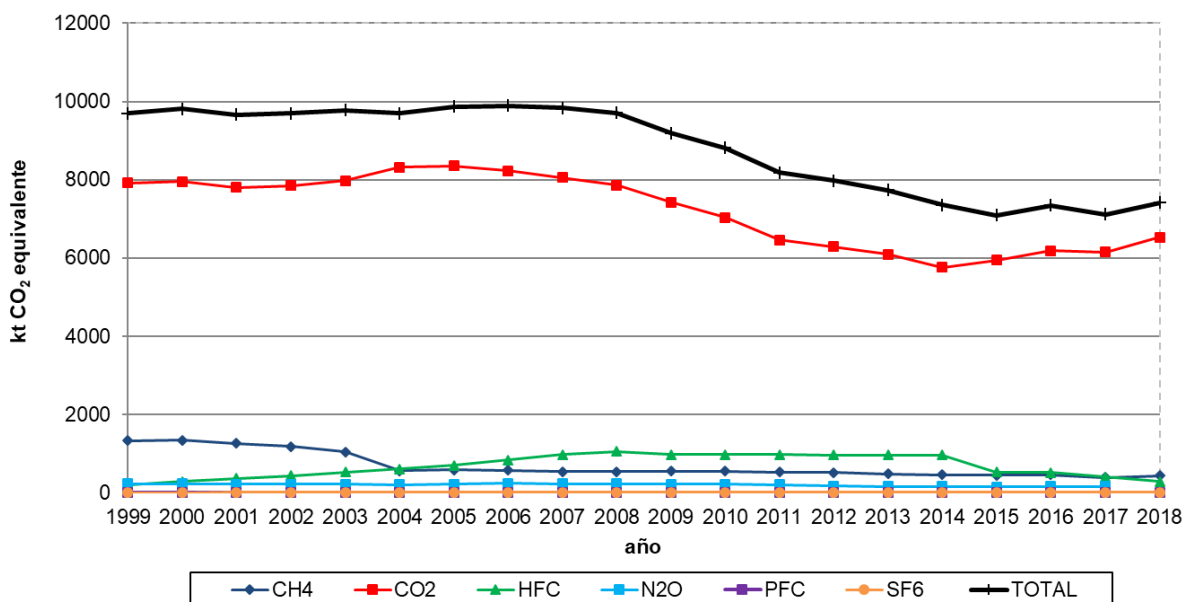


Figura 1. Evolución de las emisiones directas de GEI por tipo de gas

Se observa que las emisiones directas en 2018 son un 10% menores que las de 1990 (reducción del 24% respecto a 1999). Durante el periodo 1999-2008, dichas emisiones permanecieron prácticamente constantes, produciéndose posteriormente un importante descenso (del 27% en 2015 respecto a

2008). En 2018, se produce un incremento del 4% respecto a 2017, debido a un crecimiento de las emisiones en todos los sectores, salvo “Transporte por carretera” y “Otros”, los cuales las han reducido.

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 82% del total. Respecto al resto de GEI, se observan dos tendencias bien diferenciadas. Entre 1999 y 2018 disminuyen las emisiones de CH₄ y N₂O (un 68% y 33%, respectivamente). Sin embargo, las de compuestos fluorados aumentan de forma significativa. En el caso de las emisiones de HFC (mayoritarias dentro del conjunto de compuestos fluorados), en 2018 son un 38% 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 61% y el 70% del total de emisiones directas de GEI.

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

- “RCI”: las emisiones directas de GEI en 2018 son un 11% 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 1999-2018, el consumo de gas natural ha pasado de suponer el 50% del combustible consumido en el sector, al 80%. A su vez, la contribución del carbón ha pasado del 7% al 1% en ese mismo periodo. Respecto a 2017, las emisiones del sector se han incrementado un 12%, como consecuencia, principalmente, del incremento en el consumo de gas natural (un 17%)
- “Industria”: sus emisiones han disminuido un 27% en el periodo 1999-2018. 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 32% en el periodo 1999-2018, 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 2018, los recorridos totales se redujeron un 1,6% respecto a 2017
 - 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 2018 (tamaño de celda igual a 1x1 km).

- “Otros modos de transporte”: sus emisiones en 2018 son un 22% mayores que en 1999. Esta evolución depende, en gran medida, de las emisiones de los aeropuertos Adolfo Suárez Madrid-Barajas y Cuatro Vientos. La actividad de estos aeropuertos en 2018 ha aumentado un 23% 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 51% en el periodo 1999-2018. 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 48% de las emisiones directas del sector en 2018. El siguiente GEI en importancia de este sector es el CO₂ (40% de las emisiones directas del sector en 2018), el cual presenta un gran descenso en su emisión desde el año 2012 hasta 2016, 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 N₂O (12% de las emisiones directas del sector en 2018), se han reducido un 6% respecto a 1999. Así, la variación de las emisiones directas acontecida en los últimos años se debe, en gran medida, al cese de consumo de gas natural en el secado térmico de lodos, a la variación de la cantidad de residuos incinerados y la reducción de emisiones de CH₄ procedente de los vertederos.
- “Otros”: ha sufrido un incremento de emisiones directas de GEI entre 1999 y 2018 (6%). No obstante, entre 2017 y 2018 se ha producido una reducción del 20%. Estas variaciones están ligadas a la evolución de las emisiones de compuestos fluorados, especialmente HFC, asociadas a una mayor utilización de hidrocarburos halogenados en los equipos de refrigeración, aire acondicionado y extinción de incendios. Las emisiones de PFC y SF₆ también han aumentado de forma importante entre 1999 y 2018, pero, en este caso, su contribución conjunta sobre el total de emisiones directas de GEI del sector es mínima en comparación con los HFC.

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	2.595,5	623,0	3.885,1	675,2	1.537,4	383,2	9.699,4
2000	2.550,5	578,9	3.926,2	742,0	1.555,1	460,8	9.813,5
2001	2.479,4	515,7	3.875,3	760,8	1.489,1	538,1	9.658,3
2002	2.358,2	471,5	4.011,0	717,2	1.532,9	601,6	9.692,4
2003	2.559,0	517,1	3.897,1	668,6	1.444,7	693,4	9.779,9
2004	2.676,2	485,3	4.079,1	705,0	995,4	758,4	9.699,5
2005	2.695,3	482,1	4.066,4	728,1	1.032,1	860,7	9.864,7
2006	2.557,8	491,0	3.924,6	898,2	1.011,9	1.013,5	9.897,1
2007	2.614,5	514,2	3.659,9	927,5	964,0	1.151,0	9.831,1
2008	2.611,4	506,4	3.519,8	864,3	992,6	1.215,8	9.710,4
2009	2.508,2	393,1	3.333,9	791,7	1.036,9	1.131,6	9.195,4
2010	2.372,7	386,3	3.166,1	732,8	1.026,4	1.126,0	8.810,3
2011	2.235,9	367,6	2.786,6	731,0	955,3	1.110,1	8.186,5
2012	2.326,5	326,3	2.635,1	680,6	910,6	1.094,0	7.973,1
2013	2.341,4	368,5	2.531,6	602,1	801,5	1.085,2	7.730,3
2014	2.106,8	364,6	2.537,2	608,8	666,6	1.072,7	7.356,7
2015	2.045,6	377,0	2.724,8	663,8	642,6	638,9	7.092,7
2016	2.202,5	413,3	2.694,3	734,7	663,2	633,2	7.341,1
2017	2.073,0	407,1	2.736,7	763,0	628,2	510,5	7.118,5
2018	2.321,3	455,9	2.652,7	820,8	760,1	405,5	7.416,4
Contribución (%)							
1999	26,8	6,4	40,1	7,0	15,8	4,0	100
2000	26,0	5,9	40,0	7,6	15,8	4,7	100
2001	25,7	5,3	40,1	7,9	15,4	5,6	100
2002	24,3	4,9	41,4	7,4	15,8	6,2	100
2003	26,2	5,3	39,8	6,8	14,8	7,1	100
2004	27,6	5,0	42,1	7,3	10,3	7,8	100
2005	27,3	4,9	41,2	7,4	10,5	8,7	100
2006	25,8	5,0	39,7	9,1	10,2	10,2	100
2007	26,6	5,2	37,2	9,4	9,8	11,7	100
2008	26,9	5,2	36,2	8,9	10,2	12,5	100
2009	27,3	4,3	36,3	8,6	11,3	12,3	100
2010	26,9	4,4	35,9	8,3	11,7	12,8	100
2011	27,3	4,5	34,0	8,9	11,7	13,6	100
2012	29,2	4,1	33,1	8,5	11,4	13,7	100
2013	30,3	4,8	32,7	7,8	10,4	14,0	100
2014	28,6	5,0	34,5	8,3	9,1	14,6	100
2015	28,8	5,3	38,4	9,4	9,1	9,0	100
2016	30,0	5,6	36,7	10,0	9,0	8,6	100
2017	29,1	5,7	38,4	10,7	8,8	7,2	100
2018	31,3	6,1	35,8	11,1	10,2	5,5	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)

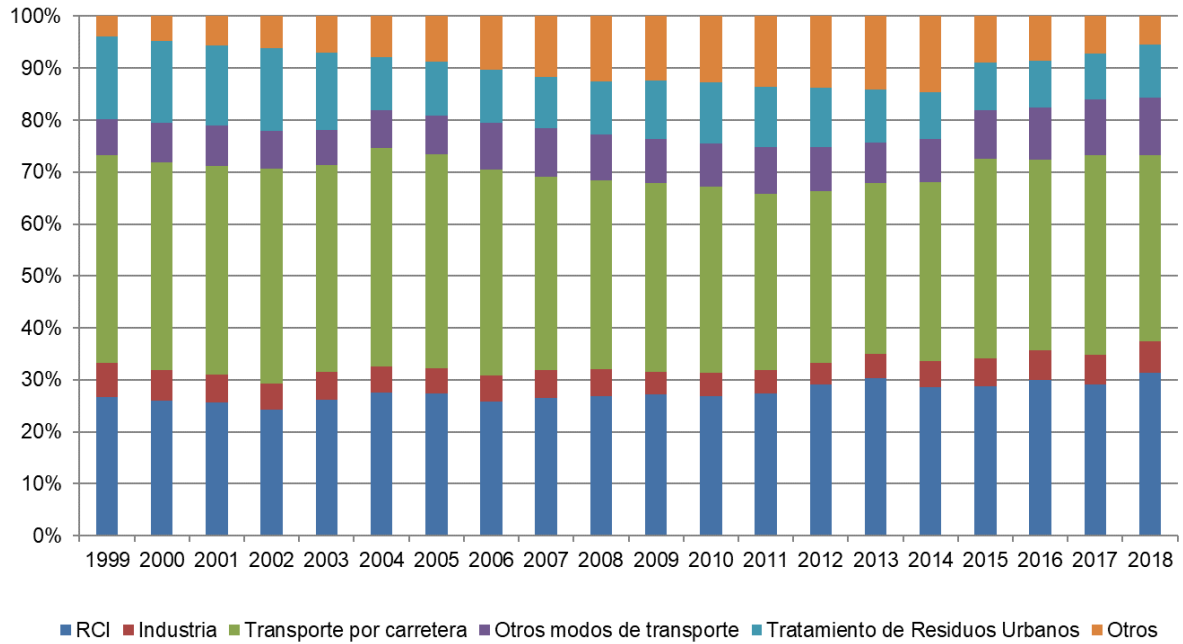


Figura 2. Evolución de la contribución sectorial al total de emisiones directas de CO₂ equivalente

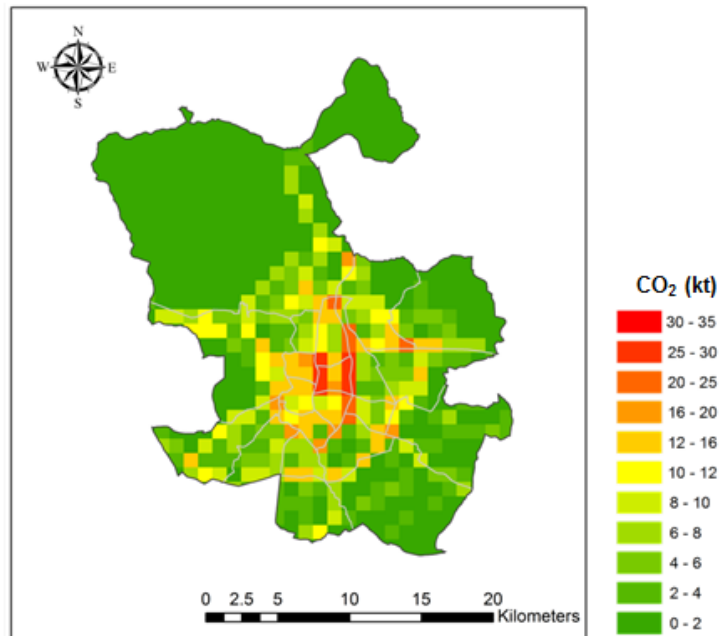


Figura 3. Desagregación espacial de las emisiones directas de CO₂ del sector “Transporte por carretera” (malla con tamaño de celda igual a 1x1 km)

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.

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	4.670,8
1991	9.424	0,532	5.009,5
1992	9.393	0,573	5.384,9
1993	9.418	0,530	4.989,7
1994	9.490	0,508	4.818,5
1995	9.519	0,556	5.295,3
1996	9.737	0,433	4.214,1
1997	9.756	0,481	4.690,6
1998	10.370	0,464	4.816,0
1999	10.914	0,542	5.918,1
2000	11.462	0,521	5.968,9
2001	13.465	0,458	6.173,7
2002	12.276	0,524	6.427,5
2003	12.843	0,462	5.925,5
2004	13.271	0,476	6.321,4
2005	13.614	0,495	6.760,8
2006	13.871	0,456	6.360,2
2007	14.115	0,469	6.662,7
2008	14.590	0,401	5.845,5
2009	14.413	0,362	5.211,9
2010	14.217	0,292	4.148,6
2011	13.862	0,350	4.847,0
2012	13.716	0,374	5.131,5
2013	13.005	0,301	3.916,5
2014	12.576	0,305	3.832,1
2015	12.630	0,348	4.391,0
2016	12.573	0,284	3.570,7
2017	12.846	0,326	4.027,2
2018	13.091	0,283	3.708,2

Fuentes: Electricidad facturada: CM, 2020 (1990-2002); AM, 2020a (2003-2005); AM, 2020b (2006-2018). Factor de emisión estimado a partir de MAPAMA, 2014, MITECO, 2020b, REE, 2019a y REE, 2019b

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 2018 son un 21% inferiores a las de 1990, a pesar de que el consumo de energía eléctrica aumentó en ese periodo un 50%. Esta evolución se debe a que el factor de emisión eléctrico ha decrecido un 47% 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). En 2018, las emisiones indirectas decrecieron un 8% respecto a 2017. Esto se debe a que el factor de emisión eléctrico se redujo un 13%, debido al “mix” de generación eléctrica (REE, 2019a).

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 muestran en la Tabla 8. Únicamente se recogen las del periodo 2006-2018, dado que son los años para los que se dispone del *Balance energético*.

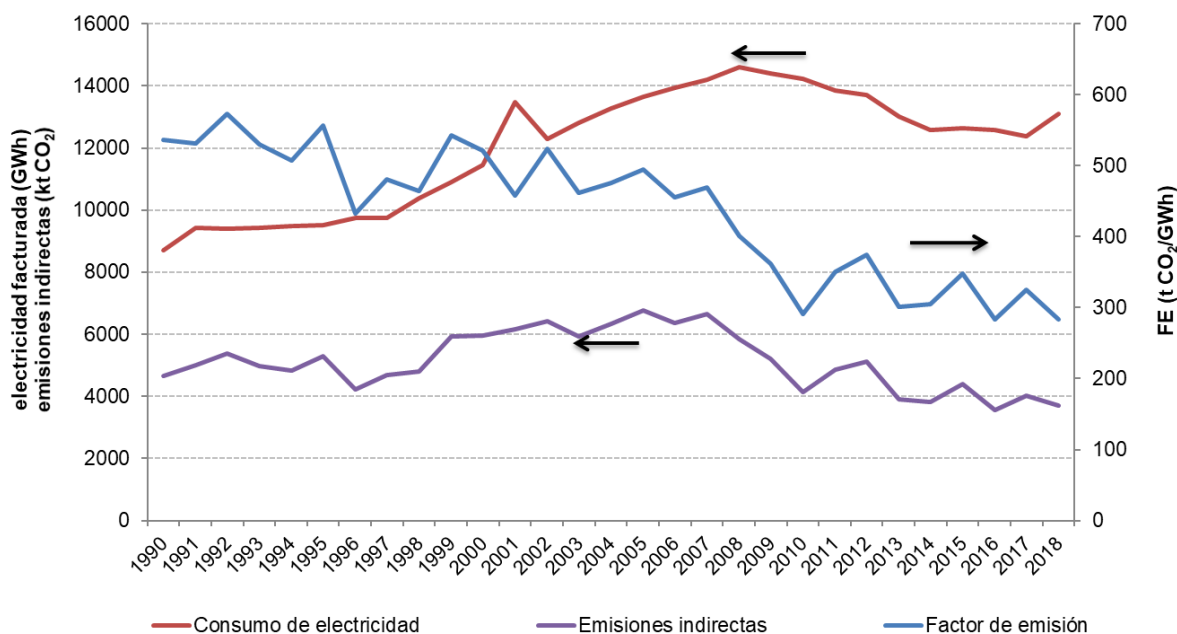


Figura 4. Evolución de las emisiones indirectas, energía eléctrica facturada al municipio y FE eléctrico

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	5.187,6	733,8	0,0	406,6	0	32,2	6.360,2
2007	5.421,2	725,7	0,0	479,3	0	36,5	6.662,7
2008	4.802,8	572,0	0,1	442,0	0	28,6	5.845,5
2009	4.502,5	414,3	0,1	268,2	0	26,8	5.211,9
2010	3.439,0	347,8	0,1	343,7	0	18,1	4.148,6
2011	4.017,1	379,7	0,1	430,0	0	20,1	4.847,0
2012	4.373,5	300,6	0,1	436,9	0	20,4	5.131,5
2013	3.363,9	218,6	0,1	320,1	0	13,9	3.916,5
2014	3.295,2	213,7	0,1	311,5	0	11,6	3.832,1
2015	3.773,9	244,5	0,1	360,1	0	12,4	4.391,0
2016	3.064,0	196,0	0,1	300,2	0	10,3	3.570,7
2017	3.444,4	214,5	0,8	354,5	0	13,0	4.027,2
2018	3.254,9	197,5	0,7	242,8	0	12,4	3.708,2

En la Figura 5 se observa que el sector “RCI” supone el 81-88% 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 2018, 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” mantiene su contribución entre el 6 y el 9%, durante todo el periodo.

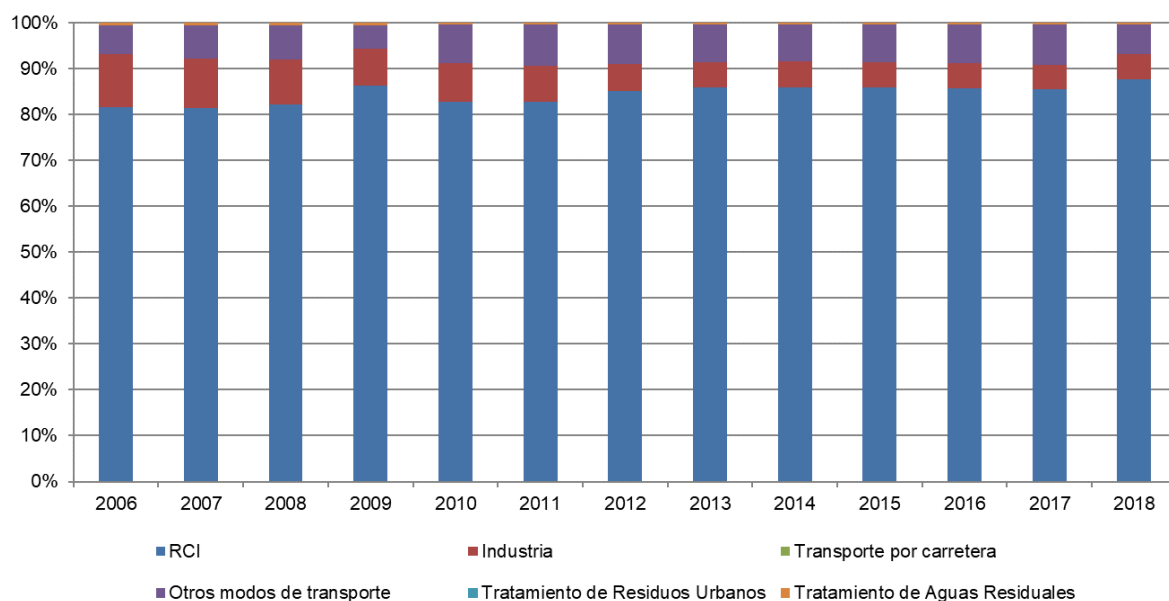


Figura 5. Evolución de la contribución sectorial al total de emisiones indirectas

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 2018 se sitúan un 43% por encima del objetivo a 2030.

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	8.283,0	4.670,8	12.953,8	63,9	36,1	100
1999	9.699,4	5.918,1	15.617,5	62,1	37,9	100
2000	9.813,5	5.968,9	15.782,3	62,2	37,8	100
2001	9.658,3	6.173,7	15.832,1	61,0	39,0	100
2002	9.692,4	6.427,5	16.119,9	60,1	39,9	100
2003	9.779,9	5.925,5	15.705,5	62,3	37,7	100
2004	9.699,5	6.321,4	16.020,9	60,5	39,5	100
2005	9.864,7	6.760,8	16.625,6	59,3	40,7	100
2006	9.897,1	6.360,2	16.257,3	60,9	39,1	100
2007	9.831,1	6.662,7	16.493,8	59,6	40,4	100
2008	9.710,4	5.845,5	15.555,9	62,4	37,6	100
2009	9.195,4	5.211,9	14.407,3	63,8	36,2	100
2010	8.810,3	4.148,6	12.958,9	68,0	32,0	100
2011	8.186,5	4.847,0	13.033,5	62,8	37,2	100
2012	7.973,1	5.131,5	13.104,7	60,8	39,2	100
2013	7.730,3	3.916,5	11.646,9	66,4	33,6	100
2014	7.356,7	3.832,1	11.188,8	65,8	34,2	100
2015	7.092,7	4.391,0	11.483,6	61,8	38,2	100
2016	7.341,1	3.570,7	10.911,7	67,3	32,7	100
2017	7.118,5	4.027,2	11.145,7	63,9	36,1	100
2018	7.416,4	3.708,2	11.124,6	66,7	33,3	100

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 62% de las emisiones totales y el 67% en 2018. A pesar de que la evolución de las emisiones no ha sido lineal en ese periodo, las emisiones directas disminuyeron un 24%, las emisiones indirectas un 37%, y las totales un 29%.

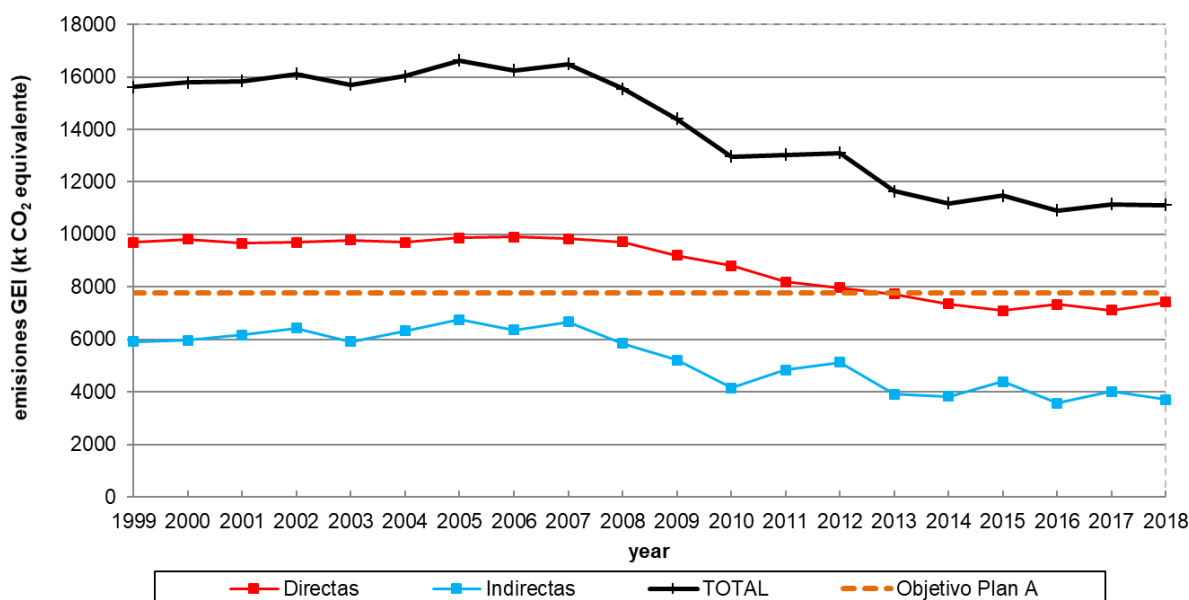


Figura 6. Evolución de las emisiones directas e indirectas de GEI en el municipio de Madrid

En la Tabla 10 se muestra la distribución sectorial de las emisiones en el año 2018.

Tabla 10. Distribución por sectores de las emisiones directas e indirectas de GEI en Madrid (año 2018)

Emisiones	RCI	Industria*	Transporte por carretera	Otros modos de transporte	Tratamiento y eliminación de residuos**	Otros***	TOTAL
kt CO ₂ eq							
Directas	2.321,3	455,9	2.652,7	820,8	760,1	405,5	7.416,4
Indirectas	3.254,9	197,5	0,7	242,8	12,4	0,0	3.708,2
TOTALES	5.576,2	653,4	2.653,4	1.063,6	772,5	405,5	11.124,6
Contribución por sectores (%)							
Directas	31,3	6,1	35,8	11,1	10,2	5,5	100
Indirectas	87,8	5,3	0,02	6,5	0,33	0,0	100
TOTALES	50,1	5,9	23,9	9,6	6,9	3,6	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)

Se puede observar que el sector con mayor emisión total en el municipio de Madrid es el “RCI” (50%) seguido del sector “Transporte por carretera” (24%). Desde el punto de vista de las emisiones directas, el sector “Transporte por carretera” contribuye un 36%, y el sector “RCI” con un 31%. La gran relevancia del sector “RCI” en relación a las emisiones totales se explica porque dicho sector lleva asociadas el 88% 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.

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 2006-2018, las emisiones del “Alcance 1” y “Alcance 2” son del mismo orden de magnitud, si bien, desde el año 2008, las emisiones directas son mayores.

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	2.557,8	491,0	3.924,6	898,2	1.011,9	1.013,5	9.897,1
2007	2.614,5	514,2	3.659,9	927,5	964,0	1.151,0	9.831,1
2008	2.611,4	506,4	3.519,8	864,3	992,6	1.215,8	9.710,4
2009	2.508,2	393,1	3.333,9	791,7	1.036,9	1.131,6	9.195,4
2010	2.372,7	386,3	3.166,1	732,8	1.026,4	1.126,0	8.810,3
2011	2.235,9	367,6	2.786,6	731,0	955,3	1.110,1	8.186,5
2012	2.326,5	326,3	2.635,1	680,6	910,6	1.094,0	7.973,1
2013	2.341,4	368,5	2.531,6	602,1	801,5	1.085,2	7.730,3
2014	2.106,8	364,6	2.537,2	608,8	666,6	1.072,7	7.356,7
2015	2.045,6	377,0	2.724,8	663,8	642,6	638,9	7.092,7
2016	2.202,5	413,3	2.694,3	734,7	663,2	633,2	7.341,1
2017	2.073,0	407,1	2.736,7	763,0	628,2	510,5	7.118,5
2018	2.321,3	455,9	2.652,7	820,8	760,1	405,5	7.416,4
Emisiones Alcance 2 (indirectas, generación eléctrica)							
2006	4.704,2	665,4	0,0	368,7	29,2	0,0	5.767,5
2007	4.717,7	631,5	0,0	417,1	31,8	0,0	5.798,0
2008	4.139,8	493,0	0,1	381,0	24,7	0,0	5.038,6
2009	3.853,9	354,6	0,1	229,6	23,0	0,0	4.461,2
2010	2.917,2	295,1	0,1	291,5	15,3	0,0	3.519,2
2011	3.501,0	331,0	0,1	374,7	17,5	0,0	4.224,3
2012	3.710,7	255,1	0,1	370,7	17,3	0,0	4.353,8
2013	2.831,6	184,0	0,1	269,4	11,7	0,0	3.296,9
2014	2.804,9	181,9	0,1	265,1	9,9	0,0	3.262,0
2015	3.273,7	212,1	0,1	312,3	10,7	0,0	3.808,9
2016	2.720,5	174,1	0,1	266,5	9,2	0,0	3.170,3
2017	3.139,1	195,5	0,7	323,1	11,8	0,0	3.670,2
2018	2.973,5	180,4	0,6	221,8	11,3	0,0	3.387,6
Emisiones Alcance 3 (indirectas, pérdidas transporte de electricidad)							
2006	483,5	68,4	0,0	37,9	3,0	0,0	592,7
2007	703,5	94,2	0,0	62,2	4,7	0,0	864,6
2008	663,0	79,0	0,0	61,0	4,0	0,0	807,0
2009	648,5	59,7	0,0	38,6	3,9	0,0	750,7
2010	521,7	52,8	0,0	52,1	2,7	0,0	629,4
2011	516,1	48,8	0,0	55,2	2,6	0,0	622,7
2012	662,9	45,6	0,0	66,2	3,1	0,0	777,7
2013	532,2	34,6	0,0	50,6	2,2	0,0	619,7
2014	490,3	31,8	0,0	46,3	1,7	0,0	570,1
2015	500,3	32,4	0,0	47,7	1,6	0,0	582,1
2016	343,6	22,0	0,0	33,7	1,2	0,0	400,4
2017	305,3	19,0	0,1	31,4	1,2	0,0	356,9
2018	281,4	17,1	0,1	21,0	1,1	0,0	320,6
Emisiones TOTALES							
2006	7.745,4	1.224,8	3.924,6	1.304,9	1.044,0	1.013,5	16.257,3
2007	8.035,8	1.239,9	3.659,9	1.406,7	1.000,6	1.151,0	16.493,8
2008	7.414,3	1.078,3	3.519,9	1.306,4	1.021,2	1.215,8	15.555,9
2009	7.010,7	807,4	3.334,0	1.060,0	1.063,7	1.131,6	14.407,3
2010	5.811,6	734,1	3.166,2	1.076,5	1.044,5	1.126,0	12.958,9
2011	6.253,0	747,4	2.786,6	1.161,0	975,4	1.110,1	13.033,5
2012	6.700,1	626,9	2.635,2	1.117,5	930,9	1.094,0	13.104,7
2013	5.705,3	587,1	2.531,7	922,2	815,4	1.085,2	11.646,9
2014	5.401,9	578,3	2.537,3	920,3	678,2	1.072,7	11.188,8
2015	5.819,5	621,5	2.724,9	1.023,8	654,9	638,9	11.483,6
2016	5.266,5	609,3	2.694,3	1.034,9	673,5	633,2	10.911,7
2017	5.517,3	621,7	2.737,4	1.117,6	641,2	510,5	11.145,7
2018	5.576,2	653,4	2.653,4	1.063,6	772,5	405,5	11.124,6

(*) 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)

INVENTARIO DE EMISIONES DE GEI DEL MUNICIPIO DE MADRID – AÑO 2018

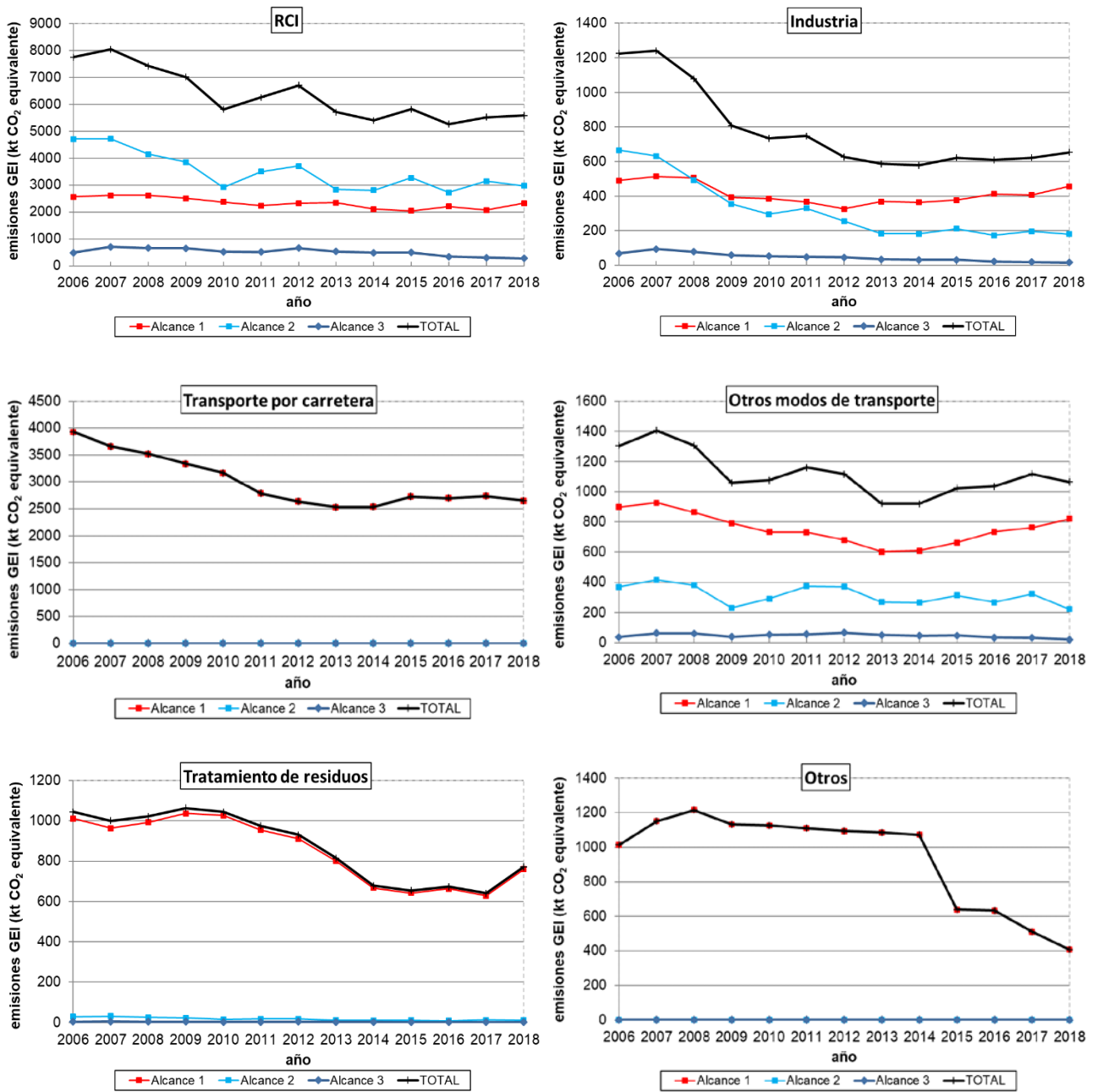


Figura 7. Emisiones por “Alcance” de los principales sectores de actividad

4 INDICADORES DE EMISIÓN

En la Tabla 12 y Figura 8 se muestra la evolución en el periodo 2000-2018 de la población, el Producto Interior Bruto (PIB)² 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 2000-2018 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 2000-2018)

Año	Población	PIB, millones de € ₂₀₁₀	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 € ₂₀₁₀)
2000	2.882.860	95.262	9.813,5	5.968,9	15.782,3	5,5	166
2001	2.957.058	101.067	9.658,3	6.173,7	15.832,1	5,4	157
2002	3.016.788	104.194	9.692,4	6.427,5	16.119,9	5,3	155
2003	3.092.759	107.467	9.779,9	5.925,5	15.705,5	5,1	146
2004	3.099.834	111.036	9.699,5	6.321,4	16.020,9	5,2	144
2005	3.155.359	116.922	9.864,7	6.760,8	16.625,6	5,3	142
2006	3.128.600	122.043	9.897,1	6.360,2	16.257,3	5,2	133
2007	3.132.463	126.669	9.831,1	6.662,7	16.493,8	5,3	130
2008	3.213.271	129.351	9.710,4	5.845,5	15.555,9	4,8	120
2009	3.255.944	125.970	9.195,4	5.211,9	14.407,3	4,4	114
2010	3.273.049	125.339	8.810,3	4.148,6	12.958,9	4,0	103
2011	3.265.038	126.276	8.186,5	4.847,0	13.033,5	4,0	103
2012	3.233.527	123.495	7.973,1	5.131,5	13.104,7	4,1	106
2013	3.207.247	121.276	7.730,3	3.916,5	11.646,9	3,6	96
2014	3.165.235	123.019	7.356,7	3.832,1	11.188,8	3,5	91
2015	3.141.991	127.266	7.092,7	4.391,0	11.483,6	3,7	90
2016	3.165.541	132.071	7.341,1	3.570,7	10.911,7	3,4	83
2017	3.182.981	137.004	7.118,5	4.027,2	11.145,7	3,5	81
2018	3.223.334	140.404	7.416,4	3.708,2	11.124,6	3,5	79

La emisión *per cápita* municipal se ha reducido un 37% en el periodo 2000-2018, como consecuencia del crecimiento de la población (un 12%) y del descenso de las emisiones totales de GEI (un 30%). Así mismo, la “*intensidad de emisión por unidad de PIB*” se ha reducido un 52%, dado que al descenso de las emisiones de GEI ya comentado, se ha de sumar el crecimiento del PIB (un 47%).

² En la presente edición del inventario de emisiones de gases de efecto invernadero se ha modificado la serie del Producto Interior Bruto, pasando a emplearse la serie a precios constantes de 2010, en vez de a precios constantes de 2000 como se empleaba en versiones anteriores.

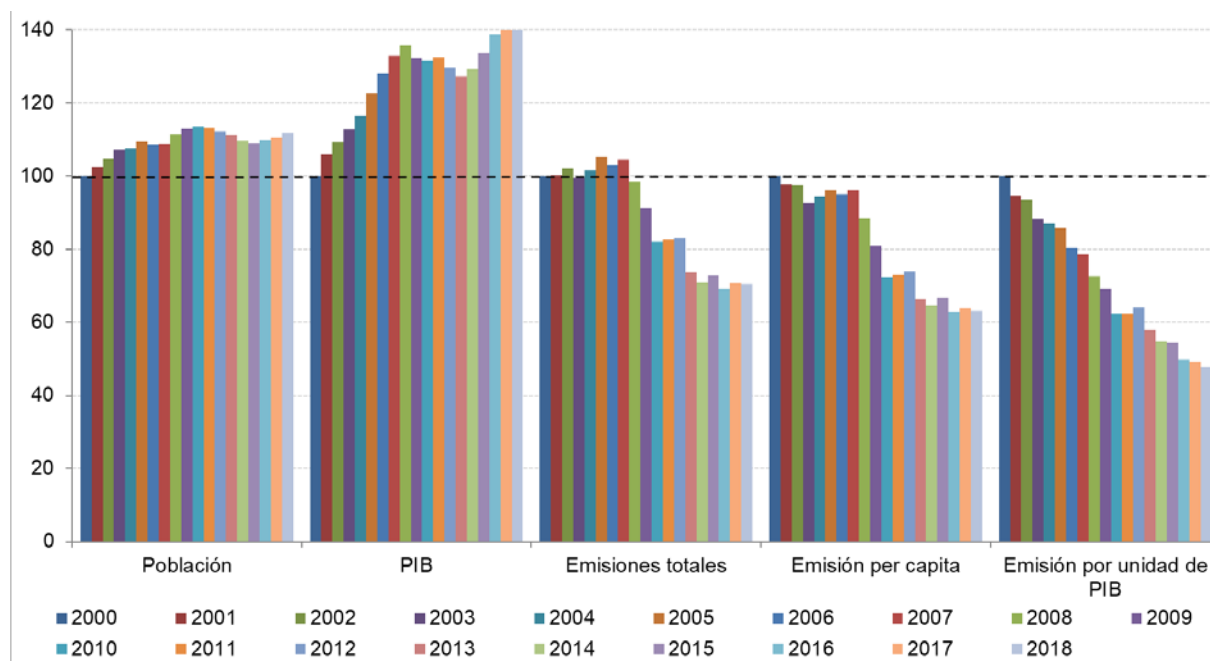


Figura 8. Evolución de las emisiones municipales de GEI y de los principales indicadores de emisión (Año 2000=100)

5 COMPARACIÓN CON LA SITUACIÓN NACIONAL

En la Tabla 13 y Figura 9 se muestran los valores de población, PIB³ 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 2000-2018.

En 2018, 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 52% inferior a la media nacional (3,5 frente a 7,2 t/habitante). Del mismo modo, Madrid generó el 13% del PIB nacional, por lo que su “*intensidad de emisión por unidad de PIB*” fue un 73% inferior al valor nacional (79 frente a 298 t/M€₂₀₁₀). 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 (2000-2018), la emisión *per cápita* municipal ha tenido un mayor descenso que en el conjunto nacional (un 37% frente al 25% nacional) pese a que la población tuvo un mayor crecimiento en el conjunto del país (un 15% frente a un 12% en el municipio de Madrid). Por tanto, este mayor descenso se debe a una mayor reducción de las emisiones municipales (un 30% frente al 14% nacional). Desde el punto de vista de las emisiones por unidad de PIB, este indicador muestra en

³ En la presente edición del inventario de emisiones de gases de efecto invernadero se ha modificado la serie del Producto Interior Bruto, pasando a emplearse la serie a precios constantes de 2010, en vez de a precios constantes de 2000 como se empleaba en versiones anteriores.

Madrid una reducción del 52% en el periodo 2000-2018, mientras que en España la disminución es del 40%. 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.

Tabla 13. Comparación de los principales indicadores de emisión a nivel municipal y nacional (periodo 2000-2018)

Año	MADRID ¹					ESPAÑA ²				
	Población	PIB, mill. € ₂₀₁₀	Emisiones totales de GEI (kt CO ₂ eq)	Emisión per cápita (t CO ₂ eq/hab)	Emisión por unidad de PIB (t CO ₂ eq / mill € ₂₀₁₀)	Población	PIB, mill. € ₂₀₁₀	Emisiones totales de GEI (kt CO ₂ eq)	Emisión per cápita (t CO ₂ eq/hab)	Emisión por unidad de PIB (t CO ₂ eq / mill € ₂₀₁₀)
2000	2.882.860	95.262	15.782	5,5	166	40.499.791	781.631	388.776	9,6	497
2001	2.957.058	101.067	15.832	5,4	157	41.116.842	814.409	386.580	9,4	475
2002	3.016.788	104.194	16.120	5,3	155	41.837.894	840.246	404.907	9,7	482
2003	3.092.759	107.467	15.705	5,1	146	42.717.064	873.397	412.870	9,7	473
2004	3.099.834	111.036	16.021	5,2	144	43.197.684	909.818	428.861	9,9	471
2005	3.155.359	116.922	16.626	5,3	142	44.108.530	948.994	443.440	10,1	467
2006	3.128.600	122.043	16.257	5,2	133	44.708.964	990.951	436.396	9,8	440
2007	3.132.463	126.669	16.494	5,3	130	45.200.737	1.030.136	447.254	9,9	434
2008	3.213.271	129.351	15.556	4,8	120	46.157.822	1.041.491	413.028	8,9	397
2009	3.255.944	125.970	14.407	4,4	114	46.745.807	1.003.945	373.425	8,0	372
2010	3.273.049	125.339	12.959	4,0	103	47.021.031	1.006.119	358.859	7,6	357
2011	3.265.038	126.276	13.033	4,0	103	47.190.493	996.743	358.231	7,6	359
2012	3.233.527	123.495	13.105	4,1	106	47.265.321	976.593	350.959	7,4	359
2013	3.207.247	121.276	11.647	3,6	96	47.129.783	968.957	324.693	6,9	335
2014	3.165.235	123.019	11.189	3,5	91	46.771.341	993.830	326.816	7,0	329
2015	3.141.991	127.266	11.484	3,7	90	46.624.382	1.017.525	338.254	7,3	332
2016	3.165.541	132.071	10.912	3,4	83	46.557.008	1.055.841	326.890	7,0	310
2017	3.182.981	137.004	11.146	3,5	81	46.572.132	1.104.201	340.298	7,3	308
2018	3.223.334	140.404	11.125	3,5	79	46.722.980	1.120.147	334.255	7,2	298

1) Fuentes de información para los datos de la ciudad de Madrid: población (INE, 2019), PIB (AM, 2020a)

2) Fuentes de información para los datos nacionales: población (INE, 2019), PIB (AM, 2020a; MITECO, 2020b), emisiones de GEI (MITECO, 2020a)

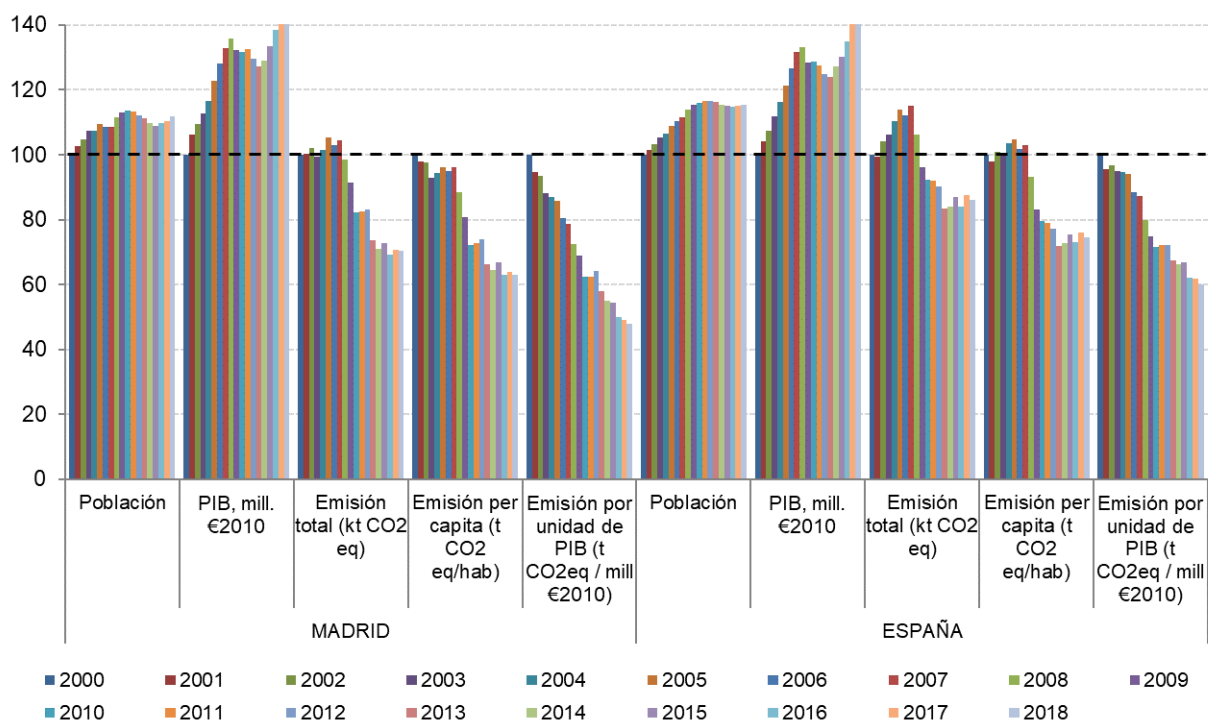


Figura 9. Comparación de la evolución de los principales indicadores de emisión a nivel municipal y nacional (Año 2000=100)

6 CONCLUSIONES

Conclusiones generales

Las emisiones totales de GEI en el municipio de Madrid han disminuido un 30%, en el periodo 2000-2018. 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 24% y un 38%, respectivamente. Además, las emisiones directas de GEI son mayores que las indirectas, suponiendo entre el 59% y el 68% 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 2000-2018 se debe a la reducción del factor de emisión eléctrico nacional en un 46% (como consecuencia del *mix* tecnológico de generación eléctrica), ya que el consumo de electricidad del municipio se ha incrementado un 14% para ese mismo periodo.

El sector “RCI” presenta la mayor contribución a las emisiones totales de GEI en el municipio de Madrid (un 50% en 2018) seguido del sector “Transporte por carretera” (un 24% en 2018). 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 31%. La gran relevancia del sector “RCI” en relación a las emisiones totales se explica porque dicho sector lleva asociadas el 88% emisiones indirectas del municipio. El resto de sectores tiene una contribución menor al total de emisiones.

En cuanto a los principales indicadores de emisión cabe destacar:

- la *emisión per cápita* municipal, en 2018, fue un 52% inferior a la media española, emitiéndose 3,5 t/habitante frente a las 7,2 t/habitante para el total nacional. En el periodo 2000-2018, la *emisión per cápita* en el municipio ha descendido un 37%, frente al 25% del indicador nacional
- la *intensidad de emisión por unidad de PIB*, en 2018, fue un 73% inferior en Madrid que en España. Concretamente, en Madrid dicho indicador fue igual a 79 t/M€₂₀₁₀ frente a 298 t/M€₂₀₁₀ en España. La tasa de emisión por unidad de PIB en Madrid ha experimentado un mayor descenso en el periodo 2000-2018 que en España (un 52% frente a un 40%, respectivamente)
- el municipio de Madrid acogía, en 2018 el 7% de la población nacional y generaba el 13% del PIB nacional, emitiendo el 3% de las emisiones totales de GEI.

Conclusiones a nivel sectorial

El sector “RCI” generó, en 2018, el 31% de las emisiones directas y el 88% de las indirectas del municipio, alcanzando el 50% de las emisiones totales. Aunque la evolución no sigue una tendencia lineal, las emisiones directas de este sector en el periodo 2000-2018 disminuyeron un 9% 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 2018, del 6% de las emisiones directas y del 5% de las indirectas, lo que supone el 6% de las emisiones totales. Desde 2000 a 2018, las emisiones directas del sector disminuyeron un 21%.

Las emisiones del sector “Transporte por carretera” supusieron el 36% de las emisiones directas de GEI en 2018, traduciéndose en una contribución del 24% 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 2000-2018 sus emisiones directas disminuyeron un 32%, 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 7% de las indirectas, lo que se traduce en el 10% de las emisiones totales, en 2018. Las emisiones directas del sector son un 11% mayores que las de 2000. 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 2018, el 10% de las emisiones directas y el 0,3% de las indirectas, lo que supuso el 7% de las emisiones totales. Las emisiones directas de este sector disminuyeron un 51% 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 un descenso en las emisiones producido principalmente por el cese de actividad de los procesos de secado térmico de lodos (y por lo tanto del consumo de gas natural).

El sector “Otros” fue responsable, en 2018, del 5% de las emisiones directas, no presentando emisiones indirectas. Esto supuso el 4% de las emisiones totales. Este sector presenta un descenso del 12% de las emisiones directas entre 2000 y 2018.

7 FUENTES DE INFORMACIÓN

- AM, 2014. Estudio del Parque Circulante de la Ciudad de Madrid 2013. Ayuntamiento de Madrid, 2014.
- AM, 2020a. Balance Energético del municipio de Madrid, año 2018. Ayuntamiento de Madrid, 2019.
- AM, 2020b. Áreas de información estadística del Ayuntamiento de Madrid. Banco de datos.
- AM, 2018. Estudio del Parque Circulante de la Ciudad de Madrid 2017. Ayuntamiento de Madrid, 2018.
- CM, 2020. Anuario Estadístico de la Comunidad de Madrid 1985-2016 -Banco de datos-. Comunidad de Madrid, 2019.
- EEA, 2013. Libro Guía EMEP/EEA para la elaboración de inventarios de emisión de contaminantes a la atmósfera, 2013.
- EEA, 2016. Libro Guía EMEP/EEA para la elaboración de inventarios de emisión de contaminantes a la atmósfera, 2016.
- EEA, 2019. Libro Guía EMEP/EEA para la elaboración de inventarios de emisión de contaminantes a la atmósfera, 2019.
- INE, 2019. Cifras oficiales de población resultantes de la revisión del Padrón municipal a 1 de enero de 2018. Instituto Nacional de Estadística, 2019.
- IPCC, 2006. Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, 2006.
- IPCC, 2013. IPCC Fifth Assessment Report: Climate Change 2007. Working Group I: The Physical Science Basis.
- IPCC, 2007. IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007, Working Group I: The Physical Science Basis.
- IPCC, 1995. IPCC Second Assessment Report: Climate Change 1995, Working Group I: The Science of Climate Change.
- 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.
- MITECO, 2020a. Inventario Nacional de Emisiones de Contaminantes a la Atmósfera 1990-2018, Edición 2020. Ministerio para la Transición Ecológica, 2020.
- MITECO, 2020b. La Energía en España 2018. Ministerio para la Transición Ecológica, 2020.
- OACI, 2016. Banco de datos de la Organización de Aviación Civil Internacional, febrero 2016.
- 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.
- REE, 2019a. El sistema Eléctrico Español 2018. Red Eléctrica de España, 2019.
- REE, 2019b. Series estadísticas del sistema eléctrico español, diciembre 2019.