

INVENTARIO DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DEL MUNICIPIO DE VALLADOLID (2010-2019)

Junio 2021



Trabajo realizado por: Iñigo Capellán-Pérez, inigo.capellan@uva.es (Grupo de Energía, Economía y Dinámica de Sistemas de la Universidad de Valladolid, <https://geeds.es/>)

Índice

Lista de acrónimos y abreviaciones	3
1. Introducción	4
2. Metodología.....	5
2.1 Fuentes de datos primarios y/o métodos de estimación de consumo y producción de energía final	7
2.2 Factores de emisión	9
3. Resultados: energía y emisiones GEI	11
3.1. Municipio completo	11
3.2. Sector transporte	17
3.3. Ayuntamiento	19
4. Contextualización de resultados.....	22
5. Conclusiones	25
Anexos.....	27
Referencias.....	31

Lista de acrónimos y abreviaciones

- AEMVA: Agencia Energética Municipal de Valladolid
- GEI: Gases de Efecto Invernadero
- GLP: Gas Licuado del Petróleo
- PAES: Plan de Acción de Energía Sostenible (en inglés: SEAP: Sustainable Energy Action Plan)
- UE: Unión Europea
- EU ETS: EU Emission Trade System

1. Introducción

La actual crisis de sostenibilidad es un problema muy complejo que requiere medidas de control urgentes y radicales a nivel mundial (Anderson and Bows, 2012; IPCC, 2014; MEA, 2005; Steffen et al., 2015b, 2015a). Al acelerar la pérdida de biodiversidad, aumentar la alteración en ciclos naturales como el carbono (cambio climático), el nitrógeno o el fósforo, intensificar la degradación de los ecosistemas, etc., las sociedades humanas están degradando los sistemas y procesos naturales que sustentan la vida de los que dependemos para sostener nuestra propia existencia. Diferentes puntos de inflexión climáticos, que se refieren a un umbral crítico en el que una pequeña perturbación puede alterar cualitativamente el estado o desarrollo de un componente del sistema climático de la Tierra, pueden ser traspasados en las próximas décadas, lo que implica impactos a gran escala (peligrosos, incluso catastróficos) para los sistemas humanos y ecológicos (Lenton et al., 2008). En consecuencia, estamos arriesgando la continuidad de nuestras sociedades tal y como las conocemos (Daily, 1997; Levin et al., 2009; MEA, 2005; Schneider and Morton, 1981). La transición hacia la sostenibilidad es, por lo tanto, un reto de naturaleza global y política. Además, hoy en día no existe ningún país que satisfaga las necesidades básicas de sus ciudadanos a un nivel globalmente sostenible de uso de los recursos naturales (O'Neill et al., 2018).

En este contexto, se requieren acciones urgentes y contundentes a todos los niveles políticos e institucionales, desde local pasando por regional y nacional hasta supranacional para su coordinación. En relación al cambio climático, la comunidad científica ha demostrado de forma robusta que éste es causado por la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) asociadas a las actividades humanas principalmente de los países más ricos (IPCC, 2014). De éstas, mundialmente dominan las emisiones de CO₂ relativas a la quema de combustibles fósiles y procesos industriales (65%) así como a las relativas a la deforestación y los cambios en los usos del suelo (10%); y en cuanto a otros GEI son relevantes el metano con el 16% y el óxido de nitrógeno (6%) (datos para el año 2010, ver Figura 1). De hecho, estas proporciones a nivel mundial para el año 2010 son muy similares a los valores del total de España actual como se puede apreciar en la Figura 2 procedente del Inventario de Emisiones Nacional (MTERD, 2020).

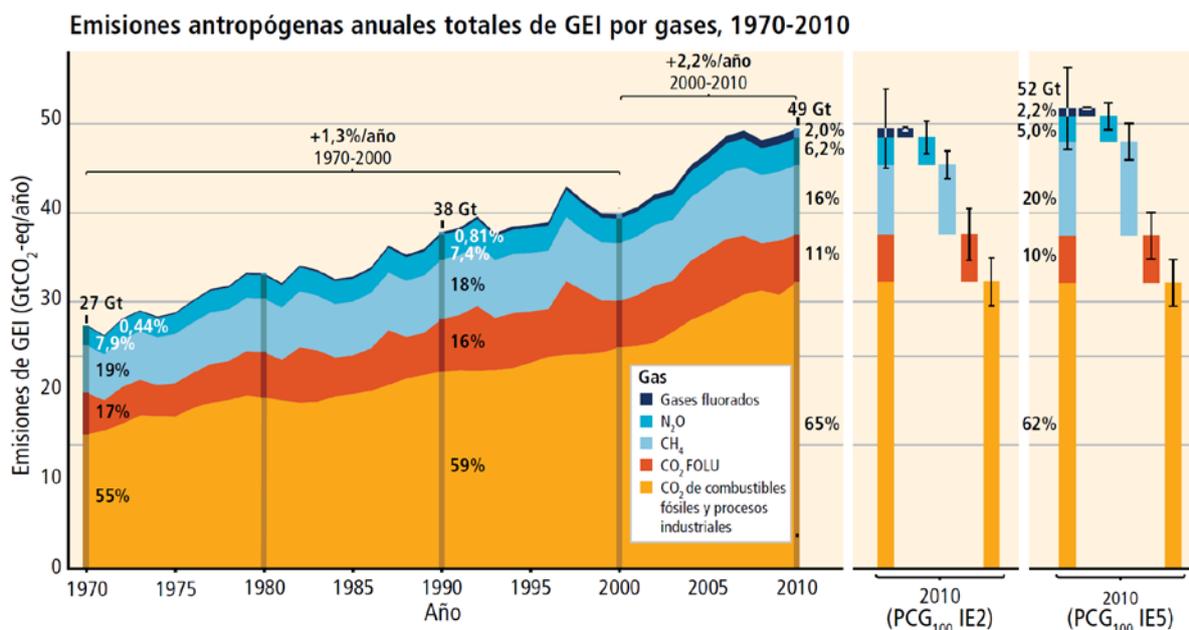


Figura 1: Emisiones antropógenas anuales totales de gases de efecto invernadero (GEI) (gigatonelada de CO₂-equivalente al año, GtCO₂-eq/año) para el período comprendido entre 1970 y 2010, por gases: CO₂ procedente de la quema de combustibles fósiles y procesos industriales; CO₂ procedente de la silvicultura y otros usos del

suelo (FOLU); metano (CH₄); óxido nitroso (N₂O); gases fluorados abarcados en el Protocolo de Kyoto. A la derecha se muestran las emisiones de 2010, con ponderaciones de emisiones de CO₂-equivalente basadas en valores de los Informes de Evaluación segundo y quinto del IPCC. Para detalles consultar la figura en el informe original: (IPCC, 2014).

A nivel estatal, las emisiones GEI se incrementaron muy fuertemente en los años 90 y primera parte de los 2000 hasta el estallido de la burbuja financiera e inmobiliaria, cuya crisis económica hizo reducirse mucho el consumo de energía y consecuentemente las emisiones (ver Figura 2 y (MTERD, 2020)), habiéndose estabilizado entorno a 300 ktCO₂e anuales netos (niveles del año 1990).

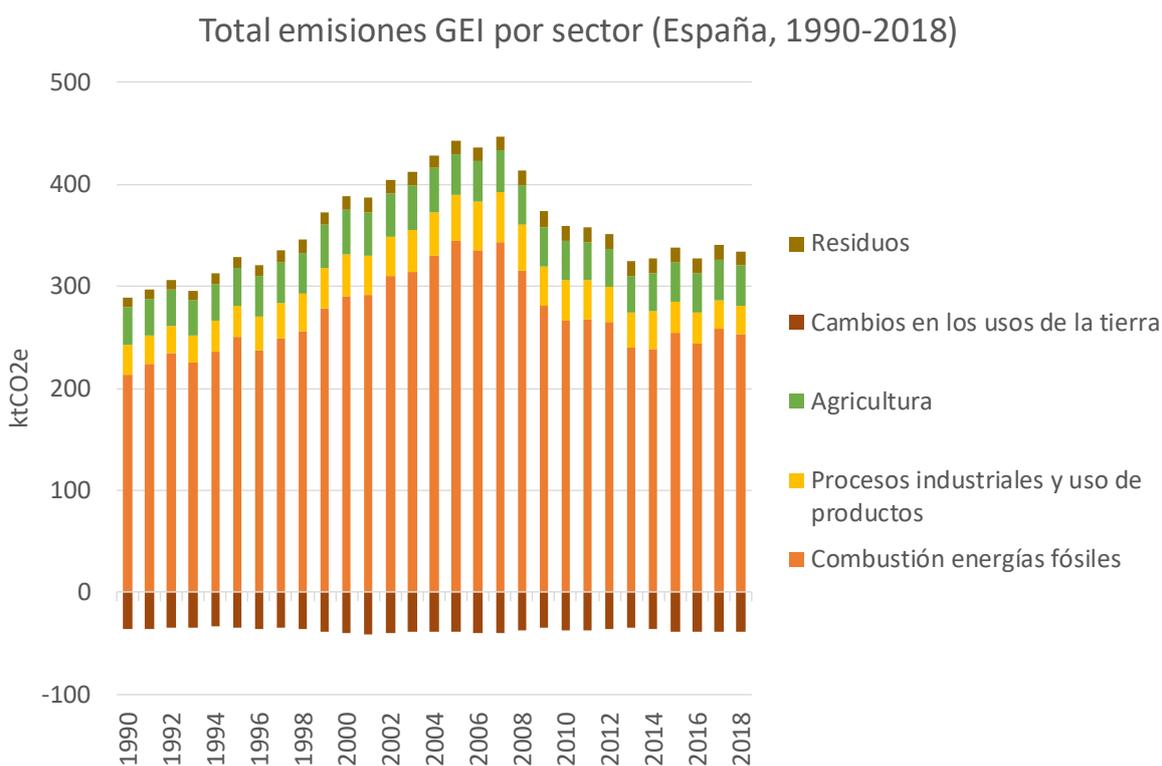


Figura 2: Total emisiones GEI (ktCO₂e) por sector en España (1990-2018). Fuente: (MTERD, 2020).

El presente documento constituye el informe de los inventarios de los GEI para el municipio de Valladolid entre los años 2010 y 2019 mediante los datos que el propio Ayuntamiento ha ido recopilando como uno de los compromisos de la adhesión al Pacto de los Alcaldes (<https://www.eumayors.eu/>) en el año 2011 (Ayto Valladolid, 2012). Asimismo, se reportan la metodología de estimación así como la contextualización de los valores estimados para el municipio de Valladolid.

2. Metodología

Los datos usados en este informe han sido recogidos bienalmente por la Agencia Energética Municipal de Valladolid (AEMVA) en el periodo 2010-2018 y que han sido ampliados para el año 2019 con el fin de disponer de los datos más recientes posibles para la realización de este informe. Para ello, la AEMVA ha venido completando la plantilla Excel “Sustainable Energy Action Plan (SEAP) template” puesta a disposición de los municipios en el marco del Pacto de los Alcaldes y que puede ser descargada de su web (<https://www.eumayors.eu/>) (Ayto Valladolid, 2012; Covenant of Mayors & European Commission, 2014). Cualquier modificación de estos datos aplicada en este informe se describe y

justifica en esta sección, y se ha realizado con el objetivo de mejorar la calidad de los datos recopilados.

Para estimar tanto el consumo energético, como las emisiones de GEI se opta por un enfoque bottom-up. Se analizan los diferentes sectores individualmente por tipo de energía final y al final los datos se suman. Los datos base para los cálculos se recopilan a partir de diversas fuentes de información: generalmente los datos de consumos internos del Ayuntamiento de Valladolid se obtienen de las bases de datos de la AEMVA y de los suministradores energéticos. Para el resto de datos, se utilizan diferentes fuentes: bases de datos del Ente Regional de la Energía (EREN) así como información facilitada por asociaciones como AVEBIOM (Asociación Española de Valorización Energética de la Biomasa) y por los operadores del mercado de hidrocarburos (CORES), eléctrico (Iberdrola Distribución Eléctrica) y del gas natural (Nedgia, antes Gas Natural Distribución).

Esta plantilla Excel está dividida en 2 apartados principales: estimaciones por tipo de energía final¹ y sector de: (1) energía y (2) emisiones de CO₂. Los datos primarios son los datos/estimaciones de energía final y las emisiones de CO₂ son estimadas mediante factores de emisión. La plantilla también recoge datos sobre población y producción local de energía, distinguiendo la producción de fuentes renovables. El uso de la misma plantilla durante toda la serie así como el mantenimiento de los mismos criterios a la hora de rellenar las celdas asegura la comparabilidad de la serie.

Los datos recogidos mediante esta plantilla han tenido 2 objetivos principales en el marco del Pacto de los Alcaldes:

1. Monitorizar los consumos energéticos y sus emisiones asociadas a lo largo del tiempo mediante una metodología robusta y comparable. Este compromiso se refrendaba mediante el envío de las series temporales de forma bienal,
2. Ser la base empírica para realizar un Plan de Acción de Energía Sostenible (SEAP por sus siglas en inglés) de forma que se puedan identificar y dirigir las políticas municipales a aquellos sectores más intensivos, así como ponerse una meta cuantitativa de reducción de estas emisiones para el año 2020.

De esta forma, los datos disponibles tienen las siguientes características que condicionan el análisis de los inventarios:

- Serie temporal: 2010-19 (datos son bienales excepto para el año 2019),
- GEI: dióxido de carbono equivalente (CO₂e)
- Sectores: producción de electricidad, sectores difusos e industria. Los sectores difusos abarcan las actividades no sujetas al comercio de derechos de emisión (EU ETS https://ec.europa.eu/clima/policies/ets_es) y que representan por lo tanto aquellos sectores menos intensivos en el uso de la energía (<https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/definicion-difusos.aspx>). Se estima que en España el conjunto de estos sectores es responsable de aproximadamente el 60% de las emisiones GEI. Aunque en la plantilla SEAP la exclusión de las industrias que participan en el EU ETS se excluyen debe pues a que éstas se encuentran generalmente fuera del alcance de las políticas puramente municipales (Kona et al., 2017), en este caso se ha decidido incluirlas para una mayor integridad de los datos. En el término municipal de Valladolid sólo existen en el periodo estudiado 4 industrias en este esquema (Michelin, FASA Renault, Cerámicas Zaratán y hasta el año 2013 IVECO).

¹ Se considera energía final aquella que está sujeta a compra-venta en el mercado.

Los datos de consumo de energía (y de los que se derivan los de emisiones) se han recogido desde una perspectiva “territorial”, es decir se trata de aproximarse al consumo de energía final y emisiones netas que se producen dentro de los límites geográficos del municipio. Existe otra perspectiva de atribución que se centra en los consumos y emisiones derivados del consumo final de los hogares (también conocida como huella), es decir se tiene en cuenta que el consumo de los bienes y servicios en un determinado territorio se ha producido en diferentes lugares con diferentes intensidades energéticas y factores de emisión. Este indicador tiene en cuenta que muchas de las emisiones producidas como consecuencia del consumo final se realizan de hecho fuera del municipio (y del país) dónde se reside. En ejemplo sencillo en nuestro caso serían los viajes realizados mediante transporte público fuera del municipio (incluyendo el alfoz), así como viajes aéreos que al estar el Aeropuerto de Valladolid en otro municipio (Villanubla) no aparecen asignados en el inventario usado en este trabajo; tampoco las emisiones derivadas de las manufacturas fabricadas fuera pero compradas y usadas aquí (un ejemplo típico: computadoras y todos los dispositivos electrónicos). Inversamente, una parte de la producción que se realiza en la ciudad se exporta (e.g., industria automovilística). De hecho, se ha demostrado que en los países ricos existe un desequilibrio de forma que los consumos per capita desde una perspectiva territorial son menores que los obtenidos mediante cálculos de huellas (25% de diferencia para España en el año 2008 (Arto et al., 2016)). Así, aunque el método de estimación de huellas energéticas y de emisión aporta muy interesantes matices al debate sobre la evolución temporal y responsabilidad de las emisiones (cf. por ejemplo (Arto et al., 2016; Parrique et al., 2019; Peters et al., 2011)), la aplicación de este último método requiere de sofisticados métodos de análisis así como de datos que no existen actualmente para el municipio de Valladolid.

2.1 Fuentes de datos primarios y/o métodos de estimación de consumo y producción de energía final

Dependiendo del sector y tipo de energía final se dispone de información de muy diferente calidad sobre la cantidad de energía consumida/producida en el municipio. Como norma general, cuando detrás de un consumo las facturas se encuentran disponibles entonces el grado de precisión se puede considerar como muy alto (e.g., electricidad, gas natural). Ese el caso también de los consumos de edificios y flota de transporte municipales. Sin embargo, en los casos en que esta información no se encuentra disponible o es de muy difícil atribución, como es el caso de las ventas de las gasolineras, los datos adolecen forzosamente de una menor precisión. Hay que tener en cuenta que existen excepciones a esta regla general dado que los datos recibidos de las comercializadoras llegan a la AEMVA sin el nivel de detalle ni explicaciones suficientes para entender las variaciones bi-anales. Así, en algunos casos se ha valorado que estos datos no ofrecían las suficientes garantías ya que presentaban saltos bruscos en las series y en estos casos se ha optado por realizar estimaciones propias a partir de fuentes de información alternativas. Éste es el caso del consumo de energía eléctrica del sector terciario para el año 2010 y el de las industrias del año 2014, para el que se ha realizado una aproximación a partir de los datos a nivel provincial de los Boletín anuales de estadística energética en Castilla y León del EREN <https://energia.jcyl.es/web/es/biblioteca/boletin-estadisticas-energeticas.html> y los ratios de consumo de municipio vs provincia asumidos en el PAES. Se toma como referencia el ratio poblacional que ha permanecido relativamente estable durante el periodo 59-57.5% (ver Figura 4).

La siguiente Tabla 1 describe las fuentes de datos y métodos de estimación usados para estimar el consumo de energía final para cada categoría/sector del municipio de Valladolid en el periodo estudiado.

Tabla 1: Categorías de consumo de energía final en el municipio de Valladolid. Fuente: plantilla Excel "Sustainable Energy Action Plan (SEAP) template" (<https://www.eumayors.eu/>).

Categoría	Fuente de los datos/método de estimación
EDIFICIOS, EQUIPAMIENTOS/INSTALACIONES E INDUSTRIA	
Edificios municipales, equipamientos/instalaciones	El consumo energético municipal se obtiene a partir de los datos de consumo (facturas) de las diferentes distribuidoras para el municipio para electricidad y prorrateado aplicando factores a los datos provinciales para gas natural, GLP.*
Usos terciarios, equipamientos, instalaciones (no municipales)	El consumo energético de los sectores residencial y comercial se toma de los datos de consumo facilitados por las diferentes distribuidoras para electricidad y prorrateado aplicando factores a los datos provinciales para gas natural, GLP.*
Edificios residenciales	El consumo energético de los sectores residencial y comercial se toma de los datos de consumo facilitados por las diferentes distribuidoras para electricidad y prorrateado aplicando factores a los datos provinciales para gas natural, GLP.*
Alumbrado público	El consumo de alumbrado lo facilita la suministradora eléctrica.
Industria	El consumo energético del sector industrial se toma de los datos de consumo facilitados por las diferentes distribuidoras para electricidad y prorrateado aplicando factores a los datos provinciales para gas natural y GLP.*
TRANSPORTE:	
Flota municipal	La flota municipal son los vehículos del ayuntamiento sin los autobuses de AUVASA. El consumo energético del transporte público se obtiene a partir de los datos de consumo (facturas) de los diferentes Servicios Municipales.
Transporte público	El consumo energético del transporte público se obtiene a partir de los datos de consumo de la empresa municipal AUVASA (http://www.auvasa.es/).
Transporte comercial y privado	La estimación precisa del consumo energético y las emisiones de GEI asociadas al transporte es muy compleja. Uno de los motivos de esta disparidad se debe a que una de las variables usadas para la estimación genera una información estática (ventas minoristas de combustibles de automoción), mientras que las emisiones dependen del patrón de comportamiento de cada consumidor una vez repostado el tanque de combustible. En este caso se obtienen los datos de ventas anuales de combustibles para la provincia de Valladolid de la web de Cores (https://www.cores.es/) y se estima para el municipio prorrateando al 50%. Al no disponer de datos se asume que el mayor número de habitantes de la provincia se compensa por una mayor intensidad energética causada por la dispersión geográfica.

*Para butano, propano y autogas, los datos disponibles son provinciales. Se aplican los siguientes ratios para aproximar el consumo en el municipio de Valladolid: 40% para butano, al ser un consumo doméstico principalmente y disponer el municipio de Valladolid de red de gas natural, el porcentaje estimado es menor que el proporcional a la población total de la provincia; 57% para propano se asume el mismo ratio poblacional porque aunque es un consumo principalmente industrial en el municipio, ya existe red de gas natural; y 2.5% para autogas.

La plantilla SEAP tan sólo recopila datos de autoconsumo renovable solar fotovoltaico en instalaciones municipales, por lo que los datos reales de consumo de energía final a nivel de toda la ciudad serían algo mayores. Sin embargo, en primera aproximación se puede considerar esta contribución prácticamente despreciable dado su pequeña extensión en comparación con el resto de los consumos energéticos actuales, y por otro lado esta omisión no afecta a la estimación de las emisiones directas de GEI.

2.2 Factores de emisión

Por defecto se han usado los factores de emisión de la plantilla SEAP (ver Tabla 2) que se basan en valores estandarizados del IPCC para emisiones de CO₂ equivalente (CO₂e) por tipo de energía final (que incluye por lo tanto CO₂ así como otros GEI como CH₄ y N₂O). Para los biofuels, siguiendo las indicaciones del plantilla SEAP se toma el criterio de que actualmente se están cultivando de forma mayoritariamente insostenible y contribuyendo a la deforestación, ya sea de forma directa mediante la sustitución de bosques por plantaciones, o bien de forma indirecta mediante el desplazamiento de cultivos en países templados (como es el caso de la UE) a otros países para hacer sitio para las plantaciones de biocombustibles que generan las conocidas como las emisiones indirectas (iLUC, indirect land use changes por el acrónimo anglosajón) (European Commission, 2010; Fargione et al., 2008; Haberl et al., 2012; Searchinger et al., 2008; Valin et al., 2015). Es necesario remarcar en este punto que precisamente la importancia de las estimaciones de desplazamientos indirectos de tierras y las emisiones asociadas fueron una de las principales razones por las que la UE paralizó y modificó su política sobre promoción de biocombustibles en los últimos años (T&E, 2016).

En relación a los combustibles fósiles, aunque existe una tendencia a la mejora de eficiencia en los motores de combustión así como en las calderas, se ha tomado un factor constante por simplicidad teniendo en cuenta lo corta que es la serie temporal estudiada, el hecho de que se trata de tecnologías altamente optimizadas y a menudo con poco margen de mejora, así como el hecho de que en algunos casos la supuesta mejora en las eficiencias técnicas de las especificaciones técnicas no se ha producido en realidad. Este es el caso de los vehículos de combustión interna, como pusieron de manifiesto los últimos escándalos del *Dieseldgate* (Archer, 2016): ni siquiera las normas oficiales actuales se cumplen en el funcionamiento real de los vehículos. El análisis de los rendimientos reales realizado por algunos autores (Tietge et al., 2016), por ejemplo, llega a la conclusión de que la eficiencia real de los motores se ha mantenido prácticamente inalterada desde 2010, a pesar de la presión política y normativa para reducir las emisiones y el consumo.

En cuanto a la intensidad de CO₂ de generación eléctrica (ver Figura 3), se ha optado por tomar como aproximación un coeficiente promedio constante tomando como referencia datos nacionales para toda la serie histórica estudiada en este informe con el objetivo de que la variación de este parámetro, que no depende de políticas municipales, no dificulte la interpretación de la evolución histórica. Por otro lado, la desviación respecto del promedio ningún año se desvía más de un 15% de la media de la serie histórica y es probablemente resultado de la variabilidad de recurso hídrico dependiendo de las lluvias de cada año. Como referencia se han tomado datos consolidados publicados por la EEA (<https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/co2-intensity-of-electricity-generation>),

obteniéndose una intensidad de CO2 promedio de 293.2 gCO2/kWh muy próximo a los 0.278 gCO2/kWh incluidos en los inventarios PAES (+5%), por lo que esta hipótesis no afecta significativamente a los resultados mostrados en este informe.

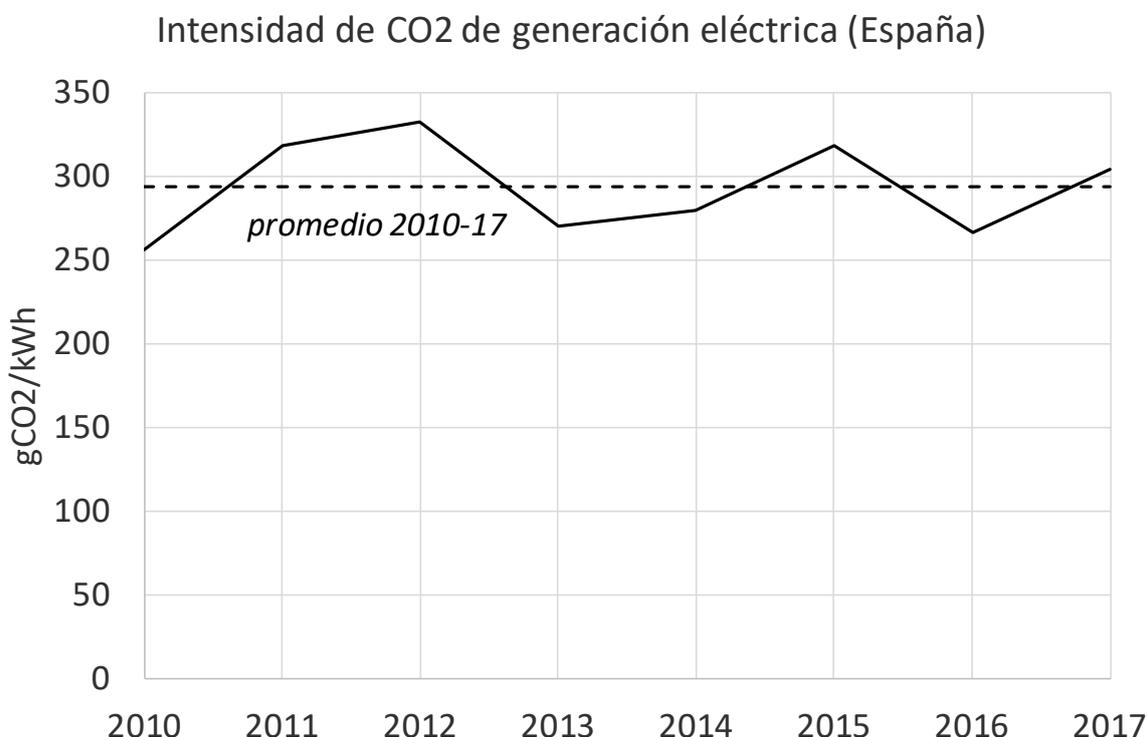


Figura 3: Intensidad de CO2 de generación eléctrica para España (2010-17). Fuente: EEA <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/co2-intensity-of-electricity-generation>

Para el resto de energías renovables se asume un factor de emisión 0 por simplicidad (en todo caso excepto para biomasa, la generación local de energías renovables es en este momento despreciable frente a las emisiones derivadas de los combustibles fósiles).

Tabla 2: Factores de emisión de CO2e por tipo de energía final (tCO2e/MWh). Fuente: plantilla Excel "Sustainable Energy Action Plan (SEAP) template" (<https://www.eumayors.eu/>).

Electricidad	Combustibles fósiles					Energías renovables usadas localmente		
	Gas natural	Gas licuado	Gasoil calefacción	Diésel	Gasolina	Biofuel	Otra biomasa	Resto
0.293	0.202 ^a	0.227 ^a	0.268	0.268	0.25	0.256	0.007	0

^aEste factor sólo incluye las emisiones GEI asociadas a la combustión del gas natural y no incluye los escapes de metano producidas durante su ciclo de vida. En la sección 4 se realiza un análisis de sensibilidad a este factor de emisión.

Los datos de los inventarios recopilados por la AEMVA se pueden encontrar en su web: <https://www.valladolid.es/es/temas/hacemos/agencia-energetica-municipal-aemva/inventario-emisiones>.

3. Resultados: energía y emisiones GEI

Para facilitar el análisis dividimos esta sección en municipio completo (sección 3.1), sector transporte (sección 3.2) y Ayuntamiento (sección 3.3).

3.1. Municipio completo

La Figura 5 muestra los resultados de consumo de energía final y de emisiones para el municipio de Valladolid, en términos totales, por habitante y relativa al total, y la Tabla 3 los valores de la variación total y anual promedio de energía final, energía final per cápita, emisiones GEI y emisiones GEI per cápita así como de sus contribuciones relativas entre los años 2010 y 2019.

La Figura 6 muestra el consumo energético por tipos de energía final (electricidad, gas natural fósil, petróleo, biocombustibles líquidos, biomasa sólida y solar térmica), y la Tabla 4 los valores de la variación total y anual promedio entre los años 2010 y 2019.

El consumo de energía y por lo tanto de emisiones del municipio es directamente dependiente de la población total de éste. La Figura 4 muestra la evolución de la población total de la ciudad (en rojo), que ha caído en 9 años de más de 315,000 habitantes a menos de 300,000. Del mismo modo, la proporción de habitantes de la provincia de Valladolid residentes en el municipio de la capital ha caído de más del 59% a entorno el 57.5%.

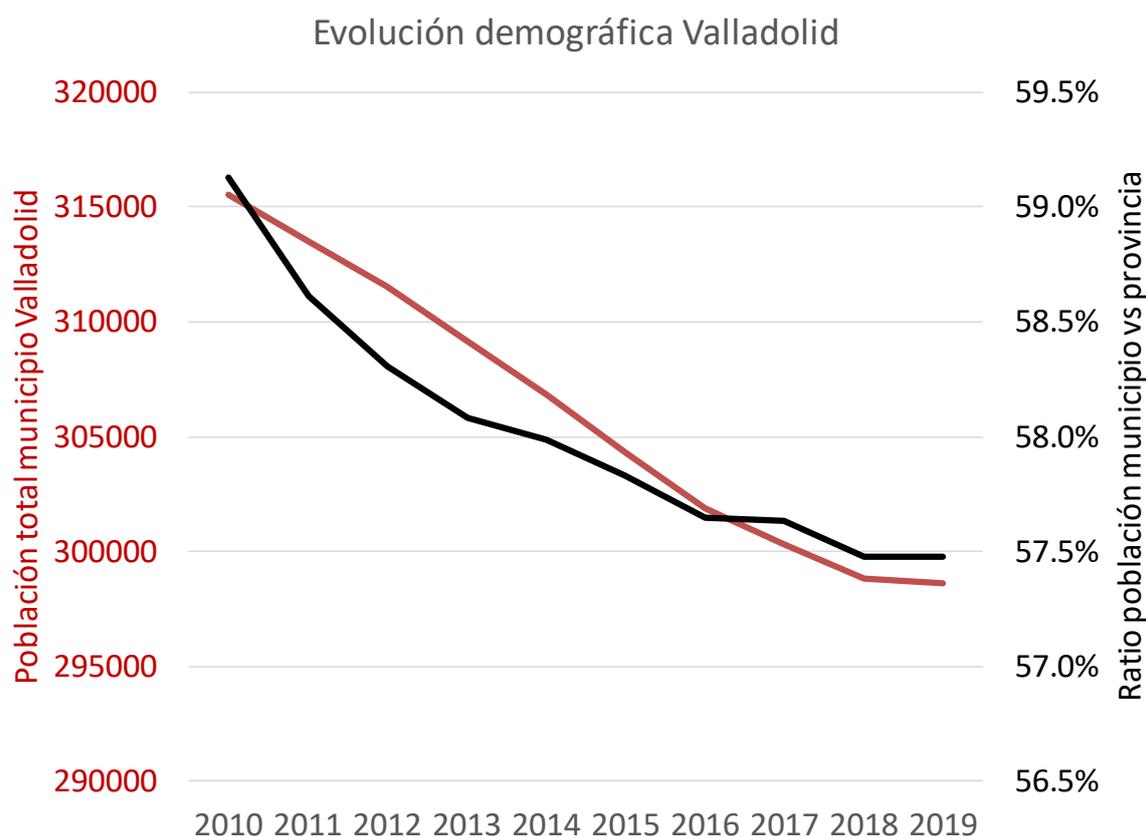


Figura 4: Evolución demográfica de Valladolid (2010-2019). Fuente datos: INE.

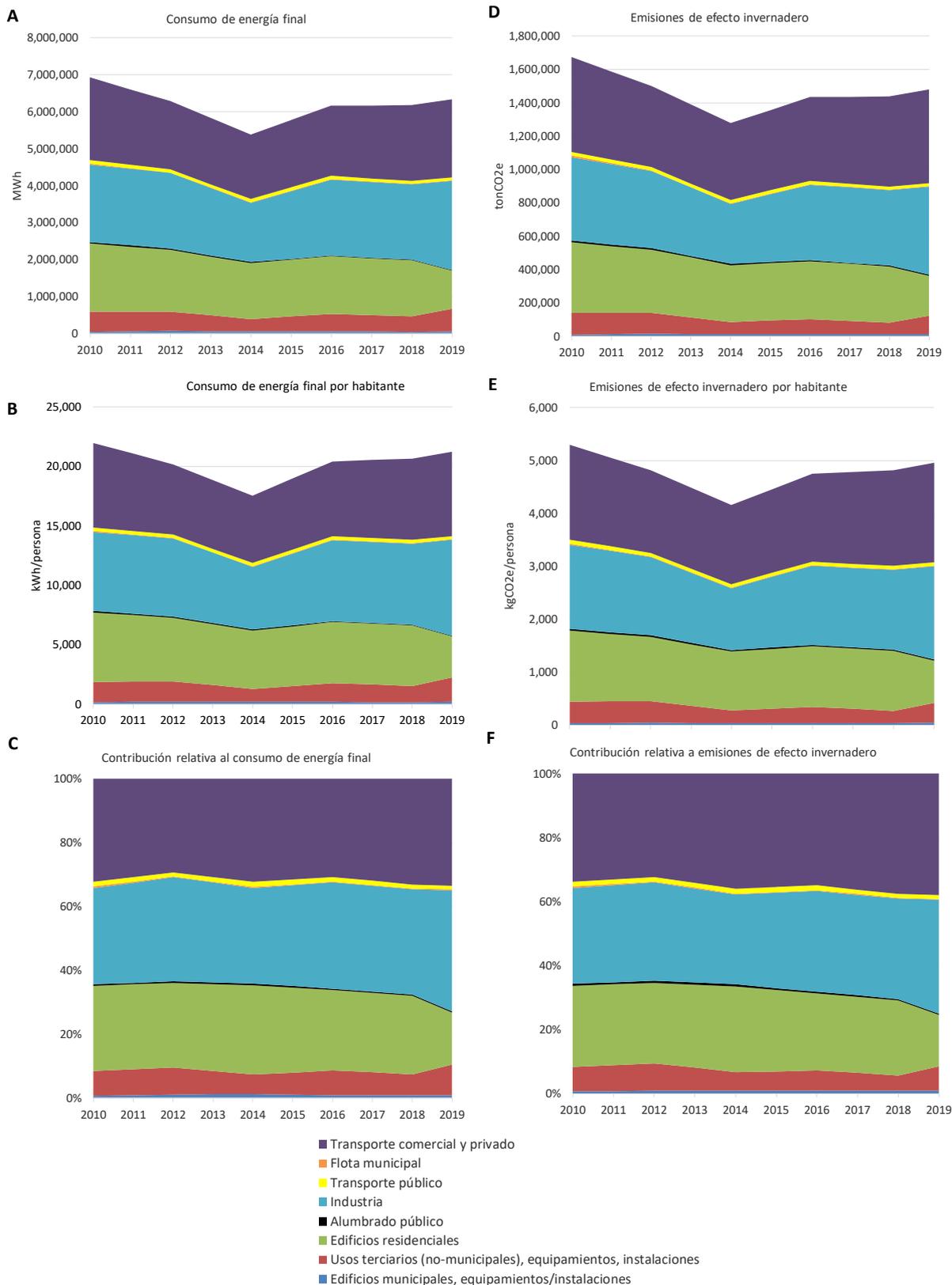


Figura 5: Consumo de energía final total (MWh, panel A), por habitante (kWh/persona, panel B), relativa al total (% panel C) y de emisiones de efecto invernadero totales (toneladas CO₂e, panel D), por habitante (kgCO₂e/persona, panel E) y relativa al total (% panel F).

Tabla 3: Variación total y anual promedio para el periodo estudiado 2010-2019 de energía final, energía final per cápita, emisiones GEI y emisiones GEI per cápita así como de sus contribuciones relativas.

	energía final		energía final per capita		energía final contribución relativa		emisiones GEI		emisiones GEI per capita		emisiones GEI contribución relativa	
	variación total 2010-2019	variación anual promedio (2010-2019)	variación total 2010-2019	variación anual promedio (2010-2019)	variación total 2010-2019	variación anual promedio (2010-2019)	variación total 2010-2019	variación anual promedio (2010-2019)	variación total 2010-2019	variación anual promedio (2010-2019)	variación total 2010-2019	variación anual promedio (2010-2019)
Edificios municipales, equipamientos/instalaciones	31.5%	3.1%	39.1%	3.7%	44.0%	4.1%	21.5%	2.2%	28.5%	2.8%	38.2%	3.7%
Usos terciarios (no-municipales), equipamientos, instalaciones	13.9%	1.5%	20.4%	2.1%	24.7%	2.5%	-13.3%	-1.6%	-8.3%	-1.0%	-1.4%	-0.2%
Edificios residenciales	-43.7%	-6.2%	-40.5%	-5.6%	-38.4%	-5.2%	-43.6%	-6.2%	-40.4%	-5.6%	-35.9%	-4.8%
Alumbrado público	-50.4%	-7.5%	-47.6%	-6.9%	-45.8%	-6.6%	-50.4%	-7.5%	-47.6%	-6.9%	-43.6%	-6.2%
Industria	15.1%	1.6%	21.6%	2.2%	25.9%	2.6%	5.0%	0.5%	11.0%	1.2%	19.4%	2.0%
Flota municipal	-59.0%	-9.4%	-56.7%	-8.9%	-55.2%	-8.5%	-57.2%	-9.0%	-54.8%	-8.4%	-51.3%	-7.7%
Transporte público	-22.9%	-2.8%	-18.5%	-2.2%	-15.6%	-1.9%	-20.7%	-2.5%	-16.2%	-1.9%	-9.8%	-1.1%
Transporte comercial y privado	-6.1%	-0.7%	-0.7%	-0.1%	2.8%	0.3%	-2.3%	-0.3%	3.3%	0.4%	11.1%	1.2%
Subtotal edificios, equipamientos/instalaciones e industrias	-9.2%	-1.1%	-0.4%	-0.1%	-0.6%	-0.1%	13.2%	-0.4%	18.2%	2.8%	15.3%	2.1%
Subtotal transporte	-7.5%	-0.9%	17.9%	2.4%	1.2%	0.1%	-1.8%	-1.4%	2.5%	0.4%	0.0%	0.0%
Total	-8.6%	-1.0%	5.2%	0.7%	0.0%	0.0%	-16.2%	-2.9%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

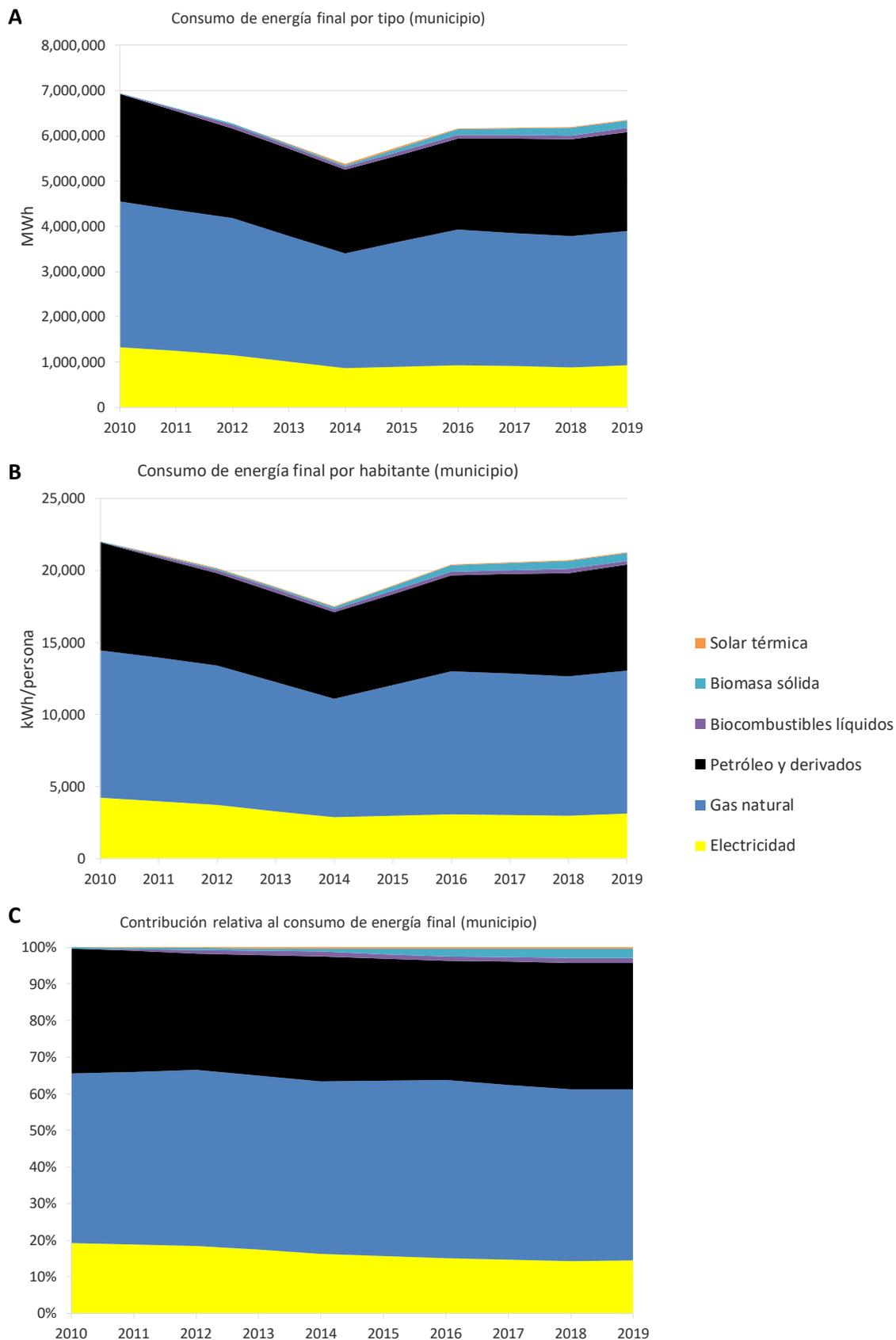


Figura 6: Consumo de energía final por tipo de energía total (MWh, panel A), per cápita (kWh/persona, panel B) y relativa al total (% panel C).

Tabla 4: Variación total y anual promedio para el periodo estudiado 2010-2019 de energía final por tipo.

		Variación total 2010-2019	Variación anual promedio (2010- 2019)
No renovables	Electricidad	-30.5%	-4.0%
	Gas natural	-8.0%	-0.9%
	Petróleo y derivados	-8.3%	-1.0%
Renovables	Biocombustibles líquidos	6004.5%	57.9%
	Biomasa sólida	837.1%	28.2%
	Solar térmica	962.3%	30.0%

De estos resultados se pueden extraer las siguientes observaciones y conclusiones.

En primer lugar, en cuanto a la tendencia general:

- Existe una gran correspondencia entre el consumo de energía final y las emisiones GEI a lo largo del tiempo. Esto se debe a que la práctica totalidad de la energía consumida en la ciudad procede de energías fósiles (derivados del petróleo y del gas natural fósil), siendo el factor de emisión asociado a la electricidad importada también muy elevado dado que una parte del mix eléctrico nacional procede de la quema de carbón con un factor de emisión muy elevado (340-395 tCO₂/MWh según los factores de emisión recopilados en la propia plantilla SEAP) que compensa la parte de generación renovable. Esto se traduce en unas intensidades de CO₂ de la energía prácticamente invariables en el periodo estudiado, con una ligera tendencia a reducirse en el subtotal de edificios, equipamientos/instalaciones e industrias, y tendiendo a aumentar ligeramente en el transporte. El total se queda por debajo ligeramente de 2000 tonCO₂e/kWh.

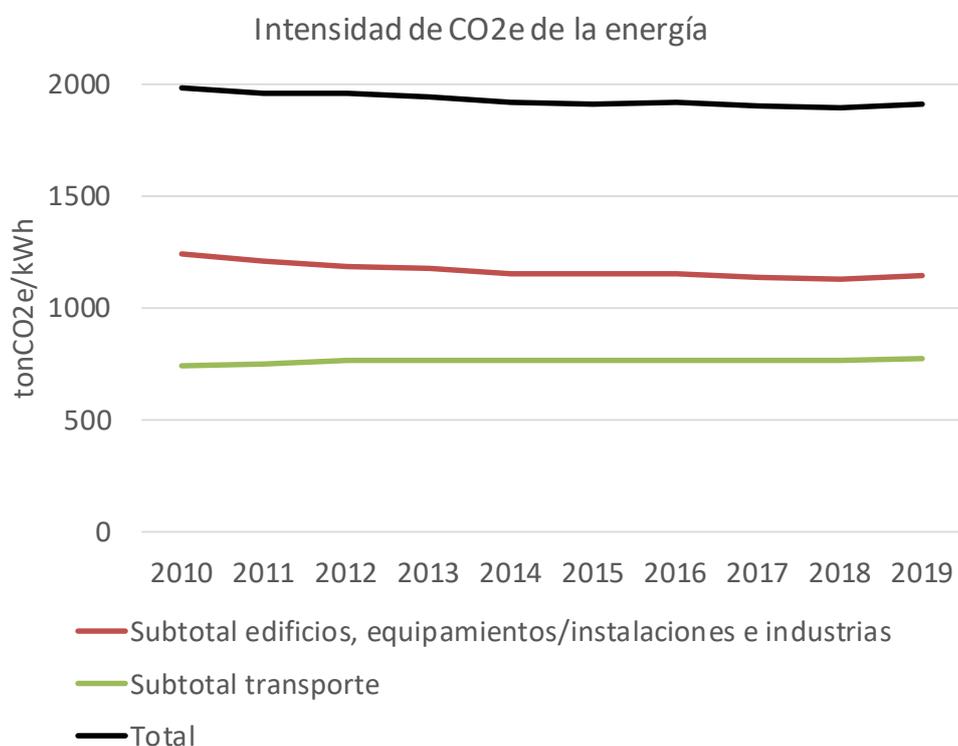


Figura 7: Intensidad de CO₂e de la energía consumida en el municipio de Valladolid.

- La tendencia tanto en energía como en emisiones es de una “U”, partiendo los datos de niveles elevados en el año 2010, alcanzando un mínimo en el año 2014 y volviéndose a incrementar desde entonces. Esta tendencia es más clara en los datos per cápita que no incluyen la influencia de la población decreciente en estos 9 años (-5%). Aunque los niveles alcanzados en 2019 son inferiores a los niveles del año inicial, la tendencia es creciente y éstos podrían alcanzarse en pocos años de nuevo. Esta tendencia en “U” es consecuencia de la crisis económica de 2008-9 y es un patrón común a diferentes escalas geográficas (local, regional, nacional, UE, mundo) visible en numerosas variables macroeconómicas y de demanda (empleo, PIB per capita, movilidad, etc., cf. Figura 8) así como en variables ambientales: la reducción de la actividad económica que implicó la crisis significó una reducción de los impactos ambientales que, vuelta la actividad económica, se vuelven a incrementar.

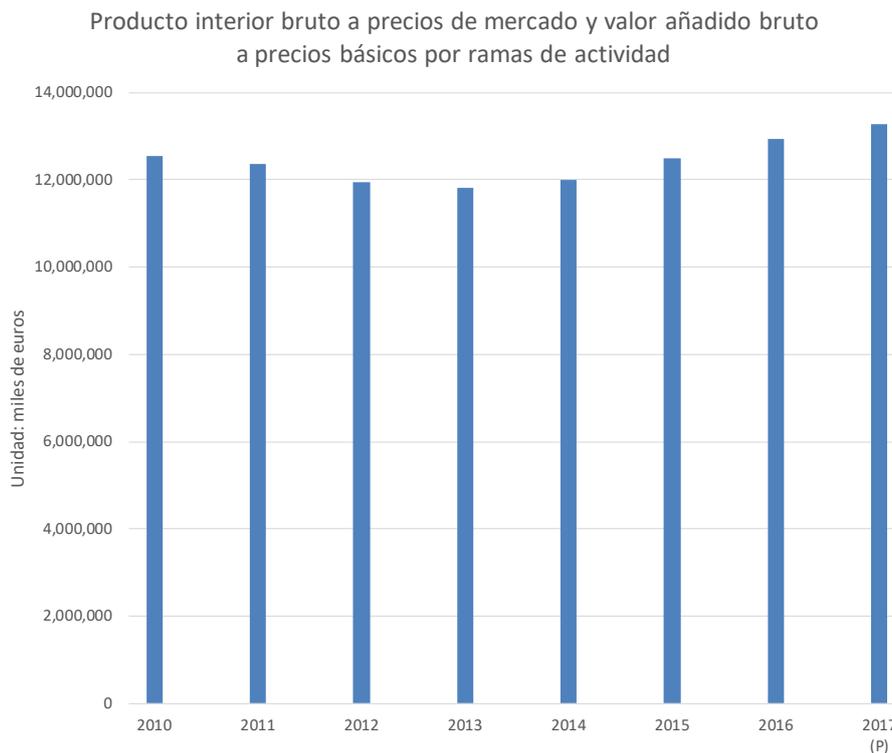


Figura 8: PIB provincial Valladolid para últimos datos disponibles 2010-2017. Fuente: INE.

En cuanto a la contribución sectorial y por tipo de energía final:

- El consumo energético y emisiones asociadas de la ciudad están dominadas por 4 sectores: de mayor a menor según datos de 2019: industria (38%), transporte comercial y privado (33%), edificios residenciales (16%) y sector servicios (10%).
- Estos sectores se abastecen de principalmente 3 fuentes de energía final, de mayor a menor según datos de 2019: gas natural (47%), petróleo y derivados (34%) y electricidad (15%).
- De los 4 sectores principales, los servicios y la industria han mostrado un incremento en la energía total final usada de entorno al 15% en el periodo estudiado, mientras que el sector transporte privado ha reducido un 6% y el sector residencial más de 40%. Teniendo en cuenta la reducción poblacional, la energía final per cápita de los servicios y la industria se ha

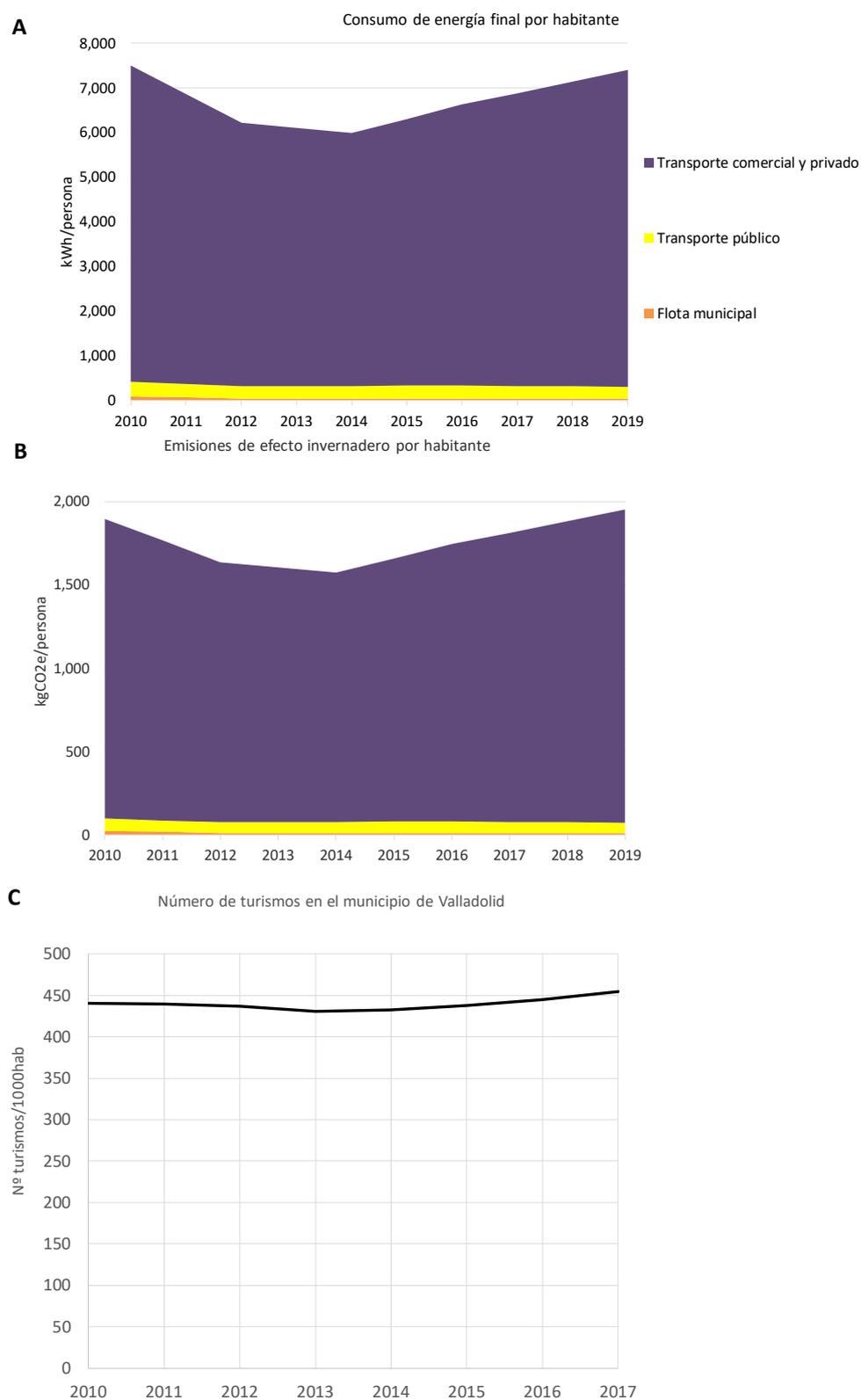
incrementado un 20%, se encuentra en los mismos niveles que en el 2010 para el transporte y para el residencial la reducción alcanzaría prácticamente el 50%.

- En cuanto al consumo de energía residencial, la mayor reducción en los consumos en el año 2019 respecto del año 2010 se refiere al gas natural (-40%) y fueloil (-20%). Dado que la calefacción es una proporción grande de la factura energética de los hogares, es necesario tener en cuenta las temperaturas medias de los inviernos de los años comparados para contextualizar esa reducción tan elevada. La AEMET identifica el invierno con el trimestre diciembre-enero-febrero, por lo que el análisis se complejiza al tener que tener en cuenta datos de 2 años. En este sentido, los inviernos 2009-10 y 2010-11 se caracterizaron por ser bastante más fríos que los correspondientes a los años 2018-2019 y 2019-20 (<https://aemetblog.es/2020/03/18/avance-climatico-nacional-del-invierno-2020/>). Sería necesario un análisis más complejo que el previsto aquí para poder distinguir cuánta de la reducción en el consumo entre los años 2010 y 2019 se deben a mejoras en eficiencia y cuánto a las diferentes temperaturas, además de otros fenómenos como el de la pobreza energética (diferentes niveles de los termostatos) o diferente tipología de hogar. Otras explicaciones pueden apuntar a cambios técnicos como las inversiones en rehabilitación de edificios y eficiencia energética, que han sido una de las principales actividades del sector construcción tras la crisis, o a la introducción de bombas de calor para calefacción.
- De los 3 tipos de energía final principales, en términos per cápita se ha reducido significativamente la demanda de electricidad (-25%), mientras que para el gas natural y petróleo y derivados se ha experimentado una leve reducción (<5%) en el periodo estudiado.
- Las renovables crecen a tasas muy elevadas a consecuencia de incrementar potencia partiendo de niveles muy bajos.

3.2. Sector transporte

Dada la relevancia del sector transporte y la potencial incidencia de las políticas municipales en este sector, exploramos este sector con más detalle. La Figura 9 muestra la evolución de la energía final per cápita, los GEI per cápita y el número de turismos por 1000 habitantes en el municipio de Valladolid. El patrón en U se muestra de nuevo de forma clara, con el valor mínimo en el año 2014 un 25% menor que los máximos del 2010 y 2019. Como se aprecia en los paneles A y B, esta tendencia es además creciente, con crecimientos anuales en los GEI asociados del 4-5% dependiendo del año. A la vista de los datos, esta tendencia se puede explicar por 2 factores a la vista de la evolución del número de turismos por 1000 habitantes en el panel C: (1) por un lado, el número de vehículos en la ciudad está aumentando (habiendo pasado de una media de unos 440 vehículos/1000 habitantes en 2010 al mínimo de 430 en 2014 y situándose por encima de los 450 en el año 2017 -último año con datos disponibles), (2) por otro lado y éste es el factor dominante: los vehículos existentes se están usando más (la reducción en el consumo de energía en el año 2014 (-25%) es mucho mayor que la reducción en el número de vehículos -2.5%). Así pues, la tendencia actual es a un mucho mayor uso de los vehículos existentes combinado con un crecimiento más moderado en el número de vehículos privados. Es necesario tener también presente el método simplificado que se ha usado para derivar el consumo energético asociado al municipio, aplicando un ratio poblacional respecto del total de la provincia. Sin embargo, es conocida la dependencia del turismo privado de las personas que viven en el área metropolitana para desplazarse a la capital tanto para trabajo como ocio (Manzanera Benito, 2019). En este sentido, sería necesario un análisis con detalle geográfico para analizar en más detalle este fenómeno. Sin embargo, es necesario también reconocer la influencia de parámetros externos a

la ciudad e incluso al país, como es la evolución de los precios del petróleo, que se mantuvieron altos en el periodo 2010-2014 y después bajaron significativamente.



Datos correspondiente al mes de diciembre. Fuente: INE y DGT.

Figura 9: Energía final per cápita (panel A), GEI per cápita (panel B) y número de turistas por 1000 habitantes (panel C, últimos datos disponibles 2010-2017 de la [DGT](#) y el [INE](#)) en el municipio de Valladolid.

3.3. Ayuntamiento

El consumo de energía y emisiones asociadas responsabilidad el Ayuntamiento suponen entorno al 3-4%. Para analizar su evolución en detalle es necesario visualizar datos específicos. La Figura 10 y la Figura 11 muestran el consumo de energía final y las emisiones GEI responsabilidad directa del Ayuntamiento de Valladolid. Del análisis de estas figuras se puede concluir que:

- El consumo de energía final responsabilida directa del Ayuntamiento de Valladolid se ha reducido paulatinamente en estos 9 años, alcanzando una reducción acumulada del 20% que ha significado una reducción en las emisiones GEI del 16%.
- Tanto por uso energético como por emisiones GEI el mayor contribuyente municipal es el transporte público, seguido del consumo de los edificios municipales y equipamientos/instalaciones. El alumbrado público ha aumentado su eficiencia

significativamente en este periodo, reduciéndose el consumo energético requerido y emisiones asociadas GEI a la mitad.

- Existen variaciones que se explican por la construcción de nuevos edificios municipales (como es el caso de nuevos Centros Cívicos) o bien por la remunicipalización de empresas como es el caso de AquaVall en 2018 con unos importantes consumos energéticos.

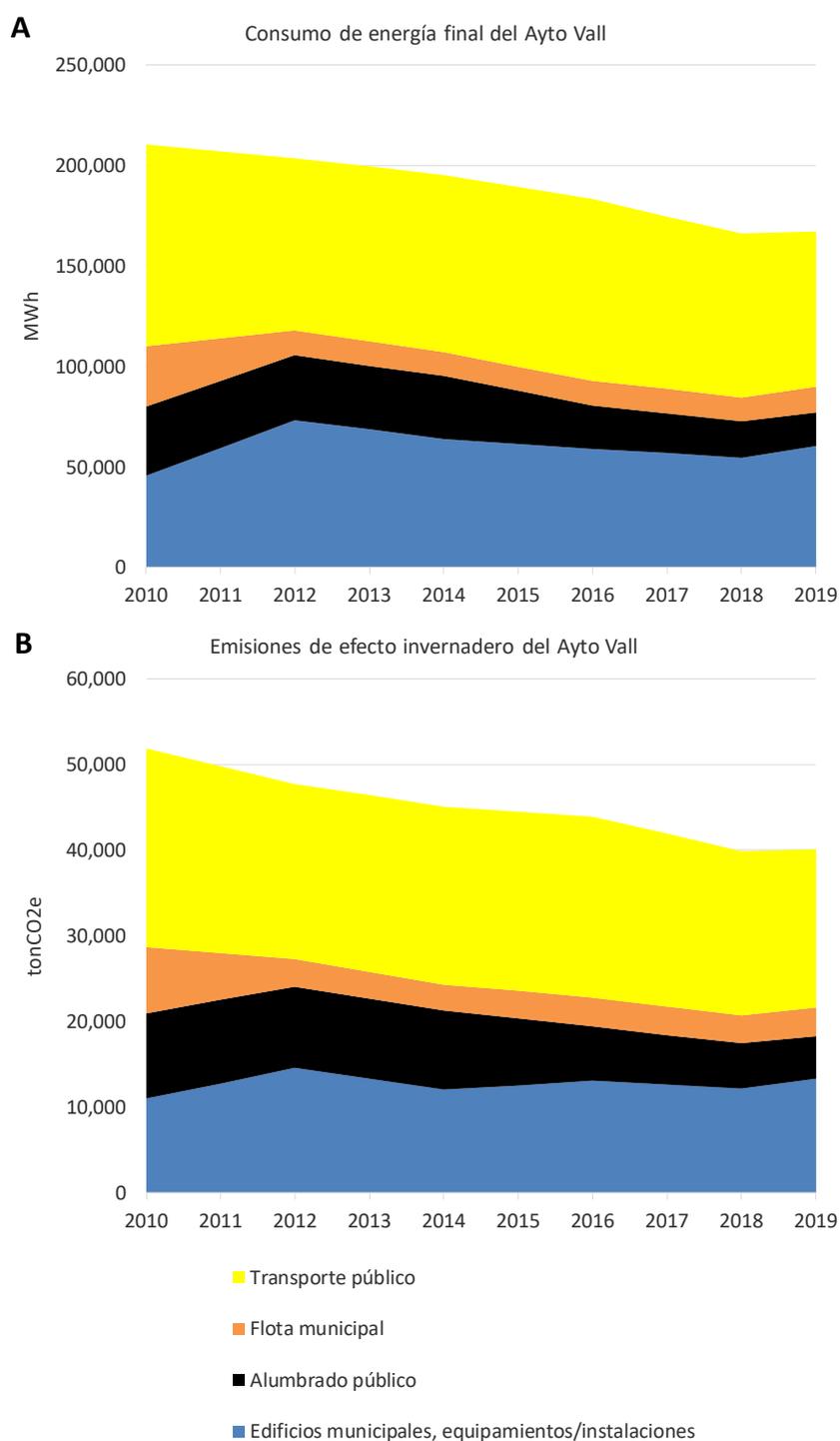


Figura 10: Consumo de energía final y emisiones GEI asociadas responsabilidad directa del Ayuntamiento de Valladolid.

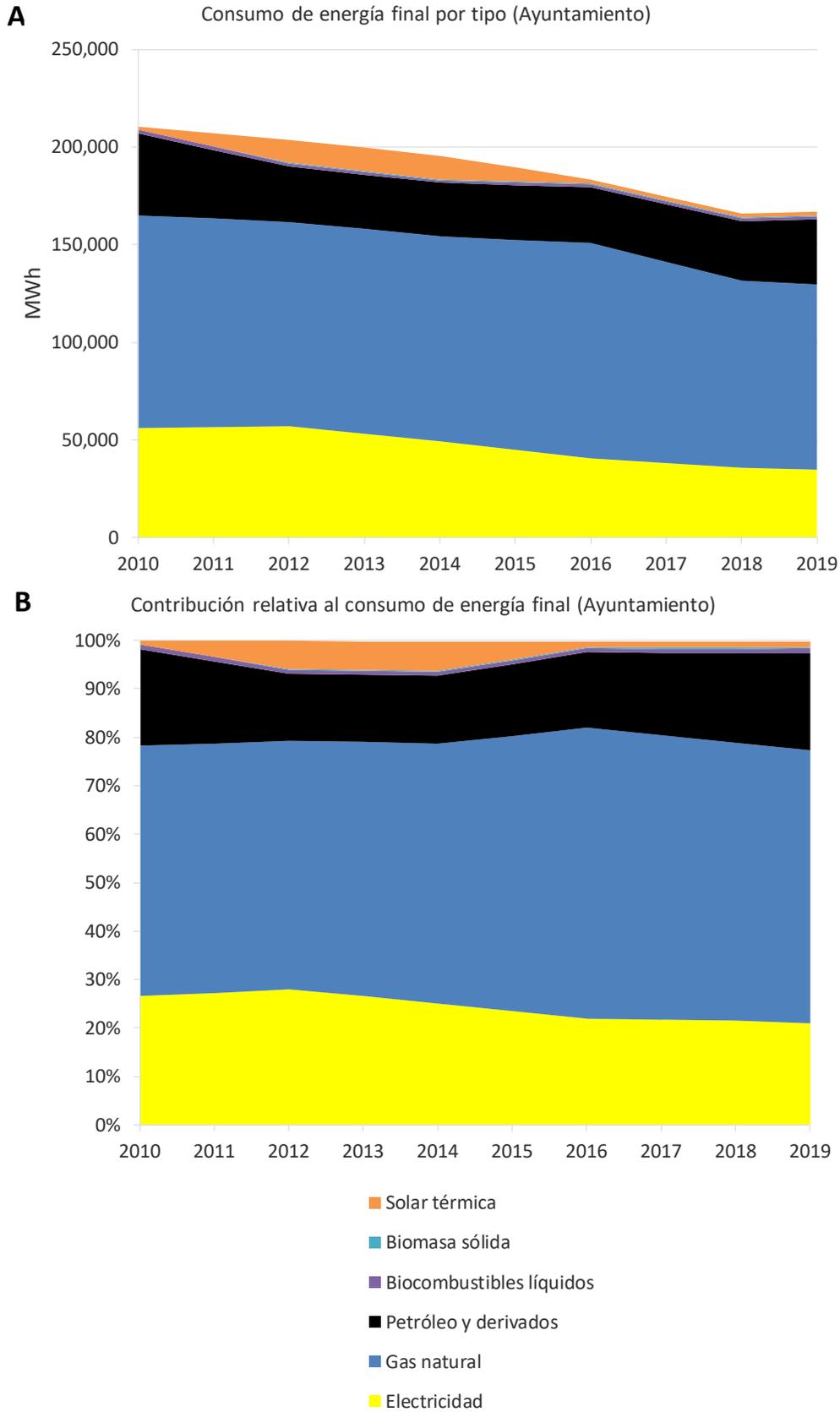


Figura 11: Consumo de energía final por tipo en instalaciones municipales del Ayuntamiento de Valladolid.

4. Contextualización de resultados

A partir de estos resultados se pueden derivar implicaciones importantes.

En primer lugar, es posible realizar una estimación de la reducción anual de emisiones GEI per capita necesarias para cumplir con los Acuerdos de París y el EU Green Deal de descarbonización completa de la economía para el año 2050: -12%/año (ver Figura 12). Es notable que ningún sector de la ciudad que está reduciendo sus emisiones está en estos números (el más cercano sería el alumbrado público con reducciones desde el año 2014 del -11.2%/año seguido del sector residencial que estaría reduciendo a la mitad del ritmo requerido, entorno al -6%/año), y los principales sectores están de hecho incrementando desde 2014 fuertemente sus emisiones como ya hemos visto en la sección anterior (servicios +55%/año, transporte privado +26%/año e industria +8%/año). Dicho en otras palabras, esta reducción a 0 emisiones CO₂e per capita en menos de 30 años equivaldría a que la intensidad de CO₂e de la energía baje también a 0 en el mismo periodo (ver Figura 7).

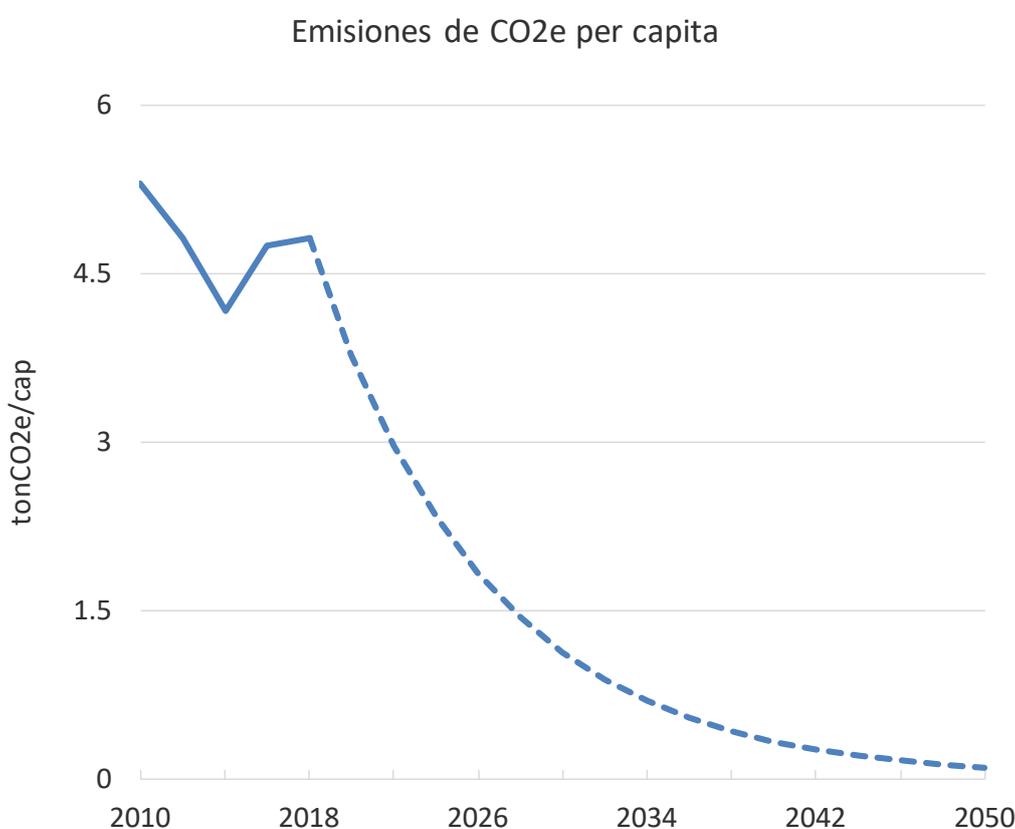


Figura 12: Emisiones de CO₂e per capita 2010-2019 en el municipio de Valladolid (línea continua) y extrapolación exponencial para alcanzar emisiones en el año 2050 (línea punteada).

El gas natural se presenta a menudo como un combustible bajo en carbono. Aunque las emisiones asociadas a su combustión son menores que para otros combustibles derivados del petróleo (10-25% dependiendo de si comparamos gas natural o GLP con diésel o gasolina respectivamente, ver Tabla 2), esta fuente de energía acarrea una serie de problemas en relación a la descarbonización completa de la economía en apenas 30 años:

- Se mantienen el 75-90% de las emisiones GEI de la situación inicial por lo que el potencial de reducción futuro queda comprometido por la larga duración de las inversiones realizadas en equipamiento (calderas), vehículos, centros de distribución, etc.

- Por otro lado, se ha demostrado que los escapes de gas natural durante la fase de extracción, transporte y distribución del gas natural, aún siendo pequeños en término porcentual volumétrico (<5%), tienen un gran impacto en los GEI dado que el metano -principal componente del gas natural- tiene un potencial de calentamiento radiativo (GWP en inglés) unas 30 veces más potente que el CO₂ a 100 años, y más de 80 veces más a corto plazo (20 años) (IPCC, 2013). Este problema ha sido reconocido por la Agencia Internacional de la Energía en su informe World Energy Outlook de 2017 (IEA, 2017) (cf. Capítulo 10 “The Environmental case for natural gas”) y había sido avanzado ya por numerosas investigaciones independientes (Balcombe et al., 2017; Howarth, 2015; Howarth et al., 2011).

La Figura 13 muestra la variación de los resultados de las emisiones per cápita tomando un factor de emisión del gas natural que incluye el calentamiento radiativo adicional de los escapes de metano durante todo su ciclo de vida (estos escapes son marginales para combustibles fósiles líquidos y sólidos). Se toma como referencia el valor medio estimado por (Howarth, 2015) que incrementaría en 0.082 tCO₂e/MWh el valor reflejado en la Tabla 2 para el gas natural y el GLP. Se puede observar que aunque el incremento en las emisiones per cápita para el sector transporte es muy reducido (de entorno +1%), para el resto la diferencia es muy significativa rondando el 24-27% de incremento en las emisiones respecto de los cálculos mostrados en las secciones anteriores tomando como referencia el factor de emisión estándar.

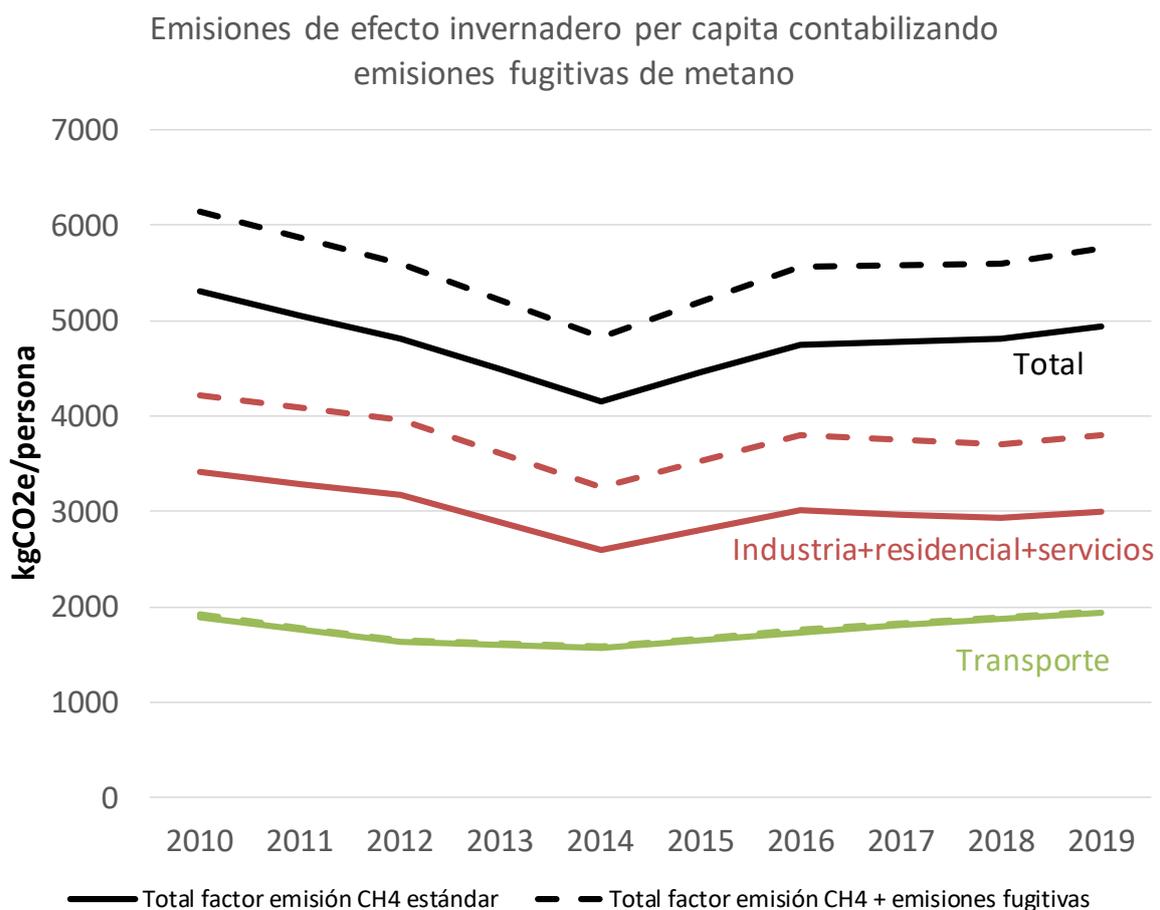


Figura 13: Emisiones GEI per capita sin (líneas continuas) y contabilizando emisiones fugitivas de metano durante su ciclo de vida (líneas discontinuas).

Alternativas al gas natural en el sector residencial incluyen redes de distrito alimentadas por fuentes renovables, bombas de calor, calderas de biomasa con filtros para minimizar el problema de la contaminación atmosférica, geotérmica (Valladolid se encuentra en el área con potencial recurso geotérmico identificado por el IDAE (Guzmán et al., 2011), etc.) Alternativas al gas natural en el sector transporte pesado se encuentran por un lado en los vehículos eléctricos (autobuses y camiones ligeros), mientras que para vehículos pesados la sustitución técnica es más compleja y las alternativas necesitarían de políticas complementarias dirigidas a reducir su demanda, e.g., reutilización de envases o compost de barrio.

Por último, a partir de los consumos energéticos se ha realizado una estimación del gasto energético actual del municipio en energías fósiles. Dado que España no es productor de petróleo ni gas natural fósil, estos recursos son mayoritariamente importados del exterior. Aunque su distribución, refino y transporte generan actividad económica aquí, la mayor parte del gasto se puede asumir que sale de nuestras fronteras en la compra de las materias primas energéticas, y en todo caso sería un gasto innecesario en una economía basada al 100% en energías renovables. Así, esta estimación se puede considerar indicativa de cuánto dinero se quedaría circulando en nuestra economía en lugar de salir de ella.

Se han tomado precios de referencia de importación internacionales para el petróleo de la US EIA (US EIA, 2020), y para el gas natural precios antes de impuestos reportados en EUROSTAT (Eurostat, 2020) para hogares (Gas prices for household consumers - bi-annual data (from 2007 onwards) [nrg_pc_202]) y resto (Gas prices for non-household consumers - bi-annual data (from 2007 onwards) [nrg_pc_203]). El resultado obtenido se muestra en la Figura 14 por tipo de combustible y debe interpretarse cualitativamente y en orden de magnitud pues una estimación precisa necesitaría tener en cuenta diversas especificidades anteriormente mencionadas. Se puede apreciar de nuevo una tendencia en “U” con un periodo inicial 2010-2014 de alto gasto entre 200 y 250 millones de euros, motivado por el mayor consumo así como los altos precios del petróleo en esos años -en el entorno y superior a los 100\$/barrel- (mayor gasto en diésel y gasolina), seguido de un mínimo en 2015-2017 en entorno a 150 millones de euros -coincidiendo con la bajada en el precio del petróleo < 50\$/barril. En los 2 últimos años se ha producido de nuevo un repunte acercándose a los 200 millones de euros. Se trata de cifras significativas en el orden de magnitud por ejemplo del presupuesto municipal anual. Esto demuestra que hay mucho margen para políticas de fiscalidad verde que permitan desplazar este enorme gasto en combustibles fósiles para promover la transición energética en la ciudad hacia el horizonte de un sistema sin emisiones GEI en el futuro.

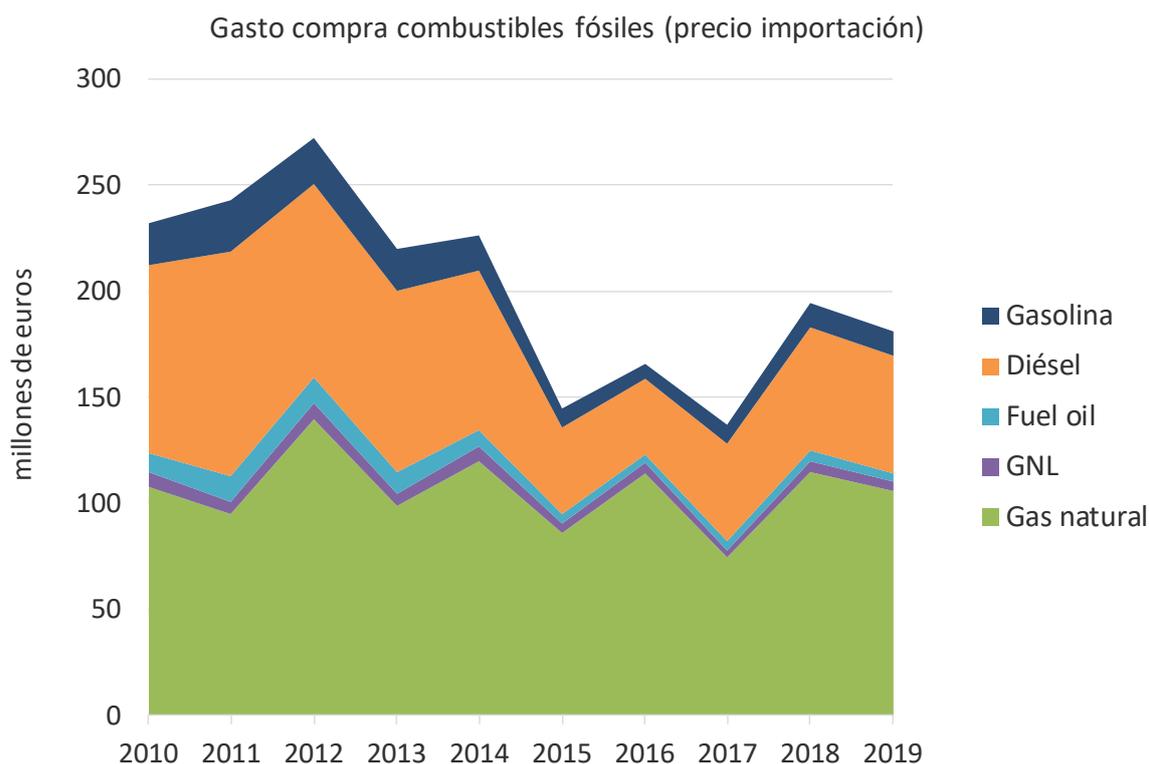


Figura 14: Gasto compra combustibles fósiles dentro del municipio. Estimación propia a partir de los datos de PAES, EUROSTAT y US EIA.

Las principales limitaciones del estudio proceden de la limitación de los datos disponibles. Por un lado, el enfoque territorial del análisis subestima las emisiones de las que el municipio es responsable (por ejemplo, transporte interprovincial, internacional -Aeropuerto-, etc.). Las estimaciones procedentes de aplicar ratios poblacionales a los datos provinciales están sujetas a cierta incertidumbre y por lo tanto deberían de ser interpretadas con cautela. En global, estas limitaciones parecen indicar que los resultados reales de emisiones GEI serían superiores a los mostrados en este informe. Por otro lado, el municipio de Valladolid no funciona de forma aislada, sino que tiene fuertes interrelaciones y dependencias con el alfoz, funcionando como un área funcional único. Esto es obvio en todos los sectores pero especialmente en el del transporte (Manzanera Benito, 2019). Por último, sería recomendable homogeneizar los datos de los Informes de Sostenibilidad publicados por el Ayuntamiento con estos inventarios, pues se han encontrado discrepancias en relación al consumo y producción de energías renovables (por ejemplo para el autoconsumo y venta a red solar eléctrico fotovoltaico). Esto redundaría en un mejor conocimiento acerca de la dinámica de transición de las energías fósiles por renovables en los próximos años.

5. Conclusiones

El presente documento constituye el informe de los inventarios de los GEI para el municipio de Valladolid entre los años 2010 y 2019. Como fuente de datos principal se han usado los inventarios de energía y emisiones que el propio Ayuntamiento ha ido recopilando como uno de los compromisos de la adhesión al Pacto de los Alcaldes (<https://www.eumayors.eu/>) en el año 2011 (Ayto Valladolid, 2012). Asimismo, se reportan la metodología de estimación así como la contextualización de los valores estimados para el municipio de Valladolid. La omisión de algunas fuentes de datos importantes (enfoque territorial e industria sujeta al EU ETS) y las estimaciones procedentes de aplicar ratios poblacionales a los datos provinciales hace que los datos estén sujetas a cierta incertidumbre y por lo

tanto deberían de ser interpretados con cautela. En global, estas limitaciones van en la dirección de la subestimación de las emisiones GEI reales.

De los resultados se podrían destacar principalmente la tendencia actual contraria a los acuerdos de París y los objetivos de la UE. Tras un corto periodo de reducción de uso de energía y emisiones asociadas desde el año 2010, a partir del año 2014 están volviendo a repuntar principalmente en sectores como la industria y el transporte privado y comercial, estando los niveles actuales de CO2 equivalente muy próximos a los del año 2010. Se estiman unas reducciones de emisiones anuales necesarias de entorno al 12% para poder alcanzar 0 emisiones en el año 2050. Ningún sector de la ciudad de los que están reduciendo emisiones se acerca actualmente a este ratio.

Son necesarias por lo tanto medidas políticas fuertes y transformadoras para revertir esta situación. Las emisiones GEI de las que el Ayuntamiento es directamente responsable son una minoría (<5%), y aunque han evolucionado favorablemente lo han hecho a ritmos insuficientes con los objetivos comprometidos de reducción de emisiones GEI. En todo caso su papel más decisivo es en la formación de políticas que, complementarias a las de otros niveles competenciales (UE, Estado, JCyL, Provincia) incentiven y promueva la transición energética (cf. (Energy Cities, 2017)). Es también fundamental para realizar un diagnóstico detallado de la situación e informar la futura planificación disponer de datos integrados a nivel de área metropolitana pues el municipio de Valladolid funciona con el alfoz como una única entidad.

Anexos

(ver siguientes páginas)

Tabla A1: Consumo de energía final por sector.

Categoría	Consumo de energía final							MWh		
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Edificios municipales, equipamientos/instalaciones	45932.8	59549.4	73166.1	68564.4	63962.8	61426.2	58889.7	56816.0	54742.4	60423.3
Usos terciarios (no-municipales), equipamientos, instalaciones	542223.5	534742.3	527261.0	430396.4	333531.9	403889.5	474247.1	445671.9	417096.6	617619.8
Edificios residenciales	1849342.2	1758279.8	1667217.4	1584618.2	1502018.9	1529809.9	1557600.9	1540298.8	1522996.6	1041167.9
Alumbrado público	34032.6	33234.6	32436.6	31924.2	31411.7	26512.1	21612.4	19780.4	17948.5	16864.0
Industria	2091778.4	2066610.2	2041442.0	1825935.3	1610428.5	1830402.0	2050375.5	2045691.2	2041007.0	2406646.2
Flota municipal	30331.9	21267.5	12203.1	11893.3	11583.5	12068.4	12553.3	12316.9	12080.5	12422.4
Transporte público	100232.8	93047.4	85862.1	87142.5	88422.9	89372.7	90322.6	85742.7	81162.8	77269.7
Transporte comercial y privado	2235380.0	2037688.6	1839997.2	1787655.1	1735313.1	1815965.1	1896617.2	1967642.0	2038666.8	2098785.6
Generación venta a red fotovoltaica Ayto	97.4	208.5	319.6	349.0	378.3	436.5	494.8	452.9	411.0	379.9
Subtotal edificios, equipamientos/instalaciones e industrias	4563309.4	4452416.3	4341523.1	3941438.5	3541353.8	3852039.7	4162725.6	4108258.3	4053791.0	4142721.2
Subtotal transporte	2365944.7	2152003.5	1938062.4	1886690.9	1835319.5	1917406.3	1999493.1	2065701.6	2131910.1	2188477.6
Total	6929351	6604628	6279905	5828478	5377052	5769883	6162714	6174413	6186112	6331579

Tabla A2: Emisiones de efecto invernadero por sector.

Categoría	Emisiones de efecto invernadero							tonCO ₂ e		
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Edificios municipales, equipamientos/instalaciones	10953.5	12759.6	14565.8	13297.0	12028.2	12544.7	13061.2	12612.1	12163.1	13313.5
Usos terciarios (no-municipales), equipamientos, instalaciones	128749.6	128369.7	127989.8	101069.1	74148.4	82216.5	90284.6	79817.0	69349.5	111635.7
Edificios residenciales	423809.2	399800.2	375791.3	358070.6	340349.9	343419.7	346489.5	342532.7	338576.0	238935.1
Alumbrado público	9978.4	9744.4	9510.4	9360.2	9209.9	7773.3	6336.8	5799.6	5262.5	4944.5
Industria	501729.2	481903.0	462076.7	410338.6	358600.6	405588.8	452577.0	451580.2	450583.5	526803.3
Flota municipal	7713.0	5485.6	3258.2	3175.3	3092.5	3221.9	3351.2	3287.8	3224.4	3300.8
Transporte público	23296.2	21864.4	20432.6	20603.0	20773.3	20992.0	21210.7	20230.2	19249.6	18469.9
Transporte comercial y privado	566298.6	526204.3	486110.0	472463.5	458817.1	480271.3	501725.6	520573.1	539420.7	553222.0
Subtotal edificios, equipamientos/instalaciones e industrias	1075219.8	1032576.9	989934.0	892135.5	794337.0	851543.0	908749.0	892341.7	875934.5	895632.1
Subtotal transporte	597307.8	553554.3	509800.7	496241.8	482682.9	504485.2	526287.6	544091.1	561894.7	574992.7
Total	1672528	1586131	1499735	1388377	1277020	1356028	1435037	1436433	1437829	1470625
Ayuntamiento Valladolid	51941	49854	47767	46435	45104	44532	43960	41930	39900	40062

Tabla A3: Intensidad de CO2 de la energía por sector y variaciones total y acumuladas en el periodo 2010-2019.

Categoría	Intensidad de CO2 de la energía										tonCO2e/kWh	
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Variación 2010-2019	Variación annual media 2010-2019
Edificios municipales, equipamientos/instalaciones	238.5	214.3	199.1	193.9	188.0	204.2	221.8	222.0	222.2	220.3	-7.6%	-1.0%
Usos terciarios (no-municipales), equipamientos, instalaciones	237.4	240.1	242.7	234.8	222.3	203.6	190.4	179.1	166.3	180.8	-23.9%	-3.4%
Edificios residenciales	229.2	227.4	225.4	226.0	226.6	224.5	222.5	222.4	222.3	229.5	0.1%	0.0%
Alumbrado público	293.2	293.2	293.2	293.2	293.2	293.2	293.2	293.2	293.2	293.2	0.0%	0.0%
Industria	239.9	233.2	226.3	224.7	222.7	221.6	220.7	220.7	220.8	218.9	-8.7%	-1.1%
Flota municipal	254.3	257.9	267.0	267.0	267.0	267.0	267.0	266.9	266.9	265.7	4.5%	0.6%
Transporte público	232.4	235.0	238.0	236.4	234.9	234.9	234.8	235.9	237.2	239.0	2.8%	0.4%
Transporte comercial y privado	253.3	258.2	264.2	264.3	264.4	264.5	264.5	264.6	264.6	263.6	4.0%	0.5%
Subtotal edificios, equipamientos/instalaciones e industrias	1238.1	1208.1	1186.8	1172.7	1152.8	1147.1	1148.5	1137.4	1124.7	1142.7	-3.7%	-0.6%
Subtotal transporte	740.0	751.1	769.2	767.7	766.3	766.3	766.3	767.4	768.7	768.3	0.2%	0.0%
Total	1978.2	1959.2	1955.9	1940.4	1919.1	1913.4	1914.9	1904.8	1893.4	1911.0	-2.2%	-0.4%

Referencias

- Anderson, K., Bows, A., 2012. A new paradigm for climate change. *Nature Clim. Change* 2, 639–640. <https://doi.org/10.1038/nclimate1646>
- Archer, G., 2016. Dieselgate: Who? What? How? *Transport & environment*. <https://www.transportenvironment.org/publications/dieselgate-who-what-how>.
- Arto, I., Capellán-Pérez, I., Lago, R., Bueno, G., Bermejo, R., 2016. The energy requirements of a developed world. *Energy for Sustainable Development* 33, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.esd.2016.04.001>
- Ayto Valladolid, 2012. Plan de Acción para la Energía Sostenible Valladolid a 2020. Ayuntamiento de Valladolid. Área de Desarrollo Sostenible y Coordinación Territorial. <https://www.valladolid.es/en/proyectos-estrategicos/paes>.
- Balcombe, P., Anderson, K., Speirs, J., Brandon, N., Hawkes, A., 2017. The Natural Gas Supply Chain: The Importance of Methane and Carbon Dioxide Emissions. *ACS Sustainable Chem. Eng.* 5, 3–20. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.6b00144>
- Covenant of Mayors & European Commission, 2014. Reporting Guidelines on Sustainable Energy Action Plan and Monitoring (No. version 1.0). Covenant of Mayors Office & Joint Research Centre of the European Commission.
- Daily, G., 1997. *Nature's services: societal dependence on natural ecosystems*, Island Press. ed. Island Press, Washington DC (USA).
- Energy Cities, 2017. Local energy ownership in Europe. An exploratory study of local public initiatives in France, Germany and the United Kingdom (No. <https://energy-cities.eu/publication/local-energy-ownership-in-europe/>). energycities with the support of ADEME.
- European Commission, 2010. REPORT FROM THE COMMISSION on indirect land-use change related to biofuels and bioliquids (No. COM(2010) 811 final).
- Eurostat, 2020. Eurostat Database. European Commission, <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/eurostat/home/>.
- Fargione, J., Hill, J., Tilman, D., Polasky, S., Hawthorne, P., 2008. Land Clearing and the Biofuel Carbon Debt. *Science* 319, 1235–1238. <https://doi.org/10.1126/science.1152747>
- Guzmán, J., López, L., Robles, L., 2011. Evaluación del potencial de energía geotérmica. Estudio Técnico PER 2011-2020. Jaume Margarit i Roset, Director de Energías Renovables de IDAE, Madrid 16.
- Haberl, H., Sprinz, D., Bonazountas, M., Cocco, P., Desaubies, Y., Henze, M., Hertel, O., Johnson, R.K., Kastrup, U., Laconte, P., Lange, E., Novak, P., Paavola, J., Reenberg, A., van den Hove, S., Vermeire, T., Wadhams, P., Searchinger, T., 2012. Correcting a fundamental error in greenhouse gas accounting related to bioenergy. *Energy Policy* 45, 18–23. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.02.051>
- Howarth, R.W., 2015. Methane emissions and climatic warming risk from hydraulic fracturing and shale gas development: implications for policy. *Energy and Emission Control Technologies* 3, 45–54.
- Howarth, R.W., Santoro, R., Ingraffea, A., 2011. Methane and the greenhouse-gas footprint of natural gas from shale formations. *Climatic Change* 106, 679–690. <https://doi.org/10.1007/s10584-011-0061-5>
- IEA, 2017. *World Energy Outlook 2017*. OECD / IEA, Paris.
- IPCC, 2014. *Climate Change 2014: Synthesis Report*. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press. ed. Cambridge, United Kingdom and New York, USA.
- IPCC, 2013. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2013. Cambridge University Press, <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>.

- Kona, A., Melica, G., Bertoldi, P., Rivas Calvete, S., Koffi, B., Iancu, A., Zancanella, P., Janssens-Maenhout, G., Dallemand, J.-F., 2017. Covenant of Mayors in Figures: 8-year Assessment (EUR - Scientific and Technical Research Reports). Publications Office of the European Union.
- Lenton, T.M., Held, H., Kriegler, E., Hall, J.W., Lucht, W., Rahmstorf, S., Schellnhuber, H.J., 2008. Tipping elements in the Earth's climate system. *PNAS* 105, 1786–1793. <https://doi.org/10.1073/pnas.0705414105>
- Levin, S.A., Carpenter, S.R., Godfray, H.C.J., Kinzig, A.P., Loreau, M., Losos, J.B., Walker, B., Wilcove, D.S., 2009. *The Princeton guide to ecology*. Princeton University Press, Princeton, N.J. (USA).
- Manzanera Benito, G., 2019. Evaluación del sistema movilidad-territorio en el área funcional de Valladolid. Trabajo Fin de Máster (Universidad de Valladolid) <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/39936>.
- MEA, 2005. Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-being: Scenarios, Global Assessment Reports. Island Press, Washington DC (USA).
- MTERD, 2020. Informe de inventario nacional gases de efecto invernadero. Comunicación al Secretariado de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático (No. Edición 2020 (serie 1990-2018)). Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.
- O'Neill, D.W., Fanning, A.L., Lamb, W.F., Steinberger, J.K., 2018. A good life for all within planetary boundaries. *Nature Sustainability* 1, 88. <https://doi.org/10.1038/s41893-018-0021-4>
- Parrique, T., Barth, J., Briens, F., Kerschner, C., Kraus-Polk, A., Kuokkanen, A., Spangenberg, J.H., 2019. Decoupling debunked - Evidence and arguments against green growth as a sole strategy for sustainability. European Environmental Bureau (EEB), Brussels, Belgium.
- Peters, G.P., Minx, J.C., Weber, C.L., Edenhofer, O., 2011. Growth in emission transfers via international trade from 1990 to 2008. *PNAS* 108, 8903–8908. <https://doi.org/10.1073/pnas.1006388108>
- Schneider, S.H., Morton, L., 1981. *The Primordial Bond Exploring Connections Between Man and Nature Through the Humanities and Sciences*. Plenum Press, New York.
- Searchinger, T., Heimlich, R., Houghton, R.A., Dong, F., Elobeid, A., Fabiosa, J., Tokgoz, S., Hayes, D., Yu, T.-H., 2008. Use of U.S. Croplands for Biofuels Increases Greenhouse Gases Through Emissions from Land-Use Change. *Science* 319, 1238–1240. <https://doi.org/10.1126/science.1151861>
- Steffen, W., Broadgate, W., Deutsch, L., Gaffney, O., Ludwig, C., 2015a. The trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration. *The Anthropocene Review* 2, 81–98. <https://doi.org/10.1177/2053019614564785>
- Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S.E., Fetzer, I., Bennett, E.M., Biggs, R., Carpenter, S.R., Vries, W. de, Wit, C.A. de, Folke, C., Gerten, D., Heinke, J., Mace, G.M., Persson, L.M., Ramanathan, V., Reyers, B., Sörlin, S., 2015b. Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science* 347, 1259855. <https://doi.org/10.1126/science.1259855>
- T&E, 2016. Globiom: the basis for biofuel policy post-2020 (No. <https://www.transportenvironment.org/publications/globiom-basis-biofuel-policy-post-2020>. Traducción al español disponible en: <https://www.ecologistasenaccion.org/32840/>.) Transport & Environment.
- Tietge, U., Diaz, S., Mock, P., German, J., Bandivadekar, A., Ligterink, N.E., 2016. From Laboratory to Road. A 2016 update of official and real-world fuel consumption and CO2 values for passenger cars in Europe (White Paper). International Council on Clean Transportation Europe.
- US EIA, 2020. Short-Term Energy Outlook (STEO). US Energy Information and Administration.
- Valin, H., Peters, D., van den Berg, M., Frank, S., Havlik, P., Forsell, N., Hamelinck, C., Pirker, J., Mosnier, A., Balkovic, J., others, 2015. The land use change impact of biofuels consumed in the EU: Quantification of area and greenhouse gas impacts.