

Huella de carbono de los municipios de Andalucía 2021





Huella de Carbono de los municipios de Andalucía, 2021

Oficina Andaluza de Cambio Climático

Secretaría General de Medio Ambiente y Cambio Climático
Consejería de Sostenibilidad y Medio Ambiente.

Enero 2025

Índice

Datos relevantes	7
1. LA OBSERVACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN ANDALUCÍA	9
1.1. Coherencia externa de la regulación de las emisiones de CO ₂	11
1.1.1. El acuerdo de París	11
1.1.2 Normativa europea	12
1.1.3 Normativa nacional	12
1.1.4 Normativa andaluza	13
2. METODOLOGÍA DEL INFORME	15
2.1 Gases de efecto invernadero	15
2.2 Cálculo de las emisiones GEI	16
2.3 Sectores emisores	17
2.4 Metodología de cálculo en la elaboración del informe	19
3. EVOLUCIÓN DE LAS EMISIONES	21
3.1 Emisiones totales en Andalucía	21
3.2 Emisiones desagregadas por provincias	23
3.2.1 Evolución de las emisiones provinciales 2005-2021	24
3.3 Estructura y origen de las emisiones	43
3.3.1 Consumo eléctrico	48
3.3.2 Instalaciones fijas	50
3.3.3 Transporte	52
3.3.4 Residuos	53
3.3.5 Aguas residuales	55
3.3.6 Gases Fluorados	56
3.3.7 Agricultura	58
3.3.8 Ganadería	59
3.4 Análisis municipal de las emisiones	62
3.4.1 Emisiones per cápita en el ámbito municipal	70
3.5 Capacidad de sumidero	73
3.5.1 Capacidad de sumidero por provincia	75
3.5.2 Capacidad de sumidero por superficie	77
3.6 Energías renovables	83
3.6.1 Consumo de energías renovables por provincias	83
3.6.2 Consumo de energías renovables por fuentes	85
3.6.3 Contexto municipal de las energías renovables	86
4. GLOSARIO Y ACRÓNIMOS DE REFERENCIA	97
4.1 Glosario	97
4.2 Acrónimos	97

Índice de gráficos

Gráfico 1. Índice de Calentamiento Global Andalucía, 1951-2021.	10
Gráfico 2. Evolución de las emisiones GEI (tCO ₂ -eq) en Andalucía 2005-2021.	21
Gráfico 3. Evolución de las emisiones GEI frente al PIB en Andalucía.	22
Gráfico 4. Participación provincial en las emisiones GEI en Andalucía, 2021.	23
Gráfico 5. Evolución provincial de las emisiones globales y per cápita en Andalucía en el periodo 2005-2021.	25
Gráfico 6. Emisiones (tCO ₂ -eq) en Almería por sectores 2021.	28
Gráfico 7. Evolución de las emisiones (tCO ₂ -eq) en Almería en el periodo 2005-2021.	28
Gráfico 8. Emisiones per cápita (tCO ₂ -eq/habitante) en Almería por sectores, 2021.	28
Gráfico 9. Emisiones (tCO ₂ -eq) en Cádiz por sectores 2021.	30
Gráfico 10. Evolución de las emisiones (tCO ₂ -eq) en Cádiz en el periodo 2005-2021.	30
Gráfico 11. Emisiones per cápita (tCO ₂ -eq/habitante) en Cádiz por sectores, 2021.	30
Gráfico 12. Emisiones (tCO ₂ -eq) en Córdoba por sectores 2021.	32
Gráfico 13. Evolución de las emisiones (tCO ₂ -eq) en Córdoba en el periodo 2005-2021.	32
Gráfico 14. Emisiones per cápita (tCO ₂ -eq/habitante) en Córdoba por sectores, 2021.	32
Gráfico 15. Emisiones (tCO ₂ -eq) en Granada por sectores 2021.	34
Gráfico 16. Evolución de las emisiones (tCO ₂ -eq) en Granada en el periodo 2005-2021.	34
Gráfico 17. Emisiones per cápita (tCO ₂ -eq/habitante) en Granada por sectores, 2021.	34
Gráfico 18. Emisiones (tCO ₂ -eq) en Huelva por sectores 2021.	36
Gráfico 19. Evolución de las emisiones (tCO ₂ -eq) en Huelva en el periodo 2005-2021.	36
Gráfico 20. Emisiones per cápita (tCO ₂ -eq/habitante) en Huelva por sectores, 2021.	36
Gráfico 21. Emisiones (tCO ₂ -eq) en Jaén por sectores 2021.	38
Gráfico 22. Evolución de las emisiones (tCO ₂ -eq) en Jaén en el periodo 2005-2021.	38
Gráfico 23. Emisiones per cápita (tCO ₂ -eq/habitante) en Jaén por sectores, 2021.	38
Gráfico 24. Emisiones (tCO ₂ -eq) en Málaga por sectores 2021.	40
Gráfico 25. Evolución de las emisiones (tCO ₂ -eq) en Málaga en el periodo 2005-2021.	40
Gráfico 26. Emisiones per cápita (tCO ₂ -eq/habitante) en Málaga por sectores, 2021.	40
Gráfico 27. Emisiones (tCO ₂ -eq) en Sevilla por sectores 2021.	42
Gráfico 28. Evolución de las emisiones (tCO ₂ -eq) en Sevilla en el periodo 2005-2021.	42
Gráfico 29. Emisiones per cápita (tCO ₂ -eq/habitante) en Sevilla por sectores, 2021.	42
Gráfico 30. Emisiones andaluzas (tCO ₂ -eq) por sectores en 2021.	43
Gráfico 31. Distribución de las emisiones andaluzas por sectores en 2021.	44
Gráfico 32. Aporte sectorial per cápita(tCO ₂ -eq/habitante) a las emisiones andaluzas, 2021.	44
Gráfico 33. Evolución de las emisiones del consumo eléctrico, instalaciones fijas y transporte (tCO ₂ -eq) en el periodo 2005-2021.	46
Gráfico 34. Evolución de las emisiones per cápita del consumo eléctrico, instalaciones fijas y transporte (tCO ₂ -eq/habitante) en el periodo 2005-2021.	48
Gráfico 35. Emisiones procedentes del consumo eléctrico (tCO ₂ -eq) por sectores en 2021.	49
Gráfico 36. Evolución de las emisiones por consumo eléctrico (tCO ₂ -eq) en el periodo 2005-2021.	50
Gráfico 37. Emisiones procedentes de las instalaciones fijas por combustibles (tCO ₂ -eq) en 2021.	51
Gráfico 38. Evolución de las emisiones de las instalaciones fijas (tCO ₂ -eq) en el periodo 2005-2021.	51

Gráfico 39. Emisiones (tCO ₂ -eq) procedentes del transporte por tipología de vehículos en 2021.	52
Gráfico 40. Evolución de las emisiones del transporte (tCO ₂ -eq) en el periodo 2005-2021.	53
Gráfico 41. Emisiones procedentes del tratamiento de residuos (tCO ₂ -eq) en 2021.	54
Gráfico 42. Evolución de las emisiones del tratamiento de residuos (tCO ₂ -eq) en el periodo 2005-2021.	54
Gráfico 43. Emisiones procedentes del tratamiento de las aguas residuales (tCO ₂ -eq) en 2021.	55
Gráfico 44. Evolución de las emisiones del tratamiento de aguas residuales (tCO ₂ -eq) en el periodo 2005-2021.	56
Gráfico 45. Emisiones procedentes de gases fluorados (tCO ₂ -eq) en 2021.	57
Gráfico 46. Evolución de las emisiones de los gases fluorados (tCO ₂ -eq) en el periodo 2005-2021.	57
Gráfico 47. Emisiones procedentes de la agricultura (tCO ₂ -eq) en 2021.	58
Gráfico 48. Evolución de las emisiones de la agricultura (tCO ₂ -eq) en el periodo 2005-2021.	59
Gráfico 49. Emisiones procedentes de la ganadería (tCO ₂ -eq) en 2021.	60
Gráfico 50. Evolución de las emisiones de la ganadería (tCO ₂ -eq) en el periodo 2005-2021.	61
Gráfico 51. Población andaluza por rangos de población municipal, 2021.	63
Gráfico 52. Emisiones en Andalucía por rangos de población, 2021.	64
Gráfico 53. Distribución provincial de las emisiones por rangos de población, 2021.	66
Gráfico 54. Distribución sectorial de las emisiones por rangos de población, 2021.	67
Gráfico 55. Distribución por provincias de las emisiones sectoriales por rangos de población, 2021.	69
Gráfico 56. Superficie (ha) por usos de suelo en Andalucía en 2021.	73
Gráfico 57. Absorciones totales (tCO ₂ -eq) por tipo de uso de suelo y provincia en 2021.	74
Gráfico 58. Superficies (ha) de sumidero por provincias en 2021.	75
Gráfico 59. Absorciones provinciales totales (tCO ₂ -eq) por sectores en 2021.	76
Gráfico 60. Capacidad absorción por superficie (tCO ₂ -eq/hectárea) en 2021.	76
Gráfico 61. Distribución provincial de los usos del suelo en Andalucía en 2021.	77
Gráfico 62. Superficie provincial (ha) y absorciones asociadas a la superficie de cultivo transformada a forestal (tCO ₂ -eq) en 2021.	79
Gráfico 63. Superficie provincial (ha) y absorciones asociadas a cultivos leñosos (tCO ₂ -eq) en 2021.	80
Gráfico 64. Superficie provincial (ha) y absorciones asociadas a la dehesa espesa (tCO ₂ -eq) en 2021.	81
Gráfico 65. Superficie provincial (ha) y absorciones asociadas a la superficie forestal arbolada (tCO ₂ -eq) en 2021.	82
Gráfico 66. Consumo provincial de energías renovables (MWh), 2021.	84
Gráfico 67. Consumo per cápita de energías renovables (MWh/habitantes), 2021.	84
Gráfico 68. Consumo de energía renovable (MWh) por fuentes en Andalucía en 2021.	85
Gráfico 69. Participación de las energías renovables (MWh) en 2021 y 2020 en Andalucía.	86
Gráfico 70. Consumo de energías renovables (MWh) en Andalucía por rangos de población, 2021.	87
Gráfico 71. Distribución provincial del consumo de energías renovables (MWh) por rangos de población, 2021.	88
Gráfico 72. Distribución del consumo de energías renovables (MWh) en Andalucía por rangos de población, 2021.	89
Gráfico 73. Distribución por provincias del consumo de energías renovables (MWh) por tecnologías y rangos de población, 2021.	91

Índice de tablas

Tabla 1. Variación provincial de las emisiones (tCO ₂ -eq) en el periodo 2005-2021.	26
Tabla 2. Variación provincial per cápita de las emisiones (tCO ₂ -eq/habitante) en el periodo 2005-2021.	27
Tabla 3. Emisiones totales (tCO ₂ -eq). por sectores en Andalucía en el periodo 2005-2021.	45
Tabla 4. Emisiones per cápita (tCO ₂ -eq/habitante) por sectores en Andalucía en el periodo 2005-2021.	47
Tabla 5. Emisiones provinciales por rangos de población, 2021.	65
Tabla 6. Emisiones sectoriales por rangos de población, 2021.	67
Tabla 7. Absorciones provinciales (tCO ₂ -eq) por tipo de superficie en 2021.	78
Tabla 8. Consumos provinciales de energías renovables por rango de población, 2021.	87
Tabla 9. Consumo sectorial de energías renovables por rangos de población, 2021.	89

Índice de mapas

Mapa 1. Emisiones per cápita en Andalucía a nivel municipal (tCO ₂ -eq/habitante), 2021.	70
Mapa 2. Emisiones municipales per cápita (tCO ₂ -eq /habitante) por sectores, 2021.	72
Mapa 3. Consumo municipal per cápita de energía renovable (MWh/habitante), 2021.	92
Mapa 4. Consumo municipal per cápita de energía renovable por fuentes, (MWh/habitante), 2021.	94

Nota informativa: A nivel metodológico, es importante resaltar que la aplicación Huella de Carbono de los Municipios de Andalucía (HCM) estima las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) a nivel municipal provenientes de dos tipos de fuentes de emisión: las incluidas en el sector difuso (transporte, gestión de residuos, agricultura, ganadería, ...) y las debidas a la generación de la electricidad consumida, que están afectadas por el Régimen de Comercio de Derechos de Emisión (RCDE). Además, hay que señalar que existen diferencias de criterios de consideración de subsectores contemplados en la HCM para cada uno de los sectores difusos frente a los recogidos en el Inventario Andaluz de Emisiones de GEI (por ejemplo, en el sector Tratamiento y eliminación de residuos, la HCM no estima las emisiones debidas a la incineración de residuos). Además, la HCM se alimenta de fuentes de datos de carácter municipal, ya que corresponden a información a nivel local. Éste no es un requisito aplicable al Inventario Andaluz de Emisiones de GEI, que emplea fuentes de datos a nivel nacional y valores oficiales del RCDE.

Por todo lo expuesto, se advierte sobre posibles diferencias entre valores regionales calculados por la HCM y aquellos contemplados en el Inventario Andaluz de Emisiones de GEI, que en todo caso quedan justificadas por las consideraciones aquí expuestas en cuanto a las fuentes de datos y emisiones empleadas.

Datos relevantes

El presente informe analiza las emisiones de gases efecto invernadero de los sectores difusos, así como las asociadas a la generación de la energía eléctrica consumida por cada municipio (afectadas por el Régimen de Comercio de Derechos de Emisión), correspondientes a la serie 2005-2021. Asimismo, proporciona información a nivel municipal sobre la capacidad de sumidero y el consumo de energías renovables.

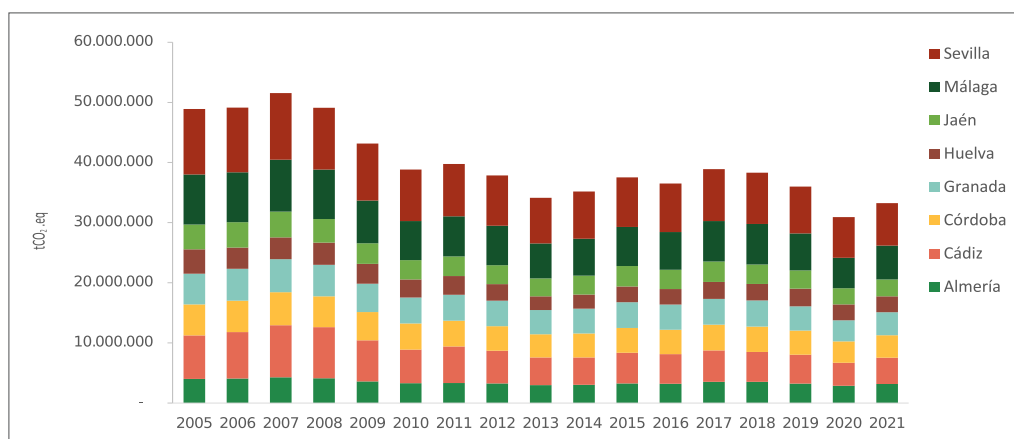
Emisiones correspondientes al año 2021¹

Andalucía:

33.257.221 tCO₂-eq
↑ Incremento del 7,5% con respecto al 2020.

Provincias:

Las emisiones han seguido patrones de distribución provincial de similar evolución entre 2005-2021, con un periodo de descenso más o menos acusado en el periodo 2005-2013, seguido de una estabilización.



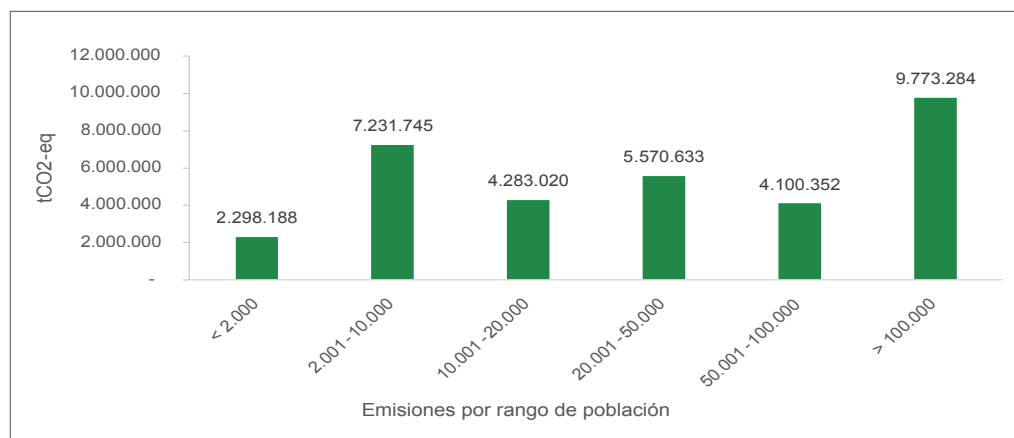
Municipios:

Emisiones de las 13 grandes ciudades andaluzas (>100.000 hab):

9.773.284 tCO₂-eq (29,4% del total).

Emisiones de los 17 municipios de entre 50.000-100.000 hab:

4.100.352 tCO₂-eq (12,3% del total).



¹ Diferencia inferior al 6,5%. Valor del Inventario para 2021 25.303.595 tCO₂-eq (difusas) + 6.046.337 tCO₂-eq (generación de energía eléctrica, RCDE) = 31.349.932 tCO₂-eq.



1. La observación del cambio climático en Andalucía

El informe Climate Change 2021: The Physical Science Basis resultado del Grupo de Trabajo 1 del 6º ciclo de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático², aprobado el pasado 9 de agosto de 2021 por los 195 miembros gubernamentales que forman parte del panel, indica que los científicos están observando cambios en el clima de la Tierra en todas las regiones y en el sistema climático en su conjunto.

Muchos de los cambios observados en el clima no tienen precedentes en miles, sino en cientos de miles de años, y algunos de los cambios que ya se están produciendo, como el aumento continuo del nivel del mar, no se podrán revertir hasta dentro de varios siglos o milenios.

El informe presenta una realidad innegable:

“La acción del ser humano está directamente relacionada con la emergencia climática que vive el planeta y es uno de sus principales precursores. Es un hecho inequívoco que la actividad humana ha calentado la atmósfera, el océano y la tierra”.

La temperatura media del planeta ha alcanzado registros históricos en los últimos años. Según los datos más recientes del Servicio de Cambio Climático de Copernicus, el período de junio a agosto de 2023 se ha destacado como el verano más cálido registrado a nivel global, con una temperatura promedio de 16,77 °C, es decir, 0,66 °C por encima del promedio histórico. Durante este verano, las temperaturas terrestres superaron de manera generalizada los valores medios registrados entre 1991 y 2020. En Europa, la temperatura media fue de 19,63 °C, lo que representa un aumento de 0,83 °C respecto al promedio y posiciona al verano de 2023 como el quinto más cálido en el continente.

En Andalucía, la Consejería de Sostenibilidad y Medio Ambiente realiza un seguimiento anual de las evidencias del cambio climático en la región, con el objetivo de desarrollar políticas eficientes y evaluar su eficacia en la mitigación y adaptación a este fenómeno.

Una de las herramientas clave en esta tarea es el cálculo del Índice de Calentamiento Global (ICG), empleado para medir la evolución del comportamiento climático y sus impactos asociados. Este índice permite analizar el incremento o descenso anual de las temperaturas medias en Andalucía y compararlo con los datos globales obtenidos por organismos internacionales, como el IPCC².

El Índice de Calentamiento Global resultante muestra con claridad la evolución creciente que siguen las temperaturas y el incremento de su ritmo de crecimiento desde el principio de la década de 1990. Los elevados registros alcanzados en el año 2021 en las tres estaciones de referencia se han visto aumentados en 2022, con un ICG en Córdoba que pasa de 22,3 a 23,5 y Jerez de la Frontera con un ICG

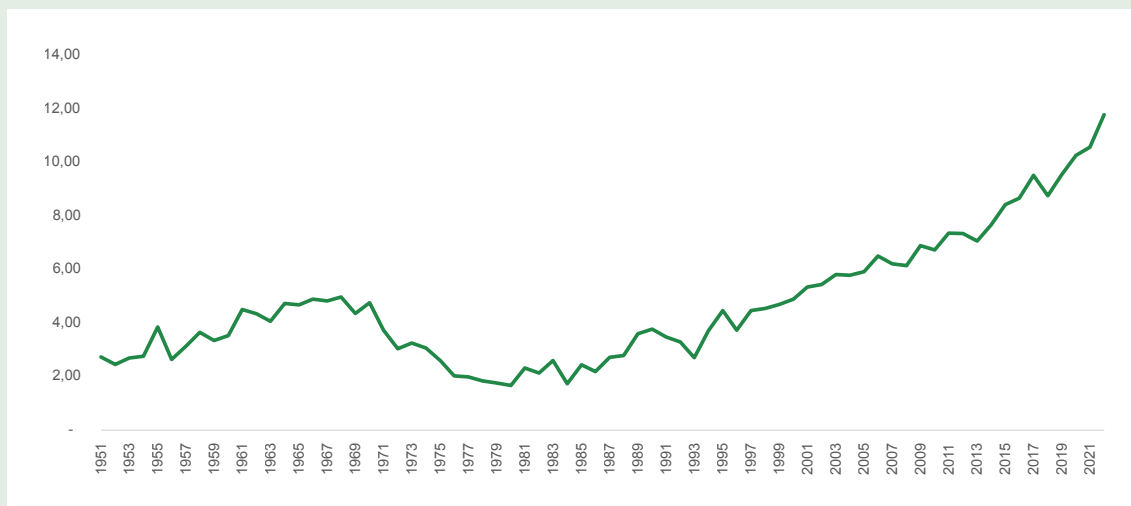
² IPCC de sus siglas en inglés, Intergovernmental Panel on Climate Change.

aumentado de 9,7 a 10,9 registrándose en Granada el mayor aumento que pasa de 10,1 a 11,5.

El ICG para Andalucía en 2022 fue de 11,8 frente al 10,6 del año 2021. Tras una anomalía térmica de +0,8 °C en 2021, la región experimentó un aumento significativo en 2022, alcanzando +1,6 °C. Es importante recordar que la anomalía de 2021 fue menor que la de 2020, que llegó a +1,1 °C.

En 2022 se aprecia el aumento de las temperatura medias anuales en las tres estaciones de referencia objeto de estudio, situadas en Córdoba, Jerez de la Frontera y Granada en comparación con el año anterior. Dichos aumentos se han cifrado en 0,7°C, 1,1°C y 0,8°C respectivamente. Analizando las anomalías térmicas anuales registradas en 2022 en las tres estaciones de referencia, según datos aún provisionales, éstas son positivas como corresponde a un año catalogado como “Extremadamente cálido”, con mayor intensidad en Granada, +1,9°C, y menor en Córdoba, +1,6°C, y Jerez de la Frontera, +1,4°C. Estas anomalías son mayores que las que se midieron en el año 2021 (1,1, 0,9 y 0,3°C, respectivamente). Por otro lado, al comparar la temperatura promedio de los últimos 30 años con la media del año 2022 por cada estación de referencia, se observa un aumento de 0,8°C en la estación de Córdoba, 1°C en la de Jerez de la Frontera y de 1,4 °C en Granada, con lo cual se confirma la tendencia al crecimiento continuado y mantenido en el tiempo de las mismas. A nivel regional, la temperatura media en 2022 en Andalucía fue de 17,5 °C y la media de los últimos 30 años fue de 16,3°C, lo cual reafirma este crecimiento general de temperaturas.

Gráfico 1. Índice de Calentamiento Global Andalucía, 1951-2021.



Fuente: Indicadores de Cambio Climático, REDIAM, 2023.

1.1. Coherencia externa de la regulación de las emisiones de CO₂

1.1.1. El Acuerdo de París

Las Naciones Unidas junto con la Unión Europea han liderado la unidad de acción en materia de cambio climático. La [Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático](#), en el ámbito de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), es uno de estos mecanismos internacionales de respuesta. Es la reunión formal de las Partes de la CMNUCC (Conferencia de las Partes, -COP- de sus siglas en inglés) en la que se evalúa el progreso del cambio climático a nivel mundial y se intentan establecer obligaciones legalmente vinculantes a los países firmantes para la reducción de los GEI.

Iniciada tras la Cumbre del Clima de Río de Janeiro (1992), la 1ª reunión tuvo lugar en Berlín en 1995 y ya se ha alcanzado la 28ª edición celebrada en Dubái a finales de noviembre de 2023 (COP28-UAE).

La COP29, se celebrará en Bakú, Azerbaiyán, del 11 al 22 de noviembre de 2024. Los temas claves de este encuentro son:

1. Financiación climática. Un objetivo central es establecer un nuevo marco para la financiación, asegurando recursos suficientes para que todos los países intensifiquen sus acciones climáticas.
2. Planes Nacionales Determinados (NDCs). Evaluar los compromisos actuales y garantizar que las nuevas estrategias sean implementables, ambiciosas y orientadas a mantener el calentamiento global por debajo de 1,5°C.
3. Transición energética. Se da prioridad a reducir el uso de combustibles fósiles, aumentar la resiliencia climática y fomentar tecnologías sostenibles.
4. Resiliencia y adaptación. Ayudar a las comunidades vulnerables a prepararse mejor para los impactos climáticos.
5. Balance Global. La revisión de los progresos desde el Acuerdo de París también forma parte de la agenda.

Entre todas ellas, destaca la COP que se celebró en París en 2015, la COP 21, que marcó un hito internacional en materia de mitigación del cambio climático. En ella se alcanzó un acuerdo histórico en la transición hacia una economía baja en emisiones, el [Acuerdo de París](#).

Se considera un hito en el proceso multilateral del cambio climático porque, por primera vez, un tratado internacional jurídicamente vinculante hace que todos los países se unan en una causa común para emprender esfuerzos ambiciosos para combatir el cambio climático y adaptarse a sus efectos.

Fue adoptado por 196 Partes (Estados), el 12 de diciembre de 2015 y entró en vigor el 4 de noviembre de 2016. Su objetivo es limitar el calentamiento mundial a muy por debajo de +2°C, preferiblemente a +1,5°C, en comparación con los niveles preindustriales.

Para alcanzar este objetivo de temperatura a largo plazo, los países se proponen alcanzar el máximo de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero lo antes posible para lograr un planeta neutro en emisiones para mediados de siglo.

1.1.2 Normativa europea

La Comisión Europea, cumpliendo con su compromiso adquirido en el Acuerdo de París, aprobó la comunicación [\[COM\(2018\) 773 final\]](#) “*Un planeta limpio para todos. La visión estratégica europea a largo plazo de una economía próspera, moderna, competitiva y climáticamente neutra*”, en la que se expone su visión estratégica para alcanzar la neutralidad de las emisiones GEI para el año 2050.

Esta comunicación respaldada por el Consejo de la UE fue el origen del [Pacto Verde Europeo](#), “European Green Deal” consistente en un paquete de iniciativas políticas dirigidas hacia una transición ecológica para alcanzar la neutralidad climática. Constituye el marco para la transformación de la UE en una sociedad equitativa, con una economía competitiva, eficiente en sus recursos, en la que no habrá emisiones netas de gases de efecto invernadero en 2050 y el crecimiento económico estará disociado del uso de los recursos.

En diciembre de 2020, la UE refrendó un nuevo objetivo de carácter vinculante para la UE y todos los estados miembros, en el que se han planteado la reducción de las emisiones netas de la UE en, al menos, un 55% para 2030 con respecto a los valores de 1990. Este objetivo se ha incluido en la Ley Europea del Clima de junio del 2021.

Para la consecución de dicho objetivo, se ha creado un paquete de propuestas, [Objetivo 55](#) “fit for 55”, orientado a la revisión y actualización de temas legislativos, así como a la creación de nuevas iniciativas. Con esto, la UE busca:

- ▶ Garantizar una transición equitativa y socialmente justa;
- ▶ Mantener y reforzar la innovación y la competitividad de la industria de la UE garantizando al mismo tiempo unas condiciones de competencia equitativas con respecto a los operadores económicos de terceros países.
- ▶ Mantener la posición de liderazgo de la UE en la lucha mundial contra el cambio climático.

1.1.3 Normativa nacional

El documento básico de la planificación estratégica nacional en materia de reducción de emisiones es el [Plan Nacional Integrado de Energía y Clima](#) (PNIEC 2021-2030), que refleja la contribución a la consecución de los objetivos establecidos en el seno de la Unión Europea en materia de cambio climático. Es la respuesta española al cumplimiento del Reglamento (UE) 2018/1999 del Parlamento Europeo y del Consejo de 11 de diciembre de 2018 sobre la gobernanza de la Unión de la Energía y de la Acción por el Clima.

El PNIEC ha sido actualizado y aprobado por el Real Decreto 986/2024, de 24 de septiembre de 2024 (https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2024-19278). Establece como objetivos una reducción de un 32% de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) respecto a 1990, y un consumo final de energía renovable del 48% –con un 81% de la generación eléctrica–, e incrementar la eficiencia energética en un 43%. Con una inversión prevista de 308.000 millones durante el período, el PIB se incrementará un 3,2% y se crearán hasta 560.000 empleos en 2030. La demanda eléctrica crecerá un 34% sobre 2019 gracias al desarrollo económico y la electrificación de la economía llegará al 35%. Bajarán el gasto energético medio de los hogares del 7,8% de su renta en 2019 al 5,7% en 2030, con más incidencia en los hogares de renta baja.

“Un planeta limpio
para todos. La
visión estratégica
europea a
largo plazo de
una economía
próspera, moderna,
competitiva y
climáticamente
neutra”.

Asimismo, en relación con la descarbonización en España se aprobó en 2020 la Estrategia a Largo Plazo para una Economía Española Moderna, Competitiva y Climáticamente Neutra en 2050 ([ELP 2050](#)) que se configura como una pieza esencial que completa, dentro de los compromisos internacionales, el Marco de Energía y Clima español, en especial, el PNIEC 2021-2030, desarrollando la trayectoria y las vías para lograr los objetivos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero establecidos en la Ley 7/2021, de 20 de mayo, de cambio climático y transición energética.

Finalmente, en 2021 se aprobó la [Ley 7/2021, de 20 de mayo, de cambio climático y transición energética](#), que traspone al ordenamiento jurídico español el Reglamento (UE) 2018/1999, de 11 de diciembre. Esta ley nació con el objetivo de la descarbonización de la economía española, su transición a un modelo circular y la adaptación a los impactos derivados del cambio climático.

1.1.4 Normativa andaluza

A nivel andaluz, son dos los hechos normativos fundamentales en materia de reducción de emisiones GEI a la atmósfera; la [Ley 8/2018, de 8 de octubre, de medidas frente al cambio climático y para la transición hacia un nuevo modelo energético en Andalucía](#) y el Decreto 234/2021, de 13 de octubre, por el que se aprueba el [Plan Andaluz de Acción por el Clima \(PAAC\)](#).

La Ley 8/2018, de 8 de octubre, ha supuesto la plena incorporación de Andalucía al objetivo establecido en el Acuerdo de París. Es una ley que incide en todas las políticas sectoriales de la Junta de Andalucía y en las entidades locales.

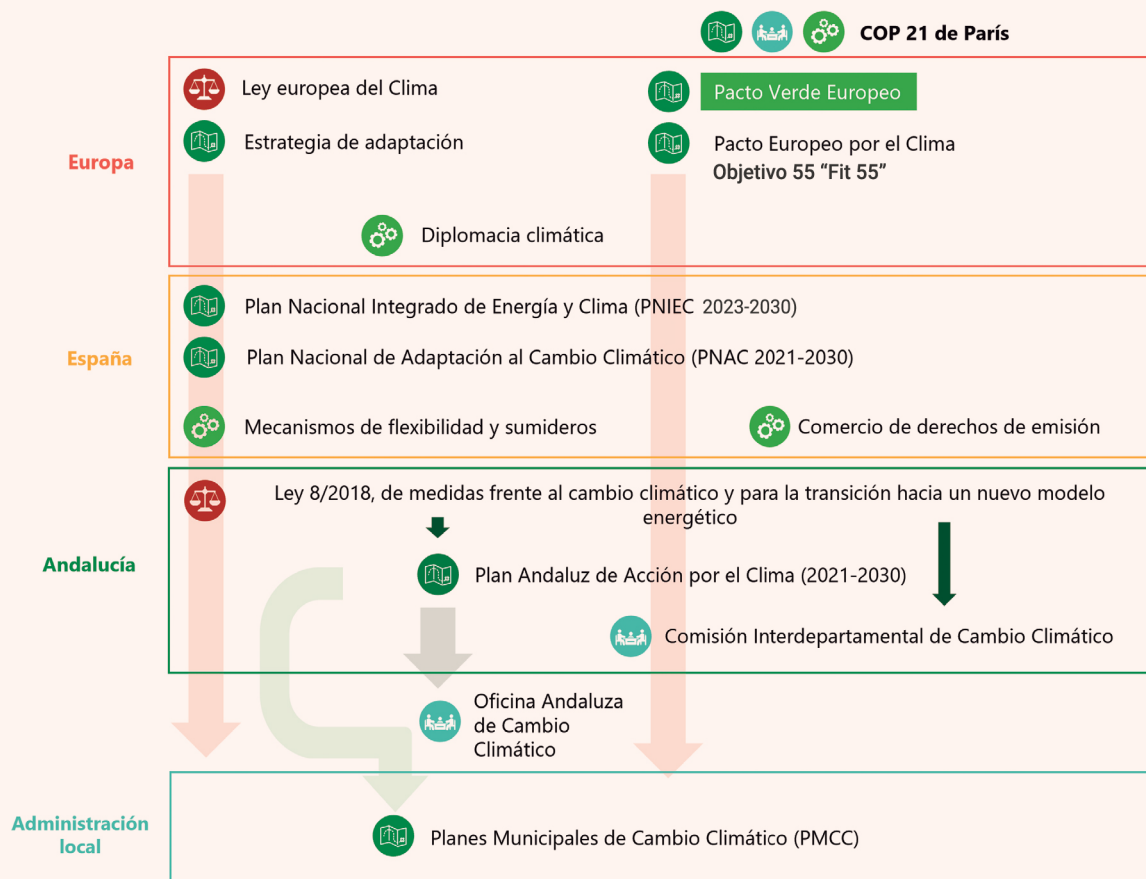
Se focaliza en las denominadas “emisiones difusas” que no están sujetas al Régimen Europeo del Comercio de Derechos de Emisión. Para estas emisiones, que suponen como promedio de los años 2005-2022, el 61% de las emisiones de gases de efecto invernadero en Andalucía, la Ley establecía un objetivo de reducción para el 2030 de un 18%, en términos de emisiones por habitante, con respecto al nivel registrado en 2005.

Esta ley ha establecido como instrumento general de planificación estratégica para la lucha contra el cambio climático el Plan Andaluz de Acción por el Clima (PAAC) que ha sido aprobado por el Consejo de Gobierno y publicado mediante el Decreto 234/2021, de 13 de octubre.

El PAAC establece más de 137 líneas de acción distribuidas en tres Programas. Concretamente, el Programa de Mitigación y Transición Energética tiene como objetivo principal reducir las emisiones de gases de efecto invernadero difusas de Andalucía un 39% en 2030 con respecto a 2005.

Figura 1. Respuesta institucional y social ante el cambio climático

AGENDA 2030. OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE



2. Metodología del informe

El presente informe analiza las estimaciones de emisiones y absorciones de gases efecto invernadero (en adelante GEI) de los sectores difusos, actividades no sujetas al comercio de derechos de emisión, así como las asociadas a la generación de la energía eléctrica consumida por cada municipio y el consumo energético de origen renovable en Andalucía.

Para la realización del informe se parte del uso y análisis de datos de la aplicación Huella de Carbono de los municipios de Andalucía (en adelante HCM) que es una herramienta que permite acceder a datos sobre las emisiones GEI a nivel provincial y municipal en los principales sectores emisores.

La información de referencia para la elaboración del mismo es la contenida en el [Informe Metodológico de la Herramienta del cálculo de la Huella de Carbono de los municipios de Andalucía](#).

2.1 Gases de efecto invernadero

Otra de las evidencias observadas por la comunidad científica es que el calentamiento global está directamente asociado a la emisión incontrolada de GEI provenientes del uso de los combustibles fósiles, que son la base de nuestro modelo energético actual; el petróleo, el carbón y el gas natural.

Los GEI son los encargados de retener el calor solar en nuestro planeta por lo que son indispensables para la vida en la Tierra. En su ausencia las temperaturas medias rondarían los 30 grados bajo cero. En cambio, su presencia excesiva en la atmósfera provoca un calentamiento que deriva en cambios drásticos en el clima mundial, haciéndolo cada vez más impredecible.

Los GEI que se han tenido en cuenta en la aplicación HCM son:

- ▶ **Dióxido de carbono** (CO_2), producido principalmente por la quema de combustibles fósiles -carbón y petróleo, fundamentalmente- en la actividad industrial y el transporte.
- ▶ **Metano** (CH_4), producido a través de la agricultura, la ganadería, la gestión de residuos o los escapes en los gaseoductos, entre otros.
- ▶ **Óxido nitroso** (N_2O), provocados, por la agricultura, la gestión de residuos y el transporte.
- ▶ **Gases fluorados** (PFC, HFC y SF_6), producidos por disolventes o propelentes para aerosoles, se utilizan para refrigerar, aislar y empaquetar.

Químicamente, estos gases son muy estables, por lo que pueden permanecer en la atmósfera durante varias décadas. Además de influir decisivamente en la potenciación del efecto invernadero, algunos de ellos como los clorofluorocarbonos, son los principales causantes del denominado agujero de la capa de ozono.

Entre ellos, el CO_2 es el gas de efecto invernadero más abundante de nuestro planeta, y uno de los principales causantes de los cambios observados en el clima. La mayor parte de las emisiones de CO_2 son de origen antropogénico y se deben a la quema de combustibles fósiles, principalmente en los sectores de la

generación energética, el transporte y el sector industrial. El resto proceden de los cambios en el uso del suelo y, especialmente, la deforestación.

Por el contrario, los océanos, la vegetación y el suelo absorben CO₂, aproximadamente la mitad de las emisiones antropogénicas, pero no es suficiente. Las concentraciones de CO₂ en la atmósfera siguen aumentando en torno a un +0,4% anual.

2.2 Cálculo de las emisiones GEI

Tal y como se ha mencionado en el apartado anterior, la aplicación HCM calcula emisiones de CO₂, CH₄, N₂O y gases fluorados, y expresa los resultados en términos de CO₂ equivalente (en adelante, CO₂-eq).

Esta herramienta, que funciona desde el año 2009 y ha sido mejorada en 2021, permite la consulta sobre los inventarios de emisiones GEI de los municipios andaluces, con una serie histórica desde el año 2005.

Los datos de partida se basan en fuentes estadísticas, procedentes del Sistema de Información Multiterritorial de Andalucía (SIMA), Inventario Nacional de Emisiones de GEI y Consejerías de la Junta de Andalucía. Estos datos son tratados siguiendo metodologías sectoriales para el cálculo de las emisiones, basadas en las directrices y guías de orientación para la elaboración de inventarios de GEI del Inventario Nacional y del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC).

La aplicación HCM tiene en cuenta para la estimación de las emisiones de GEI los potenciales de calentamiento del 5º Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC).

La liberación de cada uno de los gases considerados produce un efecto de calentamiento distinto a lo largo del tiempo cuando este gas es liberado a la atmósfera. El efecto de cada gas en la atmósfera se conoce como Potencial de Calentamiento Global (PCG) y utiliza como referencia el PCG del CO₂, por tratarse del gas más conocido y abundante de los tenidos en cuenta por el Protocolo de Kioto.

Por esta razón, el PCG del CO₂ es 1, mientras que el PCG de otros gases como el Metano o los PFC -comunes en la refrigeración industrial- puede llegar a 28, en el primer caso, o hasta los 23.500 en el caso del SF₆.

Para poder realizar una comparación de los distintos GEI es necesario estandarizar las emisiones. Para dicha estandarización se realiza una asimilación de los gases a unidades de dióxido de carbono equivalente (CO₂-eq), habitualmente expresado en toneladas (tCO₂-eq). El cálculo que permite esta estandarización únicamente requiere conocer el volumen de emisiones de un GEI en particular y su PCG específico, y multiplicarlos entre sí, de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$Emisiones(tCO_{2-eq}) = \sum_i E_i \times PCG_i$$

Siendo:

- ▶ *i*. Gas de Efecto Invernadero tenido en cuenta: CH₄, N₂O, etc.
- ▶ *E_i*. Emisiones del GEI definido, expresada en toneladas.
- ▶ *PCG_i*: Potencial de Calentamiento Global del GEI definido.

El cálculo de las emisiones de las actividades con incidencia en la escala local tenidas en cuenta por la HCM es el cálculo de la huella de carbono, siguiendo la lógica de estandarización de todas las emisiones a tCO₂-eq. Para llevar a cabo este cálculo es necesario conocer unos datos de actividad (DA) y unos factores de emisión (FE) específicos por cada actividad analizada:

- ▶ **Datos de actividad (DA):** parámetro que define el nivel de la actividad generadora de las emisiones de GEI. Por ejemplo, consumo anual de un combustible determinado en un municipio.
- ▶ **Factores de emisión:** se trata del coeficiente utilizado para vincular los DA con la cantidad del compuesto químico liberado a la atmósfera que constituye la fuente de emisiones. Estos valores se basan en datos promedio obtenidos de muestras de datos sobre mediciones. Los factores de emisión específicos para cada DA implementados en la HCM proceden de fuentes oficiales de reconocido prestigio:
 - ▷ Directrices IPCC 2006.
 - ▷ Inventario Nacional de Emisiones de GEI.
 - ▷ Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico (MITERD) y Ministerio de Industria y Turismo.

Una vez conocida la información anterior se podrá proceder al cálculo de las emisiones de CO₂-eq. De forma genérica, este cálculo se realiza en base a la siguiente fórmula, si bien la misma tiene variaciones dependiendo del sector tenido en cuenta:

$$Emisiones \left(\frac{tCO_{2-eq}}{año} \right) = \sum_k (DA_{k,t}) \times FE_{k,t}$$

Siendo:

- ▶ *k*: sector o subsector seleccionado.
- ▶ *t*: año determinado.

2.3 Sectores emisores

En cuanto a los sectores emisores considerados, la HCM tiene en cuenta un total de 10 sectores de actividad, así como 35 subsectores, cada uno de los cuales cuenta con una metodología propia de estimación de sus emisiones de GEI.

Todos los sectores descritos tienen una relación importante con las competencias de las administraciones locales y que, por tanto, estas administraciones puedan incidir sobre estos o sobre sus fuentes de emisiones.

El cálculo final de las emisiones de los distintos sectores considerados dependerá del cálculo de las emisiones de los subsectores incluidos. Para comprender en detalle esta configuración, a continuación, se recogen los distintos sectores y subsectores, así como los alcances tenidos en cuenta para cada uno de ellos:

1. Agricultura: para este sector se consideran emisiones directas, aquellas emisiones de óxido nitroso procedentes del aporte de nutrientes y derivadas de las excreciones de animales durante el pastoreo, así como las emisiones indirectas que proceden de la deposición atmosférica, lixiviación y escorrentía.

Mientras que para el primer caso, se analizan los subsectores de emisiones directas de N_2O de los suelos agrícolas y emisiones de N_2O provenientes del pastoreo, además de las emisiones de CH_4 derivadas de la actividad arrocera, para las emisiones indirectas se analiza el subsector emisiones de N_2O de los suelos agrícolas.

2. Aguas residuales: en este sector se calculan las emisiones de CH_4 generado por la degradación de materia orgánica de las aguas residuales de origen residencial y comercial que se produce en la línea de aguas y la de fangos, las emisiones de la combustión del biogás captado y valorizado energéticamente y el N_2O procedente del contenido en proteínas de las evacuaciones humanas.

3. Consumo eléctrico: las emisiones que se contabilizan en este sector son las emisiones de CO_2 procedentes del uso de combustibles fósiles para la generación de energía eléctrica consumida. Dichas emisiones se estiman en la HCM como el producto del consumo de energía eléctrica por un factor de emisión anual del sistema eléctrico en términos de energía final.

En cuanto a los subsectores considerados, estos son la agricultura, industria, comercio-servicios, sector residencial, administración y servicios públicos y resto.

4. Ganadería: tiene en cuenta las emisiones procedentes de tres fuentes de emisión diferenciadas; el CH_4 emitido por la fermentación entérica del ganado y el CH_4 y el N_2O emitidos por la gestión de estiércoles.

5. Gases fluorados: la aplicación HCM tiene en cuenta las emisiones de HFCs (hidrofluorocarbonos) y PFCs (perfluorocarbonos) procedentes de espumantes, protección contra incendio, aerosoles y refrigeración, y las emisiones de SF_6 , principalmente utilizados como aislantes de equipos eléctricos.

6. Uso de combustibles en instalaciones fijas: incluye las emisiones GEI debidas a la combustión de combustibles fósiles en distintos sectores de actividad, a excepción del transporte. La principal emisión de estas actividades se produce en forma de CO_2 . Los combustibles fósiles responsables de estas emisiones son: el carbón, el fuelóleo, el gas natural, el gasóleo B utilizado en embarcaciones estatales y autonómicas, el gasóleo B de la maquinaria agrícola, el gasóleo C y los gases licuados del petróleo (GLP).

7. Residuos: la HCM contabiliza para la estimación de las emisiones de este sector las siguientes actividades asociadas a la gestión de los residuos municipales: el depósito de residuos municipales en vertedero, la propia combustión de biogás en vertederos y la estabilización de materia orgánica.

8. Transporte: las emisiones tenidas en cuenta en este sector son las emisiones de CO_2 procedentes de la combustión de combustibles fósiles utilizados por los motores de combustión interna. Los biocarburantes, al tener un origen biogénico, no son tenidos en cuenta en este análisis. En cuanto a los medios de transporte considerados, están los autobuses, camiones, ciclomotores, furgonetas, motocicletas y turismos.

Además de los sectores de emisiones incluidos, la HCM incluye estimaciones de utilidad para conocer la capacidad de sumidero de los municipios andaluces, y el consumo energético municipal:

1. Capacidad de absorción del CO_2 : se estima un potencial de absorción mediante la identificación y contabilización de las hectáreas de superficies vinculadas a la superficie forestal arbolada, la superficie de dehesa espesa, la superficie de cultivo anual convertida a cultivo leñoso y, por último, la superficie de tierras agrícolas convertidas a uso forestal.

2. Consumo de energías renovables: se facilitan datos municipales de consumo de energía final de origen renovable desagregados por las siguientes fuentes: biomasa, solar térmica, fotovoltaica, energía eléctrica renovables y biocarburantes.

2.4 Metodología de cálculo en la elaboración del informe

En cuanto a las metodologías de cálculo utilizadas para el cálculo de los datos que soportan este informe, se trata de metodologías basadas en las Directrices del Panel Intergubernamental del Cambio Climático de 2006, asimismo empleadas por el Servicio Español de Inventario para la elaboración del Inventario Nacional de Emisiones de GEI, dando cumplimiento a las obligaciones de comunicación de España a la Convención Marco de Naciones Unidas para el Cambio Climático y a la Unión Europea, en materia de seguimiento y notificación de las emisiones de gases de efecto invernadero.

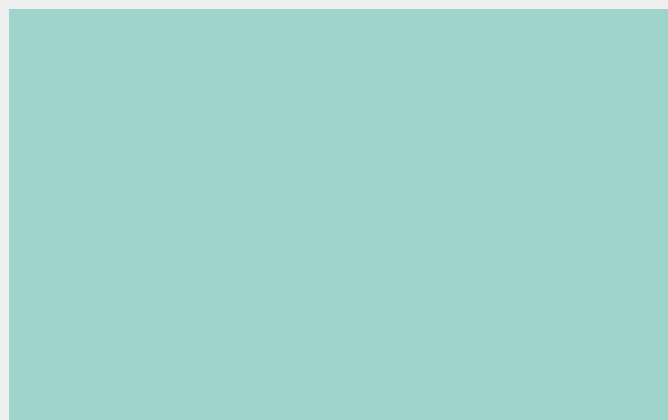
Para la caracterización de la información per cápita incluida en este informe, los datos de partida proceden de la población municipal publicada por el SIMA-IE-CA³. La información per cápita ha seguido siempre, para todos los sectores y subsectores analizados en el informe, la siguiente fórmula:

$$Emisiones(tCO_{2-eq} \text{ per cápita}) = \frac{\sum Emisiones(tCO_{2-eq})_{k,i,t}}{Población_{i,t}}$$

Siendo:

- ▶ *k*: emisiones totales de un sector o subsector definido.
- ▶ *i*: territorio determinado.
- ▶ *t*: año de cálculo *t*.

³ Padrón continuo de habitantes de Andalucía.



3. Evolución de las emisiones

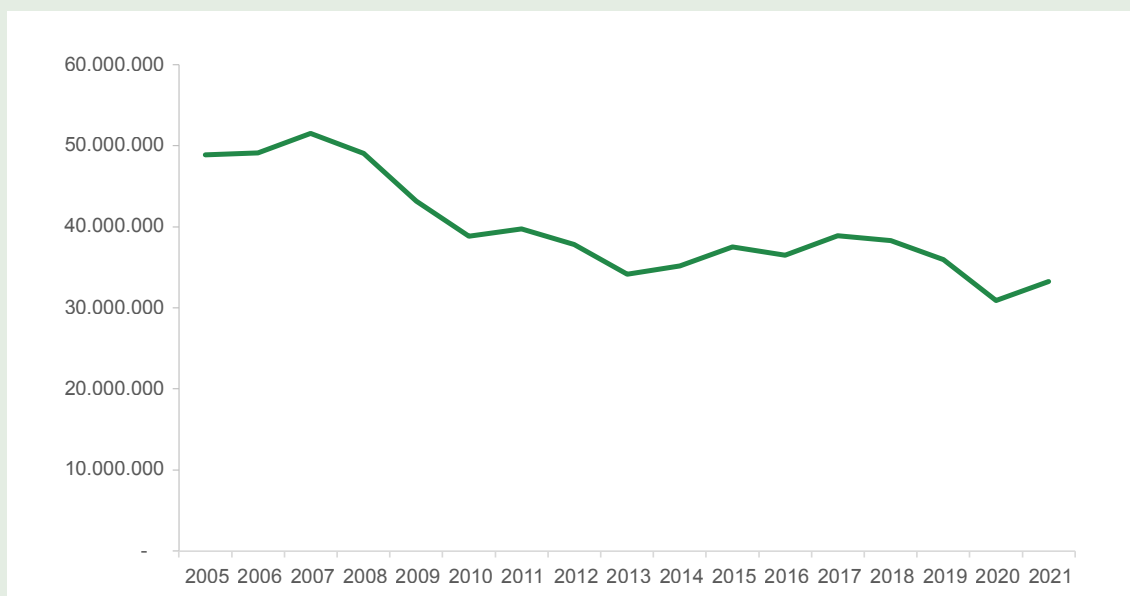
3.1 Emisiones totales en Andalucía

En 2021, las emisiones totales de GEI en Andalucía alcanzaron las 33.257.221 tCO₂-eq, lo que representa un aumento del 7,5% en comparación con 2020, cuando se registraron 30.936.898 tCO₂-eq. Este incremento se traduce en 3,92 tCO₂-eq per cápita, un 7,2% más que las 3,65 tCO₂-eq por habitante reportadas en 2020.

Es importante contextualizar este aumento dentro del impacto de la crisis sanitaria por la COVID-19. En 2020, las restricciones impuestas provocaron una notable reducción de la actividad económica e industrial, lo que a su vez generó un descenso temporal en las emisiones. Durante 2021, la relajación de dichas restricciones permitió la reactivación de sectores clave en Andalucía, como el turismo y el transporte terrestre, contribuyendo al aumento de las emisiones.

A pesar de este repunte, el incremento no ha sido considerable y se mantiene la tendencia general a la baja en las emisiones globales de GEI en Andalucía, iniciada en 2007. De hecho, entre 2005 y 2021, las emisiones totales de GEI en la región han disminuido un 32%, mientras que las emisiones per cápita han registrado una reducción del 36,6%.

Gráfico 2. Evolución de las emisiones GEI (tCO₂-eq) en Andalucía 2005-2021.



Fuente: Elaboración propia a partir de la aplicación HCM.

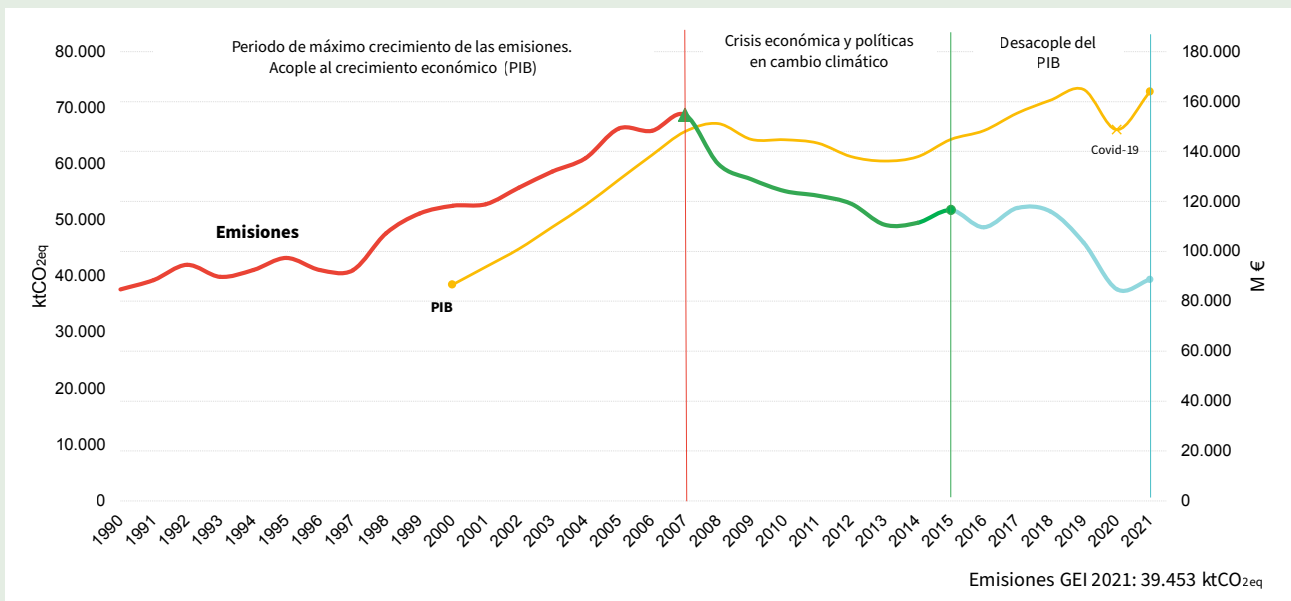
Al analizar la evolución de las emisiones de GEI en Andalucía en relación con su PIB, se observa que entre 2000 y 2008, el PIB de la región experimentó un crecimiento constante y significativo. Sin embargo, a partir de 2008, el PIB sufrió una notable caída, manteniéndose estancado entre 2009 y 2014, con una recuperación a partir de 2015. La crisis económica global tuvo un impacto profundo en la economía andaluza. Desde 2015, el PIB ha mostrado una tendencia al alza, aunque con algunas fluctuaciones. En 2020, debido a la pandemia de COVID-19, el PIB experimentó una caída abrupta, seguida de una recuperación en 2021.

Por otro lado, desde 2005, se observa una tendencia general a la baja en las emisiones totales de CO₂ en Andalucía. Esta disminución es especialmente marcada entre 2007 y 2009, coincidiendo con la crisis económica, lo que sugiere una correlación entre la actividad económica, el consumo de energía y las emisiones de CO₂. La fuerte caída de las emisiones en 2020 también refleja el impacto de la pandemia y la drástica reducción de la actividad económica.

Aunque la crisis de 2008 afectó tanto al PIB como a las emisiones, en el período posterior a la recuperación (desde 2015), se observa un cierto desacoplamiento entre ambos. Mientras que el PIB ha seguido creciendo, las emisiones se han mantenido en niveles inferiores a los registrados antes de la crisis, a pesar de ciertas fluctuaciones. Este comportamiento podría indicar una mejora en la eficiencia energética, un cambio hacia fuentes de energía más limpias o un incremento en la adopción de tecnologías sostenibles.

Esta evolución refleja cómo el desarrollo económico de la región ha estado condicionado por diversos factores, incluyendo políticas públicas, crisis económicas y esfuerzos para descarbonizar la economía.

Gráfico 3. Evolución de las emisiones GEI frente al PIB en Andalucía.

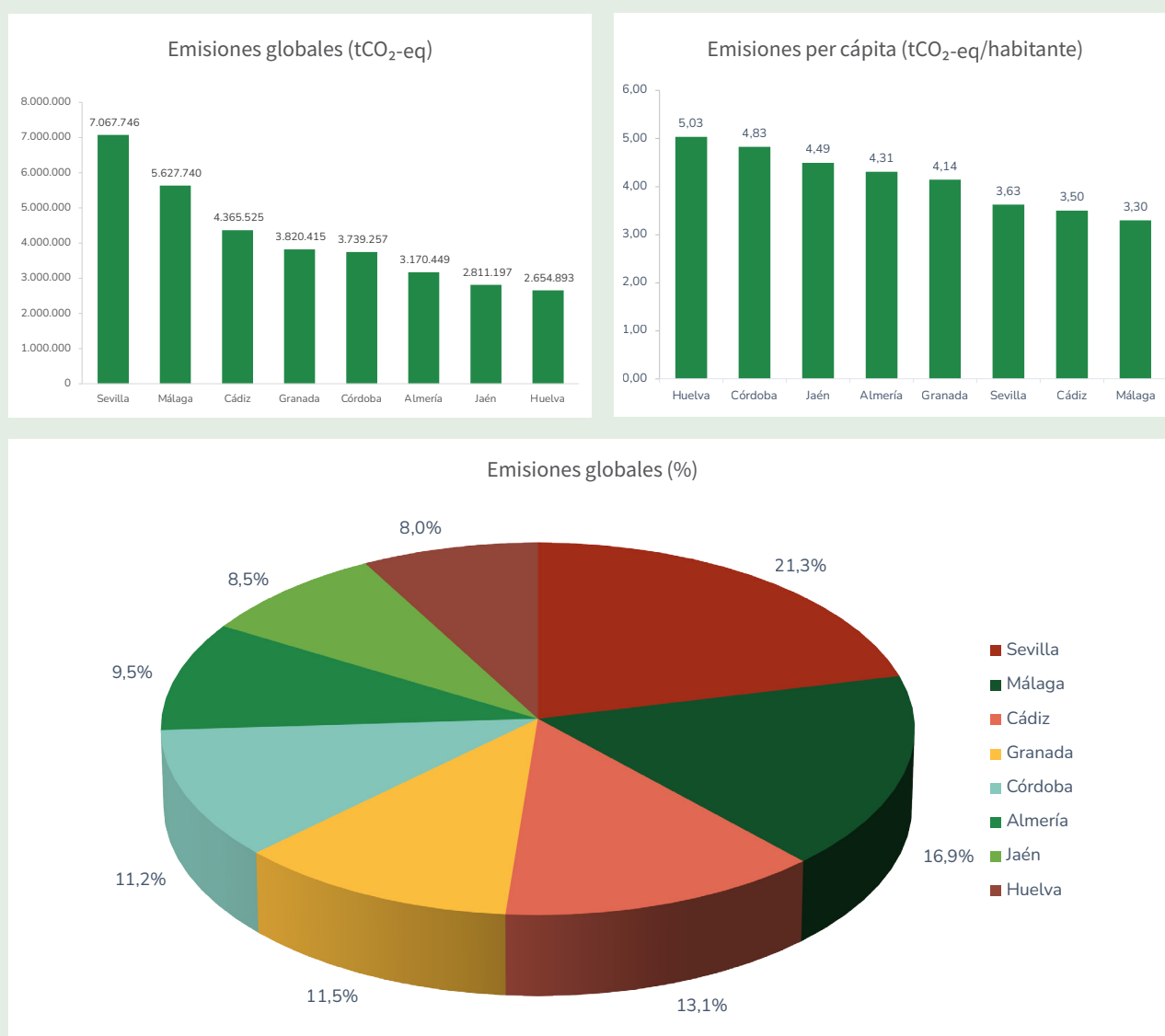


Fuente: Plan Andaluz de Acción por el Clima a partir del Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero 1990 – 2021. INE para la serie 2000-2021 (Contabilidad regional de España. Base 2010).

3.2 Emisiones desagregadas por provincias

En 2021, continúan siendo Sevilla y Málaga las dos provincias andaluzas con mayor aporte a las emisiones con 7.067.746 y 5.627.740 tCO₂-eq, respectivamente, lo que equivale al 38,2% del total andaluz. Del resto de provincias, Cádiz, Córdoba y Granada se encuentran en el entorno del 11-13% de las emisiones andaluzas, mientras que Almería, Huelva y Jaén están por debajo del 10%. Sevilla, se encuentra a la cabeza con el 21,3% del total de las emisiones y Huelva se sitúa en último lugar con tan solo el 8%.

Gráfico 4. Participación provincial en las emisiones GEI en Andalucía, 2021.



Fuente: Elaboración propia a partir de la aplicación HCM.

Las provincias de Málaga, Cádiz y Sevilla muestran emisiones per cápita inferiores a la media andaluza de 3,92 tCO_{2-eq}/habitante, al igual que en el año 2020. En particular, Málaga registra las emisiones per cápita más bajas de Andalucía, con 3,30 tCO_{2-eq}/habitante, seguida de Cádiz con 3,50 tCO_{2-eq}/habitante y Sevilla con 3,63 tCO_{2-eq}/habitante.

En contraste, Córdoba, con 4,83 tCO_{2-eq}/habitante, y especialmente Huelva, con 5,03 tCO_{2-eq}/habitante, superan este promedio. Granada, Almería y Jaén se mantienen cerca de la media regional, superando ligeramente esta media.

Estos datos evidencian la disparidad en las emisiones de GEI entre las provincias andaluzas, influenciada por factores como la densidad poblacional y la actividad industrial.

3.2.1 Evolución de las emisiones provinciales 2005-2021

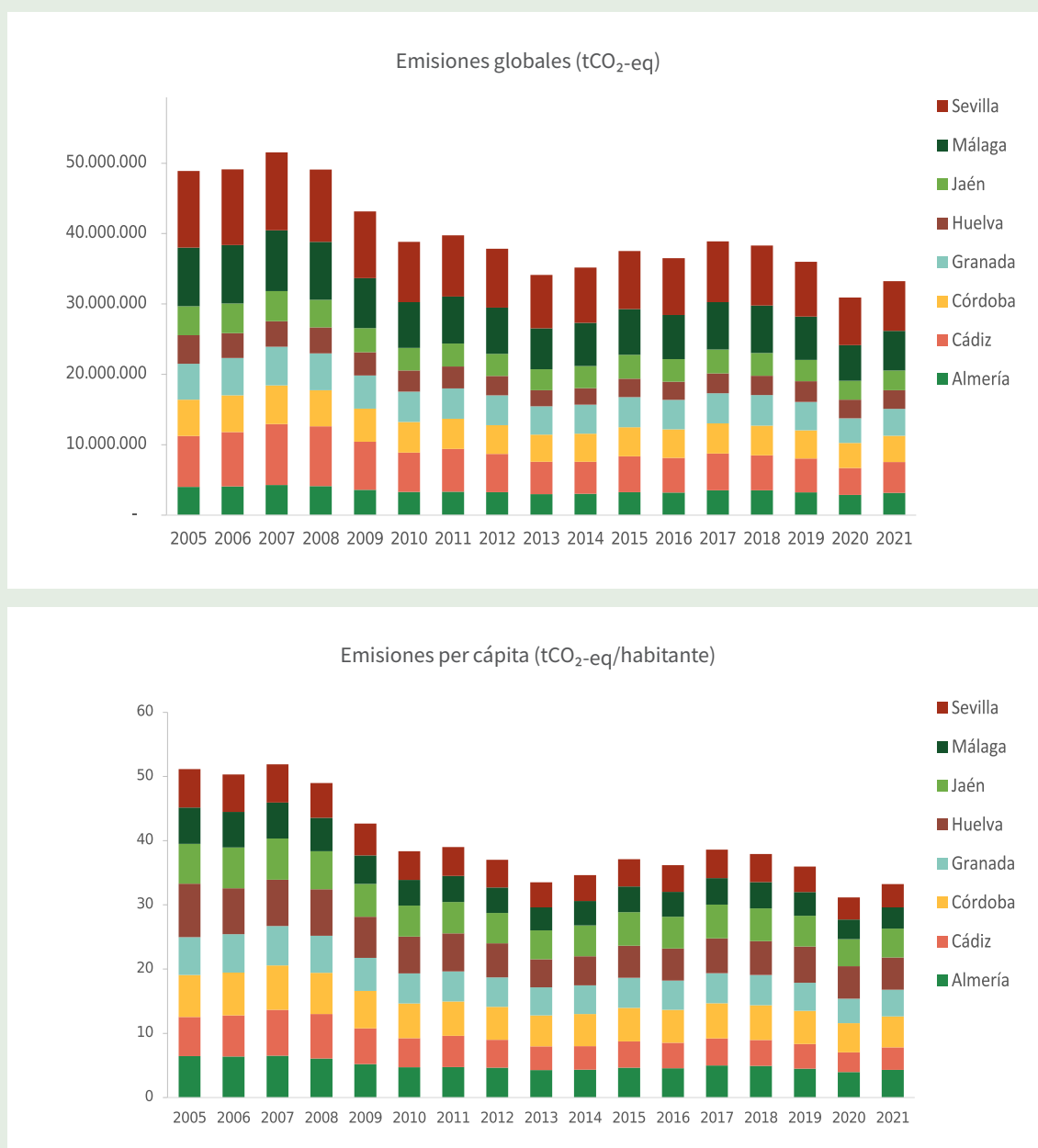
Las emisiones de GEI en las provincias andaluzas siguieron patrones similares entre 2005 y 2021. Tras una tendencia descendente generalizada que alcanzó su mínimo histórico en 2013-2014 (con Huelva registrando 2.292.032 tCO_{2-eq} y 4,41 tCO_{2-eq} per cápita), el fin de la crisis económica global impulsó un nuevo periodo de crecimiento hasta 2017-2018. En este periodo, Almería, Córdoba y Jaén superaron de nuevo las 5 tCO_{2-eq} per cápita.

En los últimos años de la serie, todas las provincias han experimentado un marcado descenso en sus emisiones, iniciado en 2019 y acentuado de manera notable en 2020 como consecuencia de la crisis sanitaria por la COVID-19. Las restricciones asociadas a la pandemia, que redujeron significativamente la actividad económica e industrial, llevaron a que todas las provincias, excepto Huelva, alcanzaran en 2020 sus mínimos históricos de emisiones.

A partir de 2019, se observa un descenso pronunciado en las emisiones de todas las provincias, acentuado en 2020 por la pandemia de COVID-19. Las restricciones a la actividad económica e industrial llevaron a mínimos históricos de emisiones en todas las provincias excepto Huelva.

Huelva, con una economía centrada en industrias intensivas en energía como el polo químico, la metalurgia y la refinería de petróleo, mantuvo sus emisiones en 2020. La naturaleza esencial de estas industrias y su funcionamiento continuo, menos susceptible a las restricciones de la pandemia, explican esta diferencia. Sectores como la generación de energía y la minería también contribuyeron a la estabilidad de las emisiones en Huelva, contrastando con la mayor contracción de sectores como el transporte, el turismo y los servicios en otras provincias.

Gráfico 5. Evolución provincial de las emisiones globales y per cápita en Andalucía en el periodo 2005-2021.



Fuente: Elaboración propia a partir de la aplicación HCM.

Entre 2005 y 2021, las emisiones totales de GEI han experimentado importantes descensos en todas las provincias andaluzas, con reducciones generalmente superiores al 30%, salvo en los casos de Almería (21,2%), Granada (25,1%) y Córdoba (27,5%). Destaca Cádiz como la provincia con la mayor disminución de emisiones totales, alcanzando un 39,6%. Esto se debe fundamentalmente a varios factores clave relacionados con la evolución de su actividad económica, la estructura de su matriz energética y las políticas implementadas en la provincia.

En términos de emisiones per cápita, el comportamiento ha sido similar, con descensos significativos en todas las provincias, algunos superiores al 40%. Cádiz, Málaga y Sevilla lideran esta reducción, con valores que van desde el 39,2% en Sevilla hasta el 42,4% en Cádiz, donde las emisiones per cápita pasaron de 6,08 tCO₂-eq/habitante en 2005 a 3,50 tCO₂-eq/habitante en 2021. Por el contrario, Córdoba muestra la menor reducción per cápita, con un 26,4%, situándose notablemente por debajo de la media regional.

En 2021, la reactivación de la actividad económica tras la crisis sanitaria causada por la pandemia de COVID-19 provocó en todas las provincias, con la excepción de Huelva, un ligero aumento en las emisiones totales y per cápita en comparación con 2020. Cádiz destacó por registrar el mayor incremento en emisiones totales, con un aumento del 13,9% respecto al año anterior y también lidera las emisiones per cápita, registrando un incremento del 13,8% en relación a 2020. Huelva, destaca con una ligera disminución del 0,1% de las emisiones y 0,5% de emisiones per cápita respecto al año anterior.

Tabla. 1 Variación provincial de las emisiones (tCO₂-eq) en el periodo 2005-2021.

Provincia	2005	2020	2021	2020-2021	2005-2021
Almería	4.022.050	2.879.099	3.170.449	10,1%	-21,2%
Cádiz	7.225.388	3.833.037	4.365.525	13,9%	-39,6%
Córdoba	5.158.279	3.547.394	3.739.257	5,4%	-27,5%
Granada	5.103.632	3.496.290	3.820.415	9,3%	-25,1%
Huelva	4.066.212	2.656.888	2.654.893	-0,1%	-34,7%
Jaén	4.099.422	2.673.342	2.811.197	5,2%	-31,4%
Málaga	8.340.255	5.085.475	5.627.740	10,7%	-32,5%
Sevilla	10.892.929	6.765.373	7.067.746	4,5%	-35,1%
Andalucía	48.908.166	30.936.898	33.257.221	7,5%	-32,0%

Fuente: Elaboración propia a partir de la aplicación HCM.

Tabla. 2 Variación provincial per cápita de las emisiones (tCO₂-eq/habitante) en el periodo 2005-2021.

Provincia	2005	2020	2021	2020-2021	2005-2021
Almería	6,44	3,94	4,31	9,2%	-33,2%
Cádiz	6,08	3,08	3,50	13,8%	-42,4%
Córdoba	6,56	4,55	4,83	6,0%	-26,4%
Granada	5,88	3,80	4,14	9,1%	-29,5%
Huelva	8,33	5,06	5,03	-0,5%	-39,6%
Jaén	6,20	4,25	4,49	5,8%	-27,5%
Málaga	5,66	3,01	3,30	9,6%	-41,8%
Sevilla	5,97	3,47	3,63	4,5%	-39,2%
Andalucía	6,18	3,65	3,92	7,3%	-36,6%

Fuente: Elaboración propia a partir de la aplicación HCM.

A continuación, se procede a hacer un análisis detallado por provincias, donde se exponen los principales resultados de emisiones de tCO₂-eq y una comparativa entre los diferentes sectores.

3.2.1.1 Almería

En 2021, la provincia de Almería registró emisiones totales de 3.170.449 tCO₂-eq, lo que representa un aumento del 10,1% respecto al año anterior y una disminución del 21,2% en comparación con 2005. En términos de emisiones per cápita, Almería alcanzó un total de 4,31 tCO₂-eq/habitante, ligeramente por encima de la media andaluza. Estas emisiones per cápita reflejan un incremento interanual del 9,2% y una reducción acumulada del 33,2% en relación con 2005.

El transporte se posiciona como el principal sector emisor de la provincia, representando el 40% del total de emisiones, equivalente a 1.267.649 tCO₂-eq, lo que supone un incremento del 32,5% respecto a 2020. Dentro de este sector, las principales fuentes de emisiones son el transporte privado y comercial, destacando los turismos (70,2%), seguidos por las furgonetas (17,3%) y los camiones (8,9%). En contraste, los ciclomotores constituyen el tipo de transporte menos contaminante, contribuyendo solo con el 0,6% de las emisiones del sector, equivalentes a 6.790 tCO₂-eq.

Esta situación estuvo condicionada en gran medida por la recuperación económica tras la pandemia de la COVID-19 que impulsó un aumento de la movilidad, especialmente en transporte privado y comercial. Además la configuración geográfica y económica de Almería, caracterizada por actividades como la agricultura intensiva y la exportación de productos, genera una alta dependencia del transporte terrestre para el traslado de bienes y por último la prevalencia de vehículos con motores de combustión interna, que contribuyen al elevado volumen de emisiones en el sector.

Gráfico 6. Emisiones (tCO₂-eq) en Almería por sectores 2021.

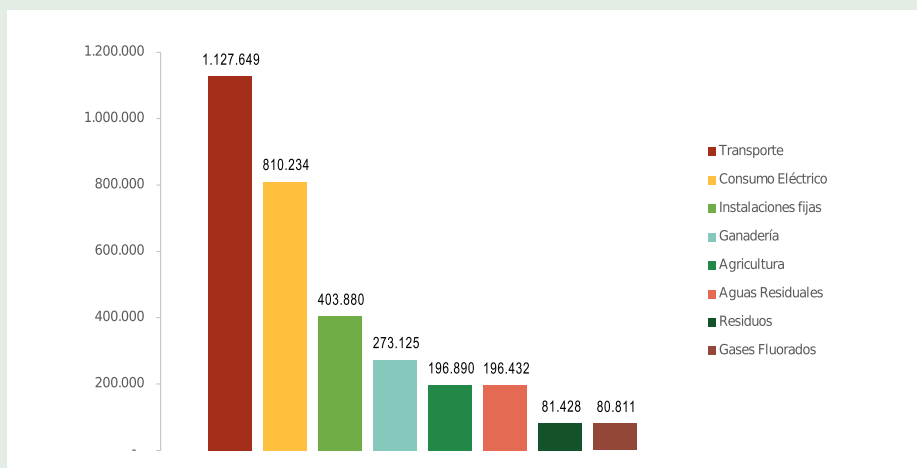


Gráfico 7. Evolución de las emisiones (tCO₂-eq) en Almería en el periodo 2005-2021.

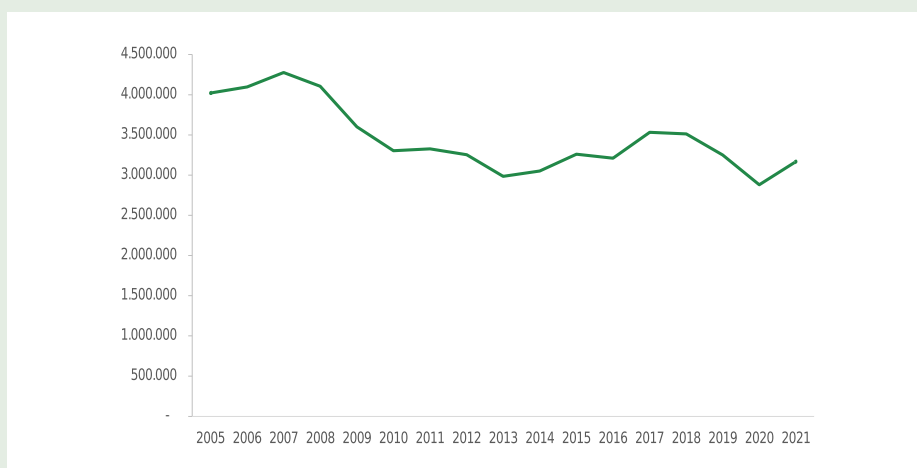
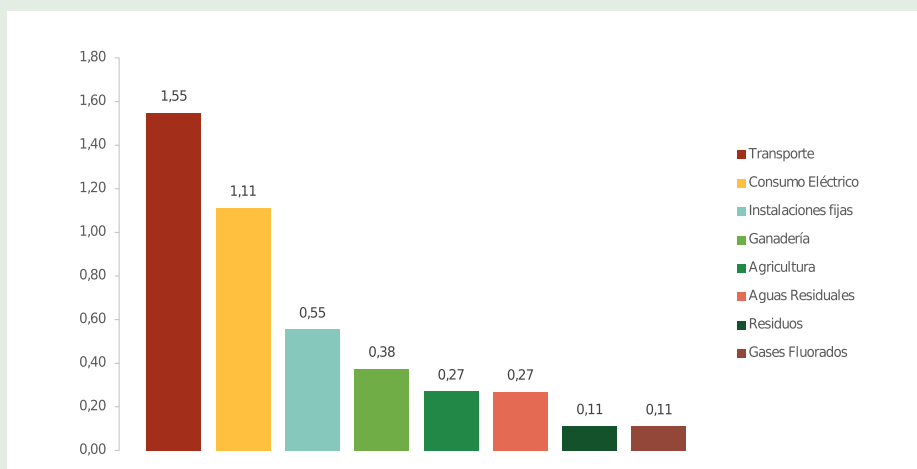


Gráfico 8. Emisiones per cápita (tCO₂-eq/habitante) en Almería por sectores, 2021.



Fuente: Elaboración propia a partir de la aplicación HCM.

3.2.1.2 Cádiz

En 2021, la provincia de Cádiz generó un total de 4.365.525 tCO₂-eq, lo que representa un aumento del 13,9% respecto al año anterior, aunque mantiene una reducción significativa del 39,6% en comparación con 2005. En términos de emisiones per cápita, Cádiz alcanzó los 3,50 tCO₂-eq/habitante, un valor ligeramente inferior a la media andaluza. Estas emisiones reflejan un incremento interanual del 13,8%, pero una notable disminución acumulada del 42,4 % en relación con 2005.

El sector del transporte lidera como la principal fuente de emisiones en la provincia, contribuyendo con el 34,5% del total, equivalente a 1.504.587 tCO₂-eq, lo que supone un aumento del 19,9% respecto a 2020. Dentro de este sector, destacan los turismos, responsables del 77,01 % de las emisiones, seguidos por las furgonetas (12,24 %) y los camiones (5,59 %). En contraste, los ciclomotores son el tipo de transporte menos contaminante, representando solo el 1,12% del total del sector, equivalente a 16.903 tCO₂-eq.

Les siguieron en importancia, el sector las emisiones del sector de consumo eléctrico e instalaciones fijas han reducido significativamente su diferencia, respecto al 2020.

Un caso particular en Cádiz es el tratamiento de las aguas residuales, que generó 291.559 tCO₂-eq, lo que equivale al 6,7% de las emisiones totales de la provincia. Este porcentaje es significativamente superior al registrado en otras provincias, reflejando la importancia relativa de este sector en el balance de emisiones de Cádiz.

Gráfico 9. Emisiones (tCO₂-eq) en Cádiz por sectores 2021.

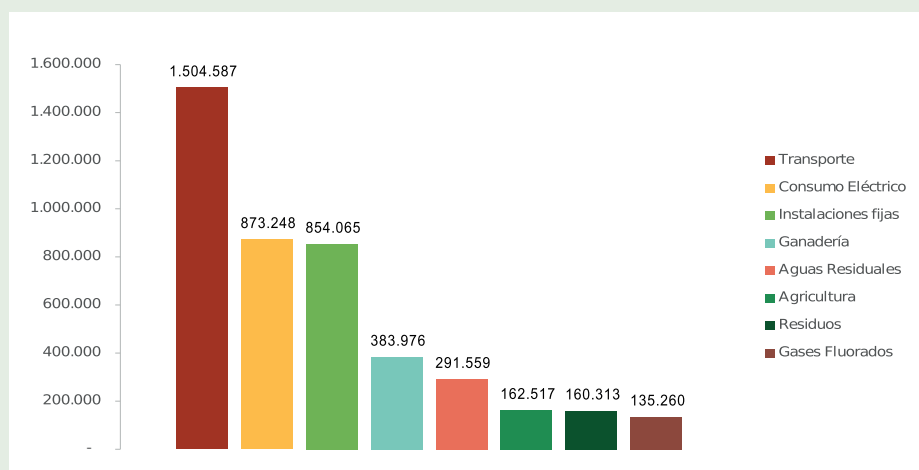


Gráfico 10. Evolución de las emisiones (tCO₂-eq) en Cádiz en el periodo 2005-2021.

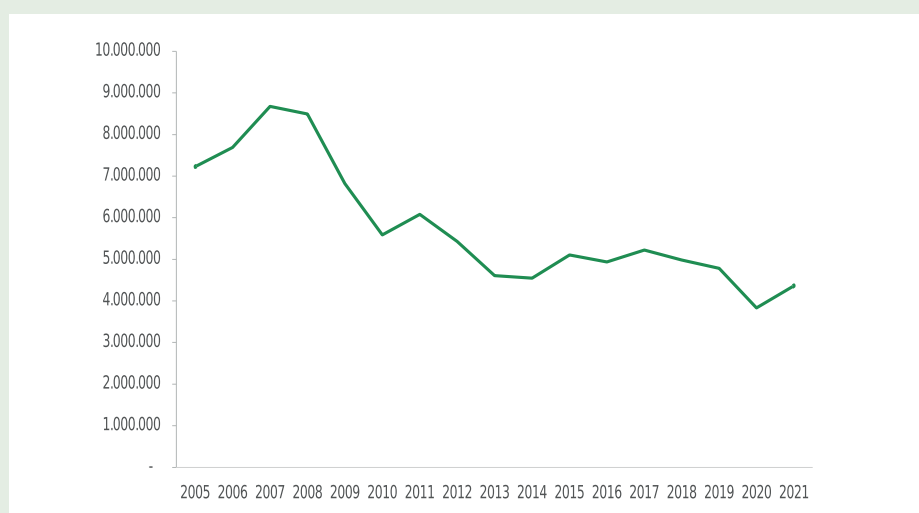
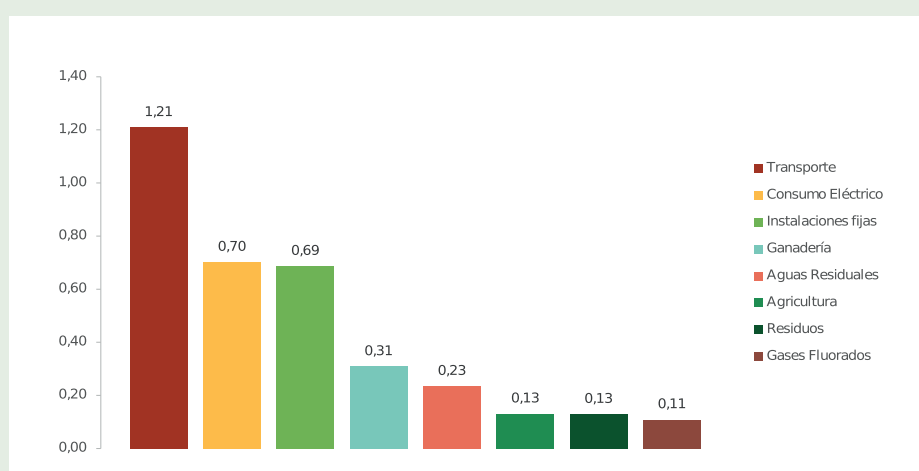


Gráfico 11. Emisiones per cápita (tCO₂-eq/habitante) en Cádiz por sectores, 2021.



Fuente: Elaboración propia a partir de la aplicación HCM.

3.2.1.3 Córdoba

En 2021, Córdoba emitió 3.739.257 tCO₂-eq, un 5,4% más que en 2020, pero un 27,5% menos que en 2005. Las emisiones per cápita alcanzaron las 4,83 tCO₂-eq/habitante, un incremento interanual del 6,0% pero una reducción acumulada del 26,4% respecto a 2005.

El transporte se mantuvo como el principal sector emisor, representando el 30,6 % de las emisiones totales, equivalente a 1.144.590 tCO₂-eq, con un aumento del 19,3% respecto a 2020. Dentro de este sector, destacan las emisiones generadas por el transporte privado y comercial, con los turismos como principales responsables (69,37 %), seguidos por las furgonetas (21,15%) y los camiones (5,81%). En contraste, los ciclomotores son el tipo de transporte menos contaminante, contribuyendo solo con el 0,73 % del total del sector, equivalente a 8.374 tCO₂-eq.

La agricultura y la ganadería también desempeñan un papel destacado en las emisiones de Córdoba, representando en conjunto el 26,08% del total provincial. De forma individual, la agricultura aporta el 9,03% (337.771 tCO₂-eq), mientras que la ganadería contribuye con el 17,05% (637.617 tCO₂-eq), reflejando la importancia de estos sectores en el perfil de emisiones de la provincia.

Gráfico 12. Emisiones (tCO₂-eq) en Córdoba por sectores 2021.

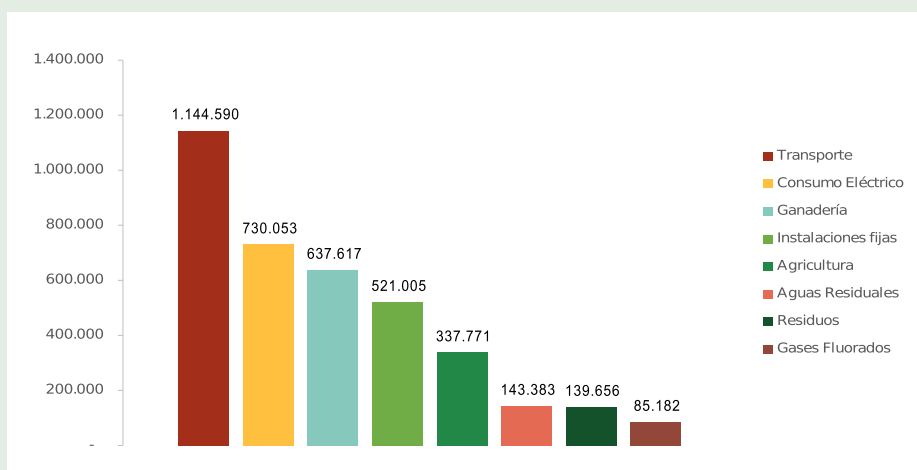


Gráfico 13. Evolución de las emisiones (tCO₂-eq) en Córdoba en el periodo 2005-2021.

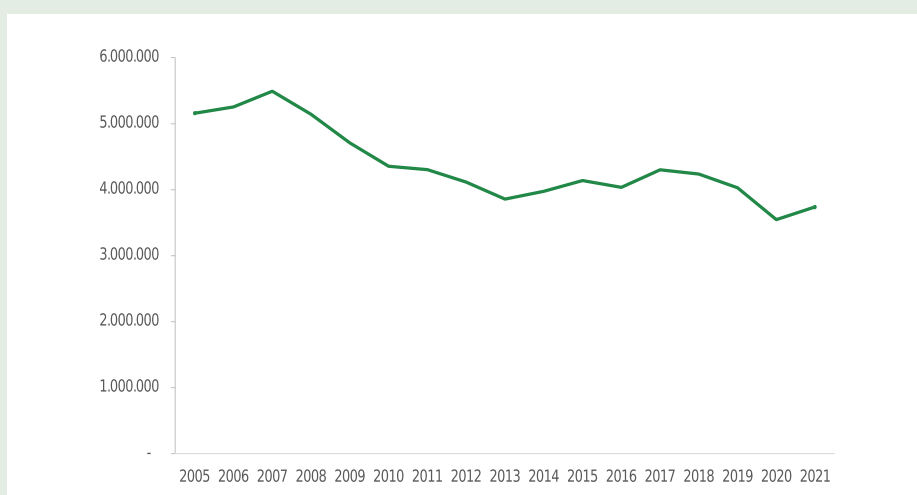
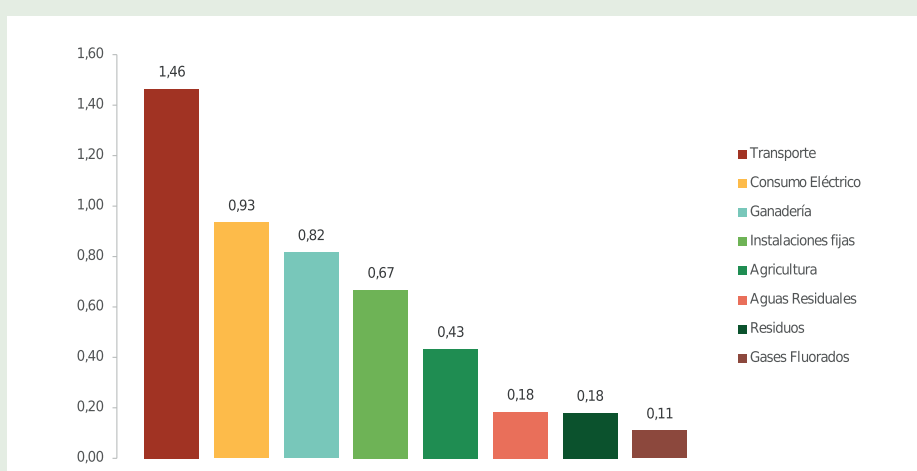


Gráfico 14. Emisiones per cápita (tCO₂-eq/habitante) en Córdoba por sectores, 2021.



Fuente: Elaboración propia a partir de la aplicación HCM.

3.2.1.4 Granada

En 2021, la provincia de Granada generó un total de 3.820.415 tCO₂-eq, lo que representa un incremento del 9,3% respecto al año anterior y una reducción acumulada del 25,1% en comparación con 2005. En términos de emisiones per cápita, Granada registró 4,14 tCO₂-eq/habitante, con un aumento interanual del 9,1% y una disminución del 29,5% en relación con 2005.

El transporte continúa siendo el principal sector emisor en la provincia, aportando el 36,2% del total de las emisiones, equivalente a 1.381.745 tCO₂-eq, con un aumento del 19,7% respecto a 2020. Dentro de este sector, destacan las emisiones generadas por los turismos, que representan el 68,8% del total, seguidos por las furgonetas (19,8%) y los camiones (6,31%). Por otro lado, los ciclomotores son el medio de transporte con menor impacto en las emisiones, contribuyendo con solo el 0,82% del sector, lo que equivale a 11.368 tCO₂-eq.

Gráfico 15. Emisiones (tCO₂-eq) en Granada por sectores 2021.

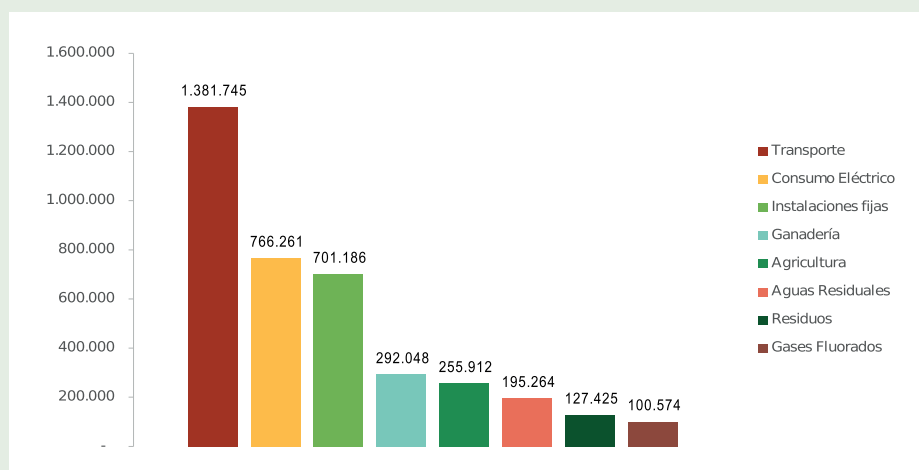


Gráfico 16. Evolución de las emisiones (tCO₂-eq) en Granada en el periodo 2005-2021.

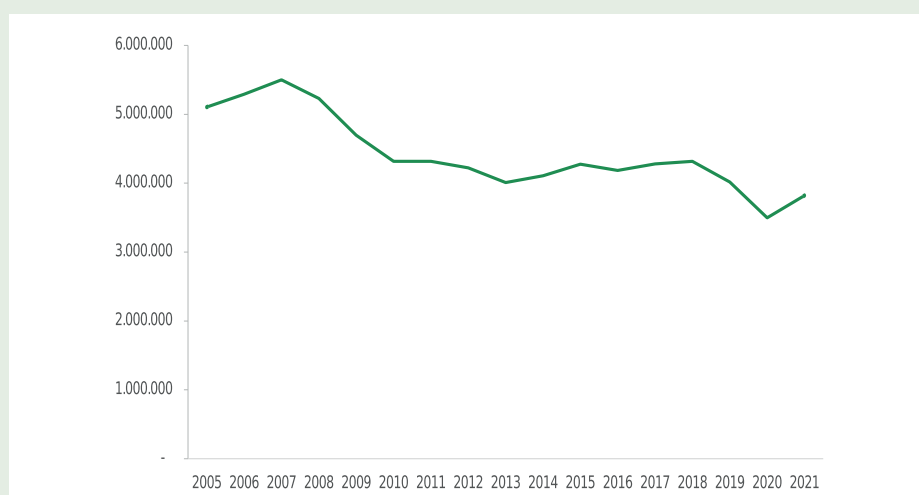
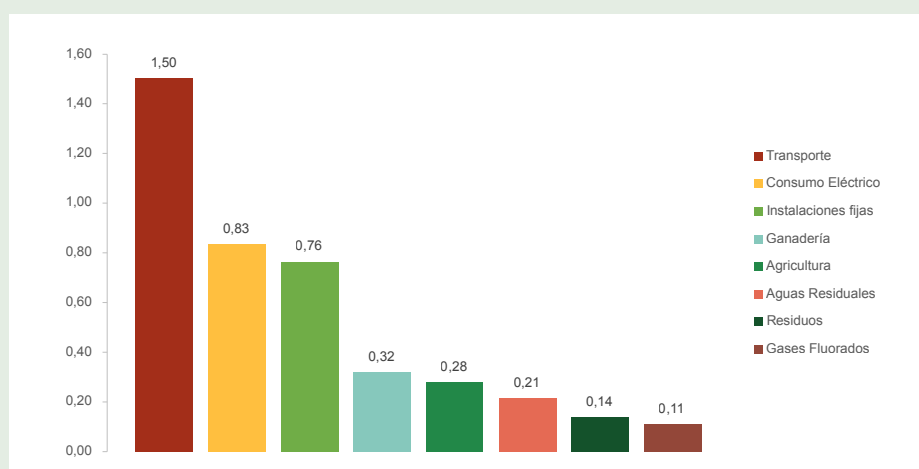


Gráfico 17. Emisiones per cápita (tCO₂-eq/habitante) en Granada por sectores, 2021.



Fuente: Elaboración propia a partir de la aplicación HCM.

3.2.1.5 Huelva

Durante el 2021, Huelva se posicionó como la provincia con el menor nivel de emisiones en Andalucía, alcanzando un total de 2.654.893 tCO₂-eq, lo que representa una ligera disminución del 0,1% respecto al año anterior y una reducción acumulada del 34,7% en comparación con 2005. En cuanto a emisiones per cápita, Huelva registró 5,03 tCO₂-eq/habitante, un valor superior a la media andaluza. Esto supone una disminución interanual del 0,5% y una reducción del 39,6% con relación a 2005.

A diferencia del resto de las provincias andaluzas, en Huelva el consumo eléctrico constituye la principal fuente de emisiones, representando el 27,8 % del total y alcanzando 739.067 tCO₂-eq. Dentro de este ámbito, el subsector industrial es el mayor contribuyente, con un 41,37% de las emisiones totales, seguido del subsector residencial, que aporta el 26%. Estos datos subrayan el peso del consumo eléctrico de la actividad industrial en la estructura de emisiones de Huelva.

Gráfico 18. Emisiones (tCO₂-eq) en Huelva por sectores 2021.

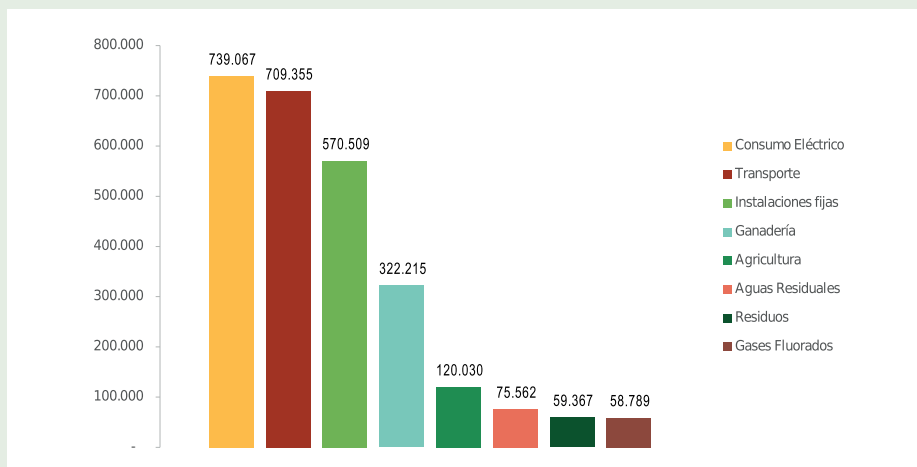


Gráfico 19. Evolución de las emisiones (tCO₂-eq) en Huelva en el periodo 2005-2021.

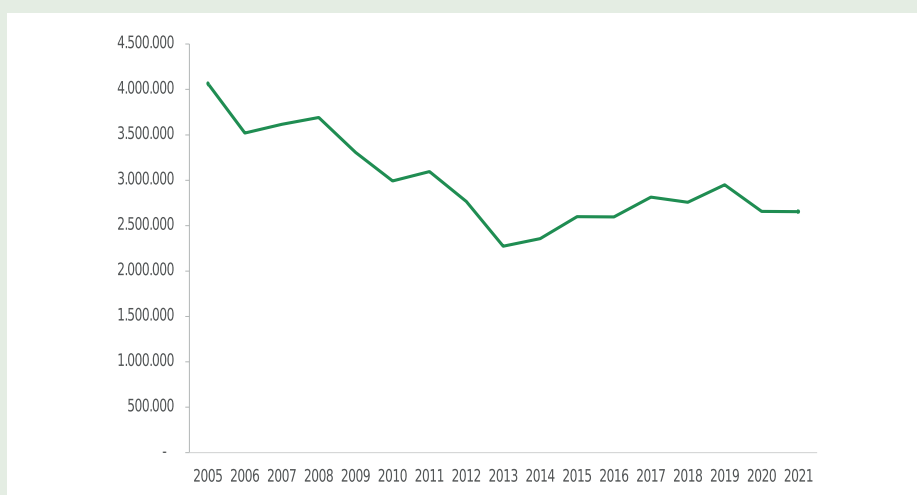
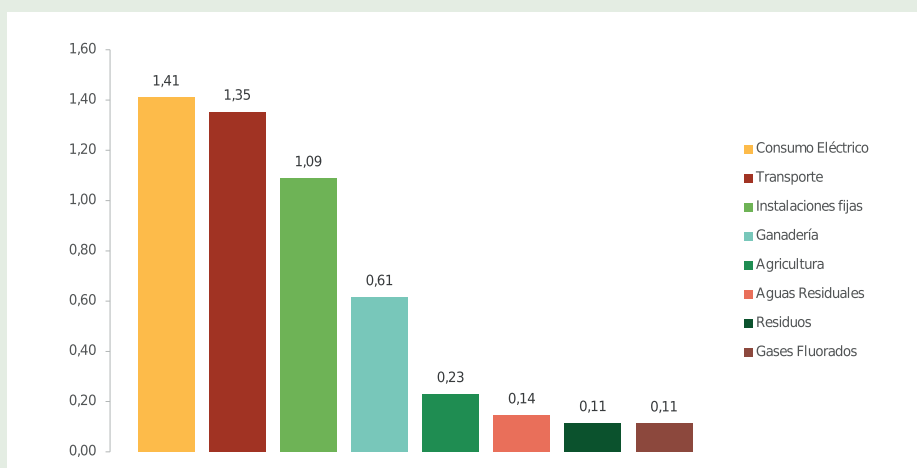


Gráfico 20. Emisiones per cápita (tCO₂-eq/habitante) en Huelva por sectores, 2021.



Fuente: Elaboración propia a partir de la aplicación HCM.

3.2.1.6 Jaén

En 2021, la provincia de Jaén generó 2.811.197 tCO₂-eq, lo que representa un aumento del 5,2% respecto al año anterior y una disminución acumulada del 31,4% en comparación con 2005. En términos de emisiones per cápita, Jaén registró 4,49 tCO₂-eq/habitante, un valor superior a la media andaluza, con un incremento interanual del 5,8% y una reducción del 27,5% en relación con 2005.

El transporte se mantiene como el principal sector emisor de la provincia, representando el 36,8% del total, equivalente a 1.035.777 tCO₂-eq, lo que supone un aumento del 19,8% con respecto a 2020. Dentro de este sector, los turismos son los mayores responsables, contribuyendo con el 60,8% de las emisiones, seguidos por las furgonetas (29,3%) y los camiones (6,8%). Por el contrario, los ciclomotores son el medio de transporte menos contaminante, generando solo el 0,6% de las emisiones del sector, equivalentes a 6.608 tCO₂-eq.

Gráfico 21. Emisiones (tCO₂-eq) en Jaén por sectores 2021.

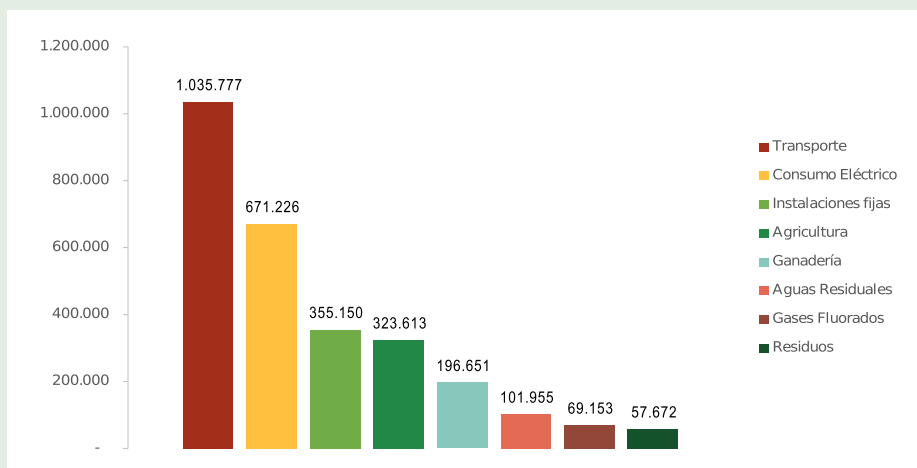


Gráfico 22. Evolución de las emisiones (tCO₂-eq) en Jaén en el periodo 2005-2021.

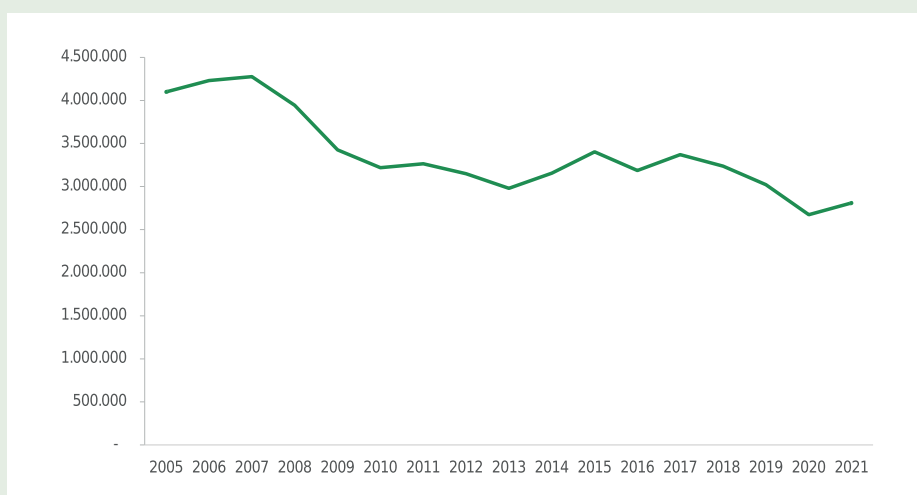
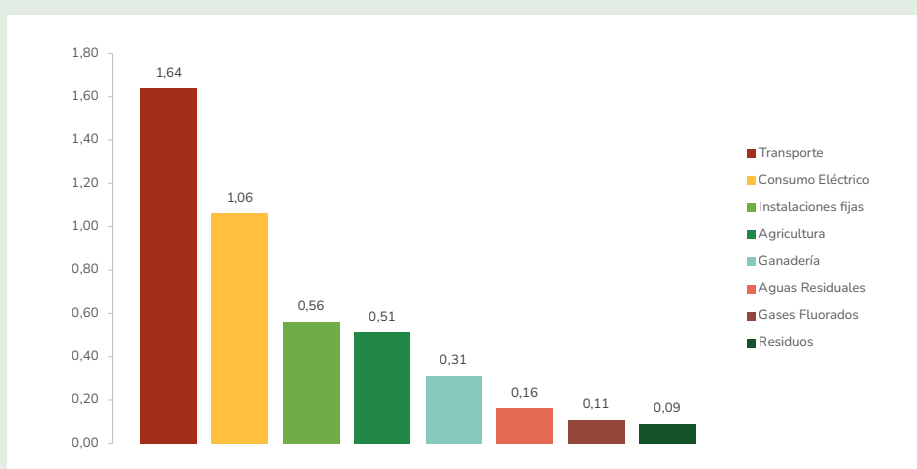


Gráfico 23. Emisiones per cápita (tCO₂-eq/habitante) en Jaén por sectores, 2021.



Fuente: Elaboración propia a partir de la aplicación HCM.

3.2.1.7 Málaga

En 2021, Málaga alcanzó un total de 5.627.740 tCO₂-eq en emisiones, lo que supone un aumento del 10,7% en comparación con el año anterior, aunque mantiene una reducción acumulada del 32,5% respecto a 2005.

Por habitante, las emisiones se situaron en 3,30 tCO₂-eq/habitante, la cifra más baja de toda Andalucía. Este dato refleja un incremento interanual del 9,6% pero una destacada disminución del 41,8% frente a 2005. Esto se debe a varios factores interrelacionados:

- Crecimiento poblacional. Málaga ha experimentado un notable incremento demográfico en las últimas décadas, especialmente debido al atractivo turístico y residencial. Este crecimiento de población diluye las emisiones totales en el cálculo per cápita.
- Transición energética. Se ha avanzado en la adopción de fuentes de energía más limpias y eficientes, tanto a nivel doméstico como industrial, reduciendo el impacto de las actividades tradicionales.
- Mejora del transporte público. Aunque el transporte privado sigue siendo relevante, la modernización y ampliación de la red de transporte público (metro y autobuses) y el aumento de usuarios han contribuido a disminuir la dependencia del automóvil particular.

El transporte fue el sector con mayor contribución a las emisiones provinciales, representando el 41,04% del total, equivalente a 2.309.629 tCO₂-eq, con un notable aumento del 20,9% respecto a 2020. En este ámbito, los turismos lideraron como los principales emisores, con el 71% de las emisiones del transporte, seguidos por las furgonetas (18,3%) y los camiones (5,7%). Por otro lado, los ciclomotores destacaron como el medio de transporte menos contaminante, generando apenas el 0,7% de las emisiones del sector, lo que equivale a 17.125 tCO₂-eq.

Gráfico 24. Emisiones (tCO₂-eq) en Málaga por sectores 2021.

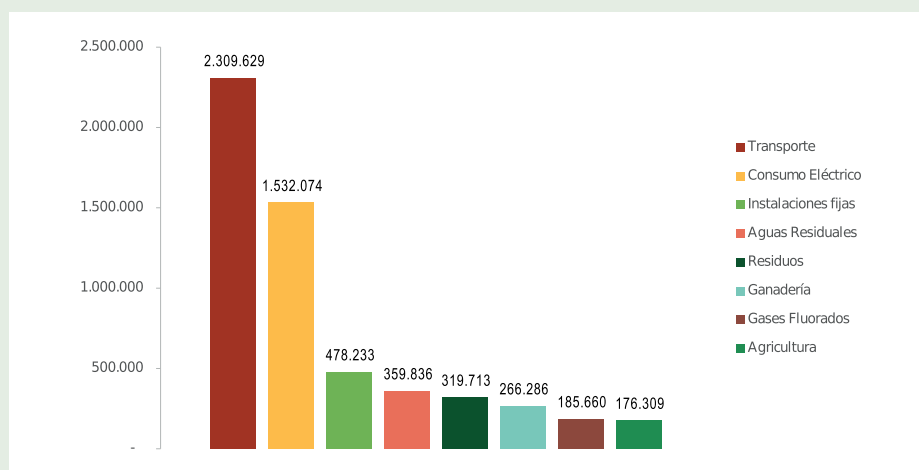


Gráfico 25. Evolución de las emisiones (tCO₂-eq) en Málaga en el periodo 2005-2021.

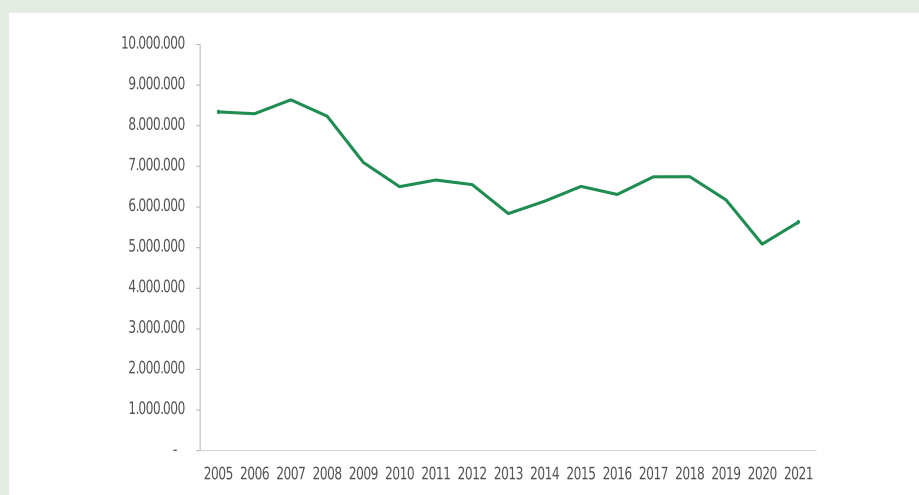
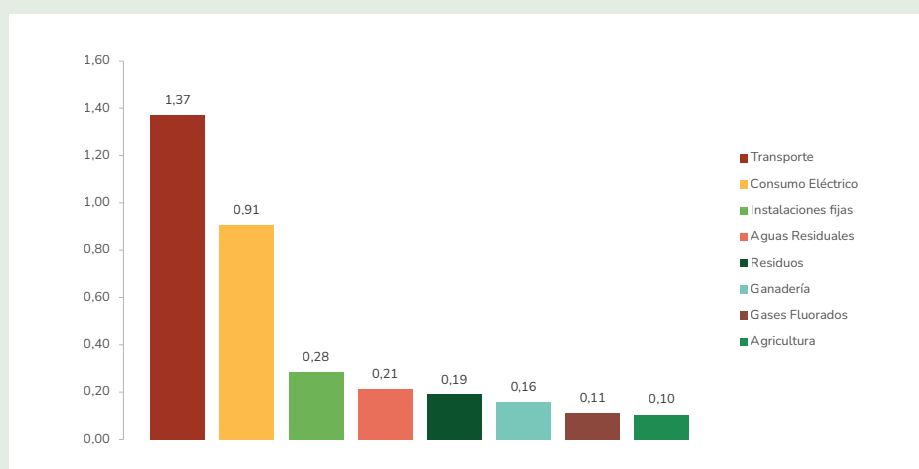


Gráfico 26. Emisiones per cápita (tCO₂-eq/habitante) en Málaga por sectores, 2021.



Fuente: Elaboración propia a partir de la aplicación HCM.

3.2.1.8 Sevilla

En 2021, Sevilla emitió un total de 7.067.746 tCO₂-eq, lo que representa un aumento del 4,5% respecto al año anterior y una reducción del 35,1% en comparación con 2005. En cuanto a las emisiones per cápita, Sevilla generó 3,63 tCO₂-eq por habitante, un valor inferior a la media andaluza, con una variación interanual del 4,5% y una disminución del 39,2% en las emisiones por habitante respecto a 2005.

Como en la mayoría de las provincias, el transporte sigue siendo el principal sector emisor, representando el 34,7% del total de las emisiones, con 2.451.103 tCO₂-eq, lo que supone un incremento del 19% en comparación con 2020. Dentro del sector transporte, las emisiones provienen principalmente de los turismos (77,9%), seguidos de las furgonetas (11,8%) y los camiones (6%). El tipo de transporte menos contaminante sigue siendo el de los ciclomotores, que contribuyen con el 0,8% del total de las emisiones del sector, equivalentes a 19.959 tCO₂-eq.

Gráfico 27. Emisiones (tCO₂-eq) en Sevilla por sectores 2021.

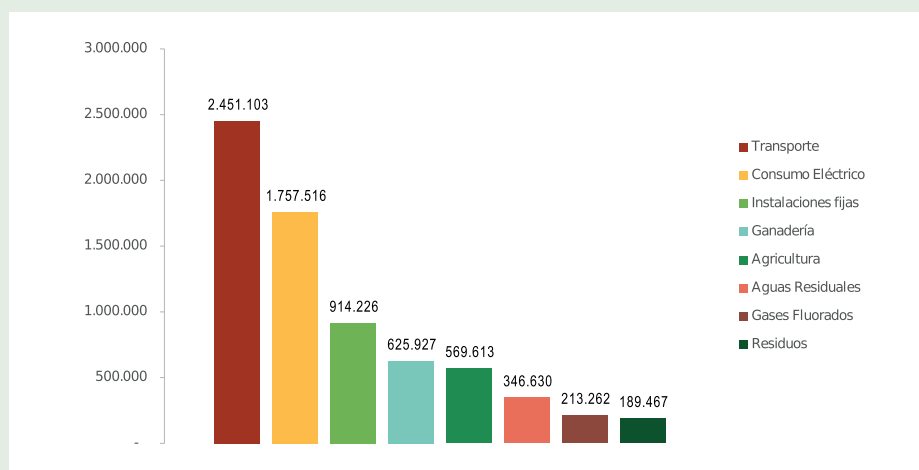


Gráfico 28. Evolución de las emisiones (tCO₂-eq) en Sevilla en el periodo 2005-2021.

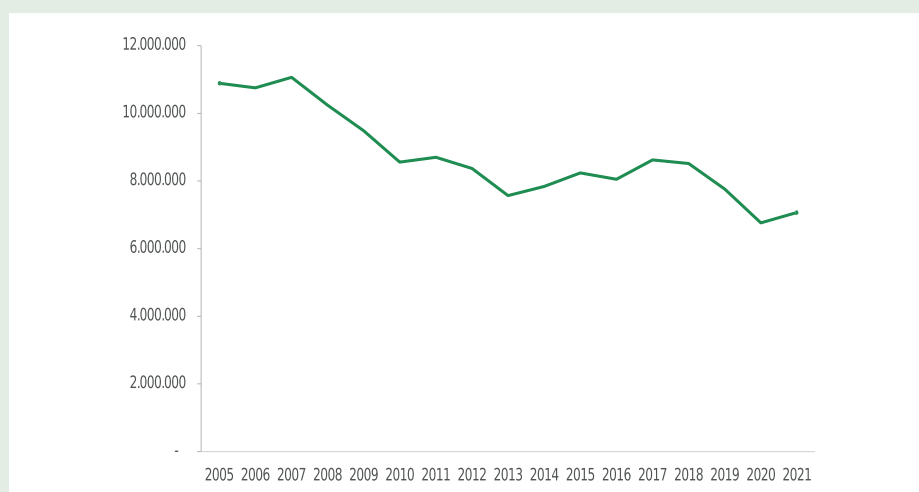
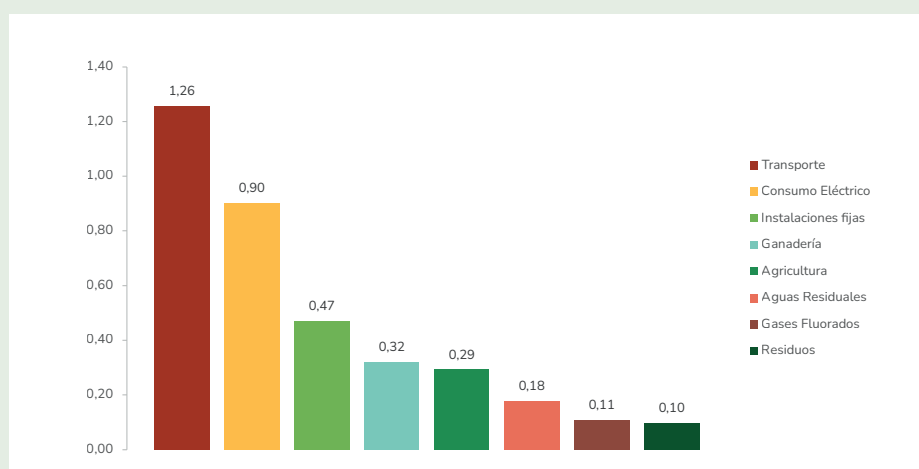


Gráfico 29. Emisiones per cápita (tCO₂-eq/habitante) en Sevilla por sectores, 2021.



Fuente: Elaboración propia a partir de la aplicación HCM.

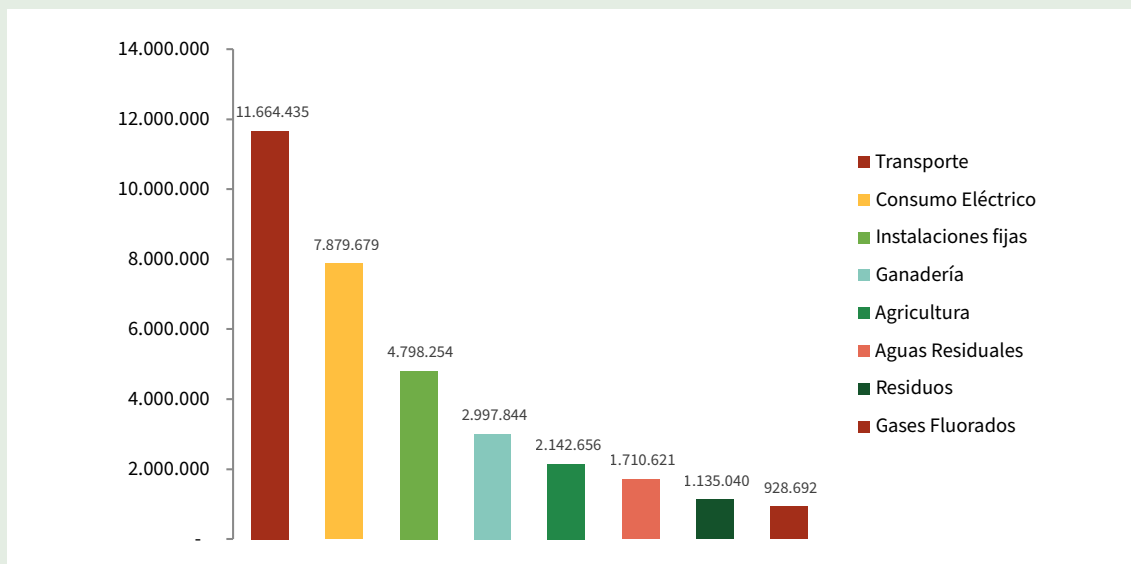
3.3 Estructura y origen de las emisiones

El sector del transporte es el principal emisor de GEI en Andalucía, representando en 2021 el 35,1% del total de las emisiones, lo que equivale a 11.664.435 tCO₂-eq. Le sigue en importancia el consumo eléctrico, con un 23,7% y 7.879.679 tCO₂-eq. Juntos, ambos sectores suman más del 58% de las emisiones totales en la región.

La recuperación económica post-pandemia en 2021, con el levantamiento de restricciones y el retorno a la normalidad, impulsó un aumento significativo en la movilidad y la actividad industrial. El incremento en el uso del transporte, tanto privado como comercial, elevó las emisiones debido al mayor consumo de combustibles fósiles. Paralelamente, la reactivación industrial a plena capacidad incrementó la demanda de electricidad.

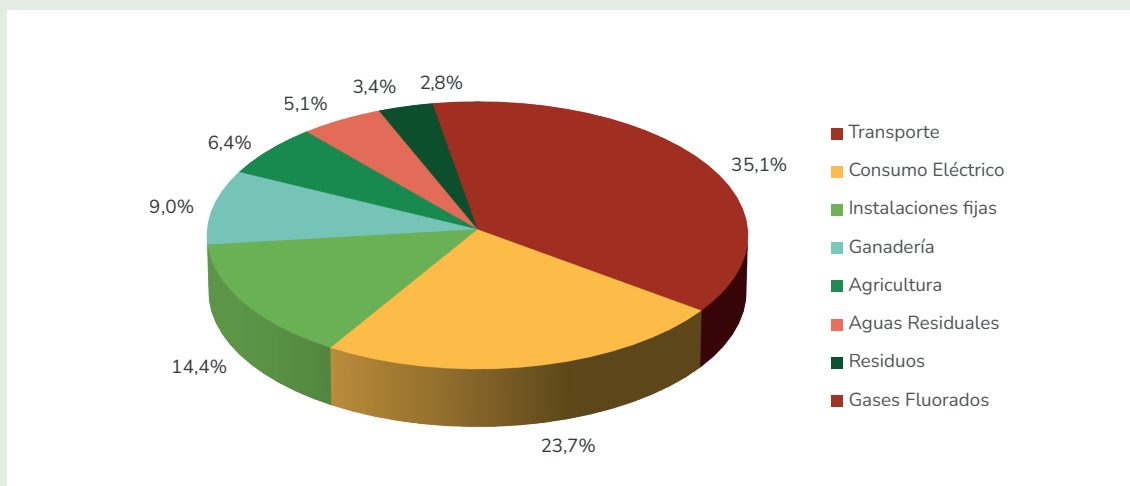
Por otro lado, sectores como los residuos y los gases fluorados contribuyen en conjunto con un 6,2% de las emisiones (3,4% y 2,8%, respectivamente), situándose cerca del millón de tCO₂-eq. Otros sectores, como las instalaciones fijas de combustión y la gestión de las aguas residuales, representan el 14,4% y el 5,1% de las emisiones, respectivamente. En cuanto a la agricultura y la ganadería, juntas alcanzan el 15,4% de las emisiones totales, con la agricultura contribuyendo con un 6,4% y la ganadería con un 9%.

Gráfico 30. Emisiones andaluzas (tCO₂-eq) por sectores en 2021.



Fuente: Elaboración propia a partir de la aplicación HCM.

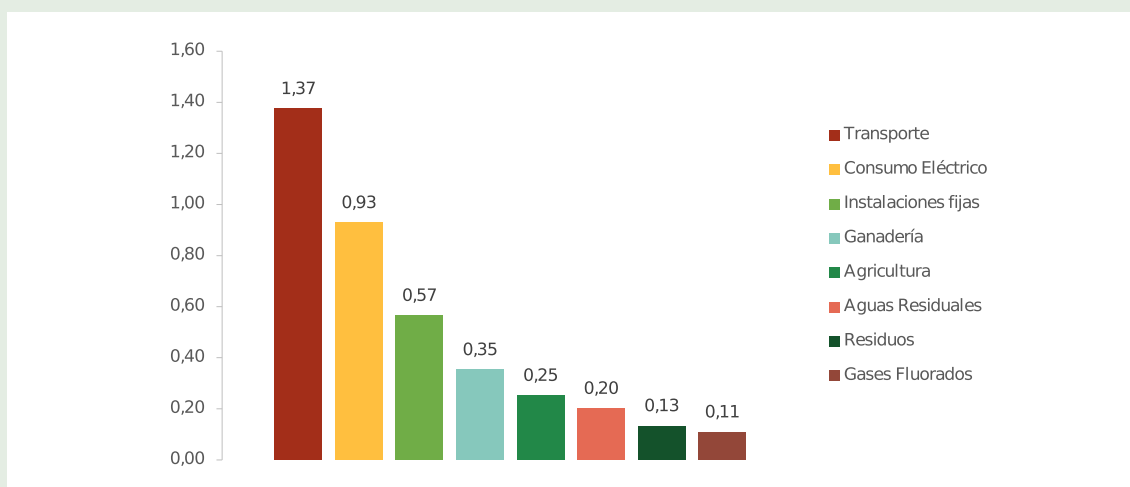
Gráfico 31. Distribución de las emisiones andaluzas por sectores en 2021.



Fuente: Elaboración propia a partir de la aplicación HCM.

En cuanto a las emisiones per cápita, el sector del transporte ha sido el principal contribuyente a la distribución sectorial de las emisiones en Andalucía en 2021, alcanzando un total de 1,37 tCO₂-eq/habitante. Le siguen el consumo eléctrico, con 0,93 tCO₂-eq/habitante, y las instalaciones de combustión fijas, con 0,57 tCO₂-eq/habitante. El resto de los sectores presentan emisiones per cápita por debajo de los 0,4 tCO₂-eq, destacándose en este contexto el sector de los gases fluorados, que es responsable de una emisión relativamente baja de 0,11 tCO₂-eq/habitante.

Gráfico 32. Aporte sectorial per cápita(tCO₂-eq/habitante) a las emisiones andaluzas, 2021.



Fuente: Elaboración propia a partir de la aplicación HCM.

La evolución de las emisiones 2005-2021 en Andalucía tiene mucho que ver con el comportamiento de los diferentes sectores económicos. Así, el periodo de subida entre 2005-2007, está muy relacionado con la situación de crecimiento económico de la región, en los que los datos de emisiones están totalmente acoplados al crecimiento del PIB, con elevadas tasas de emisiones globales, especialmente motivadas por el crecimiento del consumo eléctrico y el transporte, acompañados, aunque en menor medida, por las emisiones de las instalaciones fijas.

Las emisiones derivadas de estos tres sectores crecieron en este periodo entre el 4,7% de las instalaciones fijas, un 5,5% las del consumo eléctrico y un 6,3% las del transporte, partiendo que estos dos últimos sectores son los que más aportan a la distribución anual de las emisiones.

Tabla 3. Emisiones totales (tCO₂-eq). por sectores en Andalucía en el periodo 2005-2021.

Año	Transporte	Consumo Eléctrico	Instalaciones fijas	Ganadería	Agricultura	Aguas Residuales	Residuos	Gases Fluorados
2005	14.956.972	14.892.791	7.225.919	3.245.905	2.036.344	2.020.598	2.566.230	1.963.407
2006	15.422.471	15.145.046	6.594.690	3.240.680	2.100.793	2.043.988	2.196.031	2.393.016
2007	15.904.732	15.710.056	7.562.967	3.434.537	2.133.400	1.755.428	2.252.279	2.787.834
2008	15.245.543	14.042.341	7.686.488	3.355.827	1.741.394	1.790.989	2.261.239	2.968.444
2009	13.699.336	11.610.160	6.390.939	3.135.955	1.841.548	1.651.169	2.080.384	2.738.947
2010	12.679.416	8.934.788	5.965.777	2.740.939	2.009.639	1.812.268	1.939.063	2.752.846
2011	11.816.225	10.439.742	6.161.225	2.959.762	1.847.518	1.880.423	1.863.871	2.781.856
2012	10.393.518	10.984.564	5.368.088	2.819.329	1.832.140	1.793.702	1.786.843	2.871.106
2013	10.762.246	8.286.667	4.220.104	2.736.310	1.998.712	1.862.861	1.346.219	2.911.597
2014	10.998.458	8.530.534	4.426.049	2.793.353	2.242.188	1.830.826	1.469.040	2.885.019
2015	11.330.276	11.509.009	4.566.825	2.888.266	2.198.924	1.808.097	1.553.139	1.675.747
2016	11.214.725	10.674.273	4.754.850	2.931.538	2.063.177	1.769.916	1.452.052	1.648.694
2017	11.566.171	12.970.933	4.827.177	2.948.314	2.250.280	1.778.366	1.191.511	1.355.088
2018	12.060.777	12.261.718	4.797.507	2.948.506	2.172.763	1.707.880	1.196.545	1.163.910
2019	12.172.575	9.339.470	5.238.086	3.021.574	2.169.941	1.716.379	1.229.761	1.096.849
2020	9.768.978	7.336.742	4.804.789	3.051.082	2.114.577	1.785.049	1.117.981	957.700
2021	11.664.435	7.879.679	4.798.254	2.997.844	2.142.656	1.710.621	1.135.040	928.692

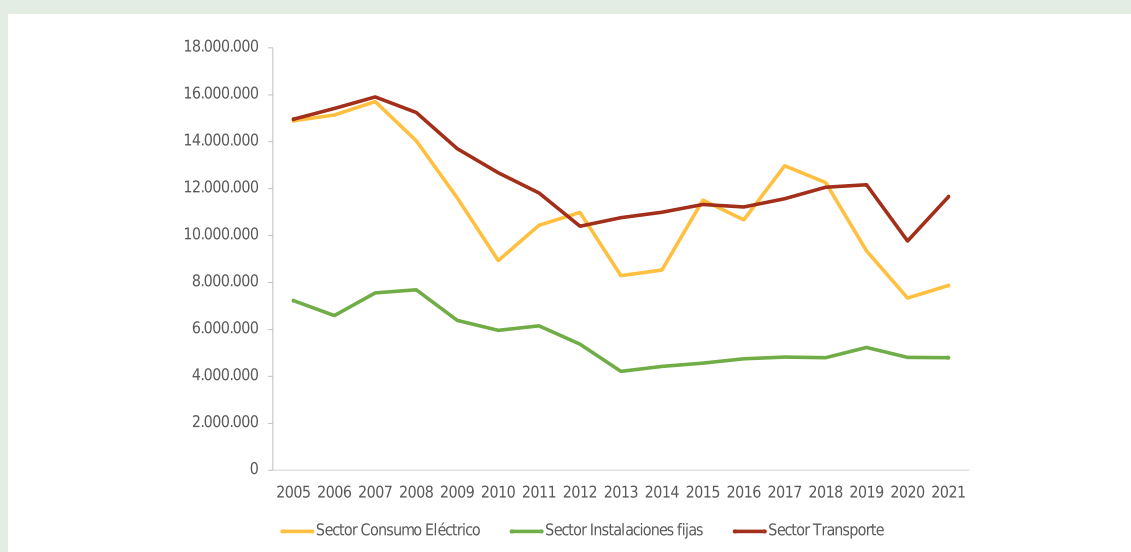
Fuente: Elaboración propia a partir de la aplicación HCM.

El periodo de descenso significativo en las emisiones andaluzas entre 2007 y 2013 se debió principalmente a la reducción generalizada en los sectores de consumo eléctrico, instalaciones fijas y transporte. Las emisiones del consumo eléctrico se redujeron de 15.710.056 tCO₂-eq en 2007 a 8.286.667 tCO₂-eq en 2013, lo que representa una disminución cercana al 50%, alcanzando la segunda cifra más baja de la serie histórica (2005-2021), excluyendo la atípica situación de 2020.

Por su parte, las instalaciones fijas experimentaron una notable reducción del 44,2%, con un descenso hasta los 4.220.104 tCO₂-eq en 2013. En contraste, la disminución en el sector del transporte fue más moderada, con emisiones anuales superiores a los 10 millones de tCO₂-eq durante todo este periodo y una reducción global del 32,4%.

El resto de los sectores (ganadería, agricultura, aguas residuales, residuos y gases fluorados) se mantuvieron relativamente estables durante este periodo, sin grandes variaciones interanuales, aunque se pueden identificar tres etapas diferenciadas en su evolución a lo largo de toda la serie analizada (2005-2021).

Gráfico 33. Evolución de las emisiones del consumo eléctrico, instalaciones fijas y transporte (tCO₂-eq) en el periodo 2005-2021.



Fuente: Elaboración propia a partir de la aplicación HCM.

Tras un periodo de estabilización de las emisiones y desacople del PIB, se observa una tendencia general a la constancia en la mayoría de los sectores, con ligeras fluctuaciones anuales, en algunos casos influenciadas por las variaciones en los factores de emisión más que por la actividad sectorial.

A pesar del ligero aumento en las emisiones de GEI registrado en 2021, algunos sectores han mantenido la tendencia a la disminución. El sector que destaca por la mayor reducción es el de las aguas residuales, con una disminución del 4,17% respecto a 2020, seguido por los gases fluorados, que registraron una caída del 3%. Otros sectores, como la ganadería y las instalaciones fijas, también lograron reducciones, aunque más moderadas, con descensos del 1,7% y el 0,14%, respectivamente.

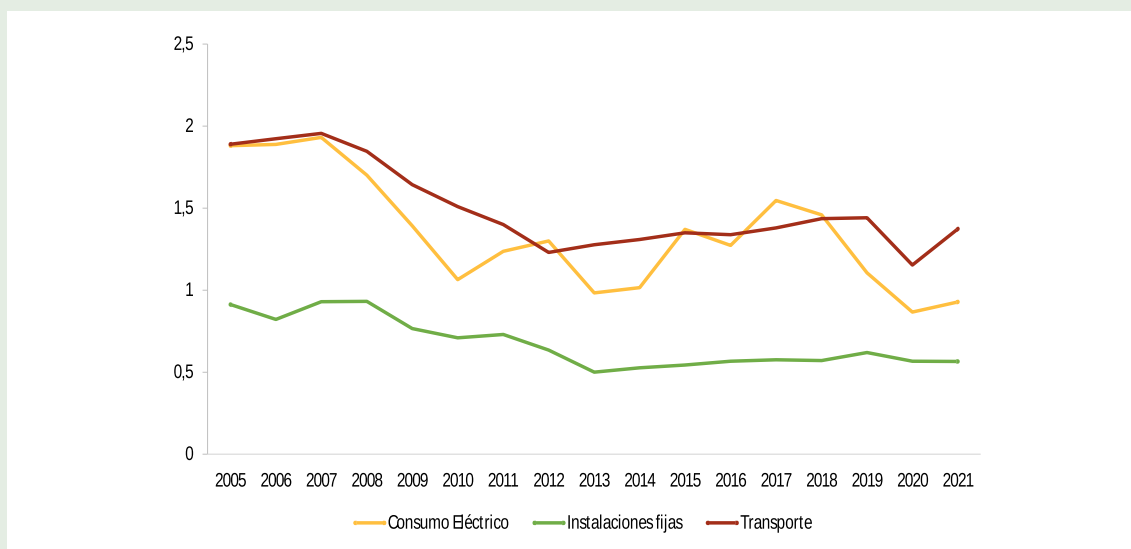
La evolución de las emisiones per cápita siguió un patrón prácticamente idéntico al de las emisiones totales, reflejando las mismas tendencias sectoriales. Esto indica que los cambios en las emisiones per cápita se debieron principalmente a cambios en la intensidad de las emisiones de cada sector, más que a variaciones demográficas.

Tabla 4. Emisiones per cápita (tCO₂-eq/habitante) por sectores en Andalucía en el periodo 2005-2021.

Año	Transporte	Consumo Eléctrico	Instalaciones fijas	Agricultura	Ganadería	Aguas Residuales	Residuos	Gases Fluorados
2005	1,89	1,88	0,91	0,41	0,26	0,26	0,32	0,25
2006	1,92	1,89	0,82	0,40	0,26	0,25	0,27	0,30
2007	1,96	1,93	0,93	0,42	0,26	0,22	0,28	0,34
2008	1,85	1,70	0,93	0,41	0,21	0,22	0,27	0,36
2009	1,64	1,39	0,77	0,38	0,22	0,20	0,25	0,33
2010	1,51	1,06	0,71	0,33	0,24	0,22	0,23	0,33
2011	1,40	1,24	0,73	0,35	0,22	0,22	0,22	0,33
2012	1,23	1,30	0,64	0,33	0,22	0,21	0,21	0,34
2013	1,28	0,98	0,50	0,32	0,24	0,22	0,16	0,35
2014	1,31	1,02	0,53	0,33	0,27	0,22	0,17	0,34
2015	1,35	1,37	0,54	0,34	0,26	0,22	0,19	0,20
2016	1,34	1,27	0,57	0,35	0,25	0,21	0,17	0,20
2017	1,38	1,55	0,58	0,35	0,27	0,21	0,14	0,16
2018	1,44	1,46	0,57	0,35	0,26	0,20	0,14	0,14
2019	1,44	1,11	0,62	0,36	0,26	0,20	0,15	0,13
2020	1,15	0,87	0,57	0,36	0,25	0,21	0,13	0,11
2021	1,37	0,93	0,57	0,35	0,25	0,20	0,13	0,11

Fuente: Elaboración propia a partir de la aplicación HCM.

Gráfico 34. Evolución de las emisiones per cápita del consumo eléctrico, instalaciones fijas y transporte ($\text{tCO}_2\text{-eq/habitante}$) en el periodo 2005-2021.



Fuente: Elaboración propia a partir de la aplicación HCM.

A continuación, se presenta un análisis detallado de cada sector, donde se muestran los datos más relevantes, comparando los datos provinciales y la evolución de las emisiones en el periodo comprendido entre 2005 y 2021.

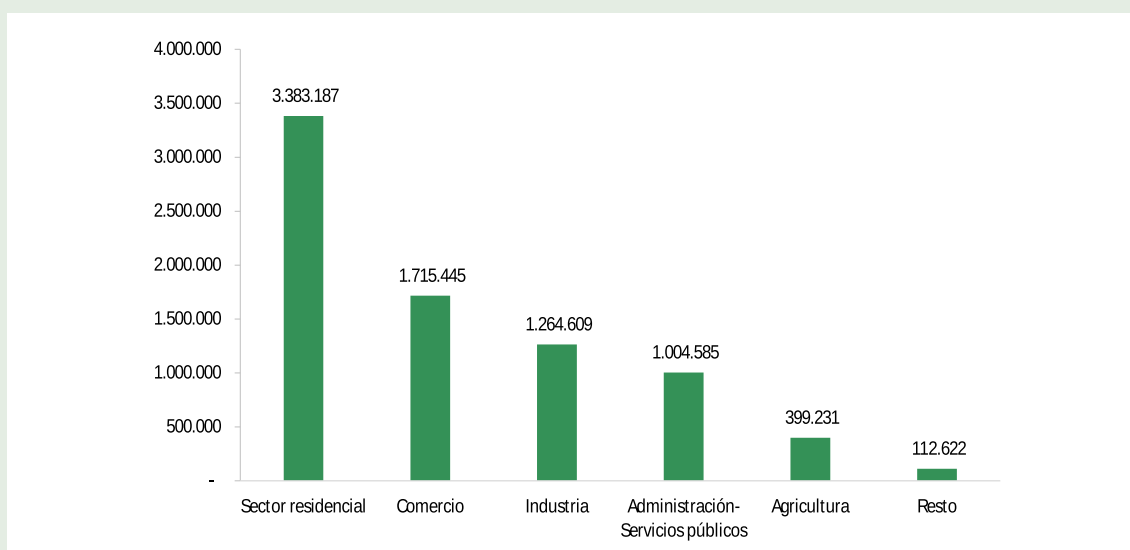
3.3.1 Consumo eléctrico

En 2021, las emisiones derivadas de la generación de energía eléctrica consumida en Andalucía alcanzaron los 7.879.679 $\text{tCO}_2\text{-eq}$, representando el 23,7% del total de emisiones de la región. Esto supone un incremento del 7,4% respecto a 2020. En términos per cápita, las emisiones asociadas al consumo eléctrico se situaron en 0,93 $\text{tCO}_2\text{-eq/habitante}$.

El sector residencial fue la principal fuente de estas emisiones, con una contribución del 42,9%, seguido por el sector comercial, que representó el 21,8%. En cuanto a la distribución geográfica, Sevilla y Málaga fueron las provincias con mayores emisiones, alcanzando 1.757.516 $\text{tCO}_2\text{-eq}$ y 1.532.074 $\text{tCO}_2\text{-eq}$, respectivamente. En contraste, Córdoba y Jaén registraron los valores más bajos, con 730.053 $\text{tCO}_2\text{-eq}$ y 671.226 $\text{tCO}_2\text{-eq}$, respectivamente.

Este patrón provincial refleja principalmente la influencia de la población, siendo Sevilla y Málaga las provincias más densamente habitadas de Andalucía, lo que explica su mayor contribución a las emisiones del sector eléctrico.

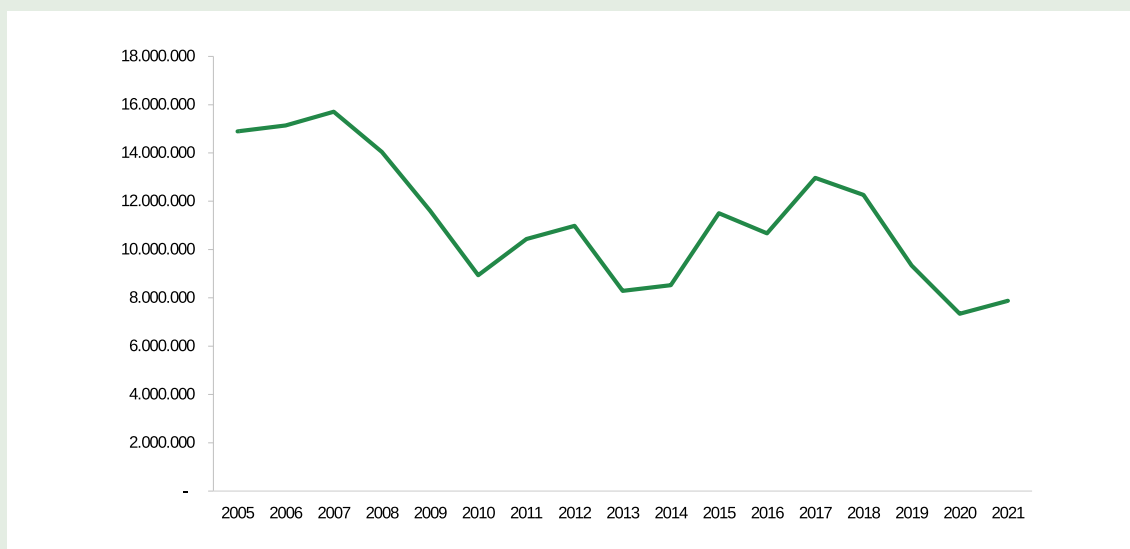
Gráfico 35. Emisiones procedentes del consumo eléctrico (tCO₂-eq) por sectores en 2021.



Fuente: Elaboración propia a partir de la aplicación HCM.

La evolución de las emisiones asociadas al consumo eléctrico en Andalucía desde 2005 ha seguido un patrón comparable al de las emisiones globales de la región, caracterizado por un descenso sostenido a partir de 2007, aunque marcado por ciertas fluctuaciones. En comparación con 2005, se ha logrado una reducción del 47%, atribuible en gran medida a la evolución del factor de emisión durante este periodo. Este cambio refleja, a su vez, un incremento significativo en la participación de las energías renovables en el mix de generación eléctrica a nivel nacional.

Gráfico 36. Evolución de las emisiones por consumo eléctrico (tCO₂-eq) en el periodo 2005-2021.



Fuente: Elaboración propia a partir de la aplicación HCM.

Las principales variaciones entre 2005 y 2021 han tenido su origen en la actividad comercial y en la agricultura, sectores que han reducido sus emisiones un 56% y un 51%, respectivamente. Por provincias, la mayor reducción ha tenido lugar en Cádiz con un 56% lo que ha estado impulsado por mejoras en la eficiencia energética y una mayor adopción de energías renovables; mientras que la menor reducción se ha registrado en Huelva con un 31%, esto puede estar vinculado a su actividad industrial más constante o a su dependencia persistente de tecnologías intensivas en emisiones, especialmente en sectores como la minería y la energía.

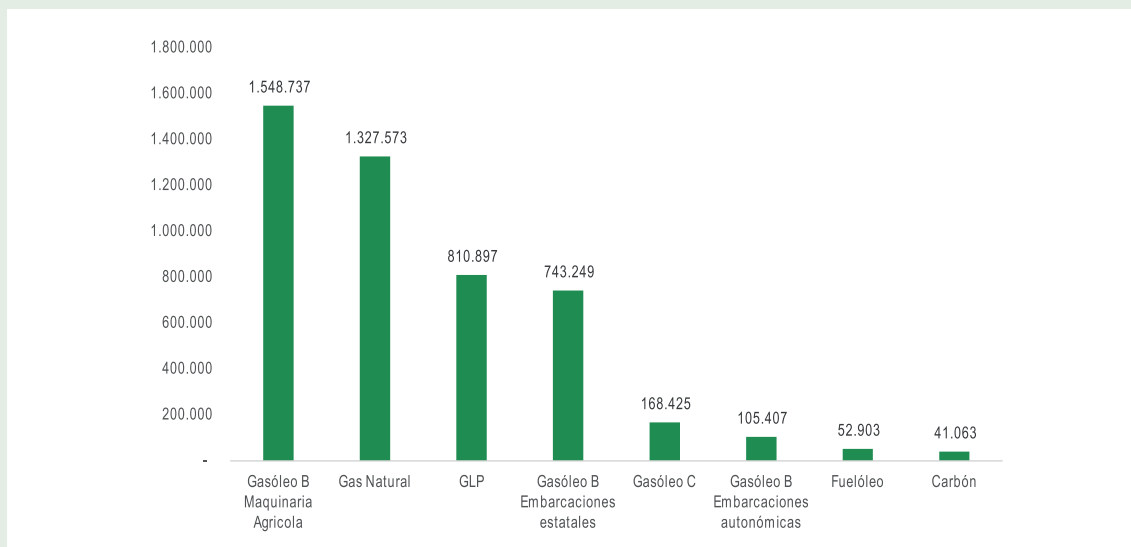
3.3.2 Instalaciones fijas

En 2021, las emisiones generadas por instalaciones fijas en Andalucía ascendieron a 4.798.254 tCO₂-eq, representando el 14,4% del total de las emisiones regionales. Esto supone una leve disminución del 0,14% en comparación con 2020. En términos per cápita, este sector contribuyó con 0,57 tCO₂-eq/habitante en la región.

Las principales fuentes de emisión dentro del sector fueron el gasóleo B, utilizado en maquinaria agrícola, que aportó el 32,7% del total, y el gas natural, responsable del 27,7% de las emisiones. En comparación con 2020, se observa una variación en las emisiones de combustibles. Mientras que el gas natural ha experimentado una disminución en sus emisiones, el Gasóleo B ha mantenido niveles similares.

A nivel provincial, Sevilla se posicionó como la mayor emisora, con un 19,1% del total, seguida de Cádiz, con un 17,8%. En contraste, las provincias con menores contribuciones fueron Almería (8,4%) y Jaén (7,4%).

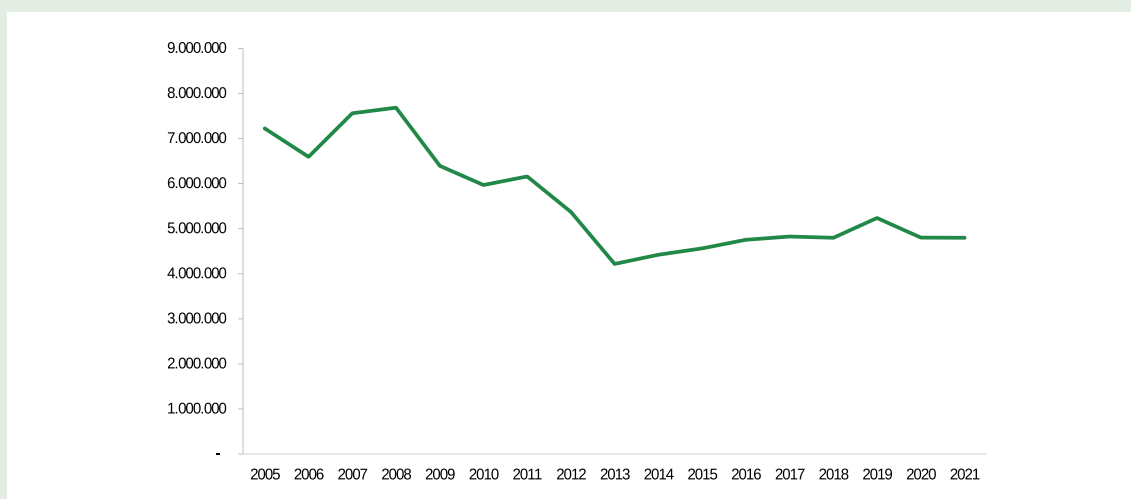
Gráfico 37. Emisiones procedentes de las instalaciones fijas por combustibles (tCO₂-eq) en 2021.



Fuente: Elaboración propia a partir de la aplicación HCM.

La evolución de estas emisiones desde el 2005 ha seguido un patrón similar al de las emisiones en Andalucía, pero con una fase de decrecimiento entre 2008-2013 muy acusada hasta alcanzar su mínimo histórico, para después crecer de manera sostenida hasta 2019, decaer en 2020 y volver a aumentar en 2021, aunque por debajo del valor de 2019. Con respecto a 2005 la reducción global ha sido de un 33,6%.

Gráfico 38. Evolución de las emisiones de las instalaciones fijas (tCO₂-eq) en el periodo 2005-2021.



Fuente: Elaboración propia a partir de la aplicación HCM.

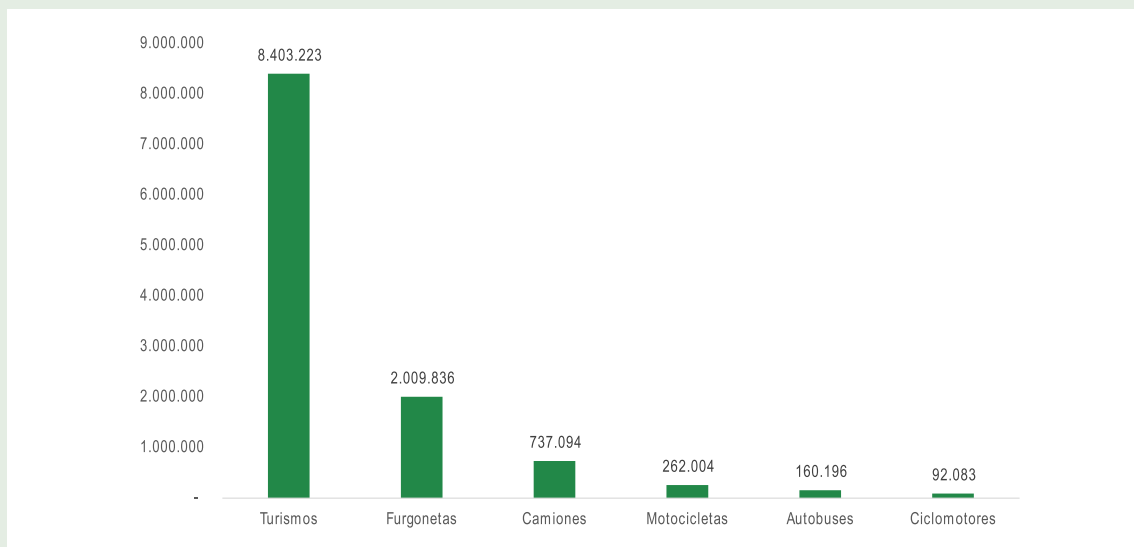
Por provincias, la mayor reducción ha tenido lugar en Huelva con un 57,7% y la menor en Granada con un 9,2%.

3.3.3 Transporte

El sector del transporte generó 11.664.435 tCO₂-eq en 2021, representando el 35,1% del total de emisiones en Andalucía. Esto supone un incremento del 19,4% respecto a 2020 y equivale a 1,37 tCO₂-eq per cápita en la región. Esta situación está vinculada a la recuperación económica y de la movilidad tras la disminución de desplazamientos durante la pandemia de COVID-19. Esto incluye tanto viajes personales como actividades comerciales y logísticas.

La principal fuente de estas emisiones fueron los turismos, que aportaron el 72% del total, seguidos de las furgonetas con un 17,2% y los camiones con un 6,3%. En cuanto a las provincias, Sevilla lideró las emisiones con un 21% del total, seguida de Málaga con un 19,8%, debido a que estas concentran una mayor población y actividad económica, también poseen un mayor número de vehículos en circulación, lo que contribuye significativamente a las emisiones. Por el contrario, Huelva fue la provincia con menor aportación, con un 6,1%.

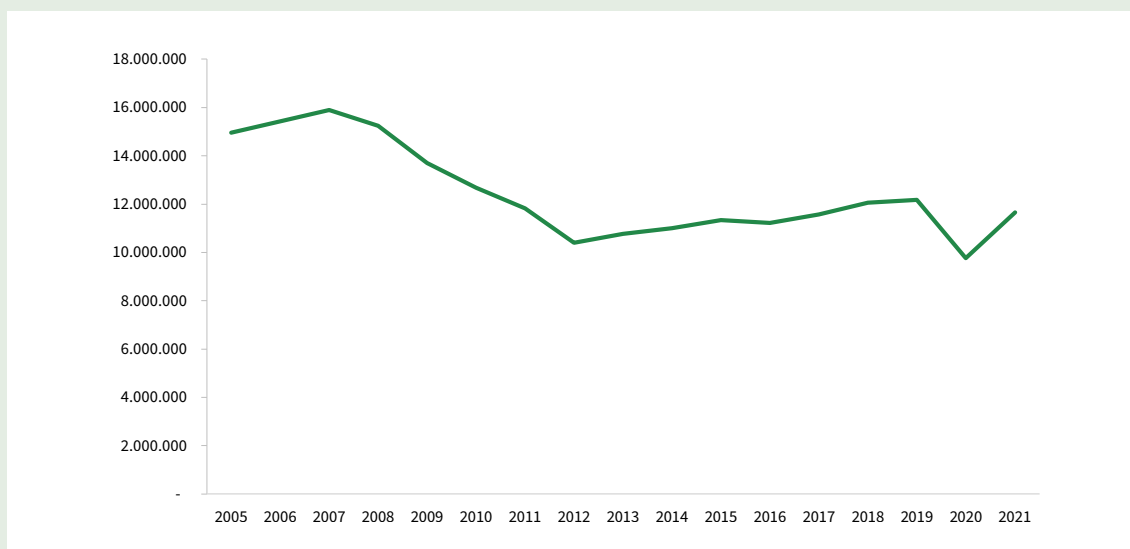
Gráfico 39. Emisiones (tCO₂-eq) procedentes del transporte por tipología de vehículos en 2021.



Fuente: Elaboración propia a partir de la aplicación HCM.

La evolución de las emisiones desde el 2005 ha seguido el mismo patrón que el resto de las emisiones, pero no tan acusado como otros sectores. Tras una importante caída de las emisiones desde 2007, en 2012 comienza un paulatino aumento entre un 1 y 4,5% hasta que en 2020 caen de forma acusada debido a las restricciones que se produjeron durante la crisis de la COVID-19. Con la vuelta a la normalidad en 2021 se registra un ligero aumento, pero con respecto a 2005 se ha reportado una reducción del 22%.

Gráfico 40. Evolución de las emisiones del transporte (tCO₂-eq) en el periodo 2005-2021.



Fuente: Elaboración propia a partir de la aplicación HCM.

Las principales variaciones entre 2005 y 2021 han tenido su origen en las emisiones de los camiones que se han reducido en un 43,2% y cabe destacar el caso de las motocicletas que han tenido un incremento marcado, de un 126,3%. Por provincias, la mayor reducción ha tenido lugar en Sevilla con un 28,1% y la menor en Huelva con un 14,6%.

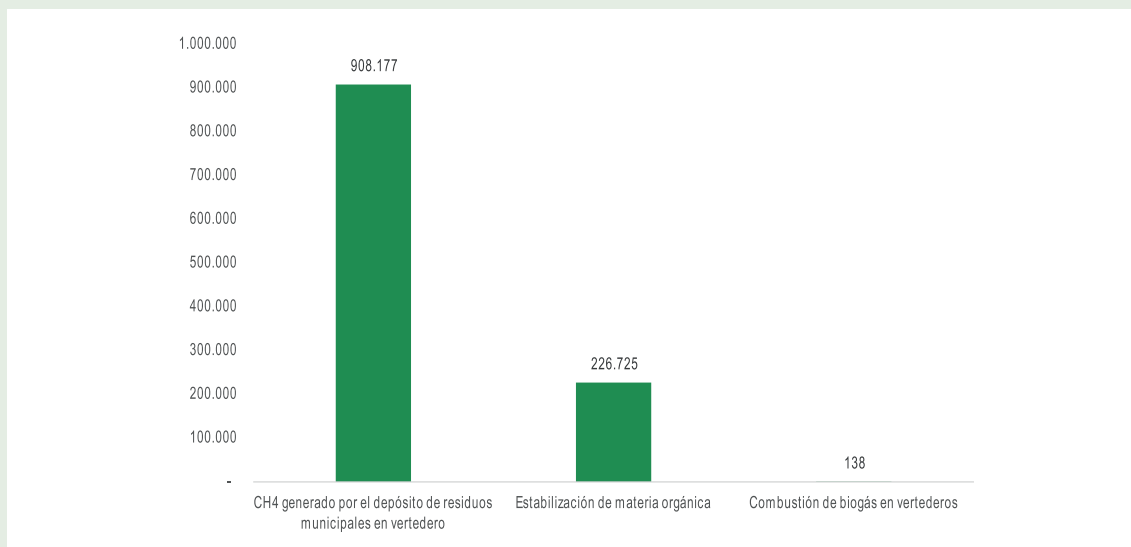
3.3.4 Residuos

El tratamiento de residuos ha generado 1.135.040 tCO₂-eq en 2021, lo que representa el 3,4% del total de las emisiones en Andalucía. Esto supone un leve aumento del 1,5% respecto a 2020 y equivale a 0,13 tCO₂-eq per cápita en la región.

La principal fuente de estas emisiones es el metano liberado por el depósito de residuos municipales en vertederos, que contribuye con un 80% del total. A nivel provincial, Málaga fue la mayor emisora, con el 28,2% del total regional, mientras que Jaén registró la menor participación, con un 5,1%.

Estas diferencias entre provincias se explican por las cantidades de residuos generadas y por las características específicas de las instalaciones de tratamiento disponibles en cada territorio.

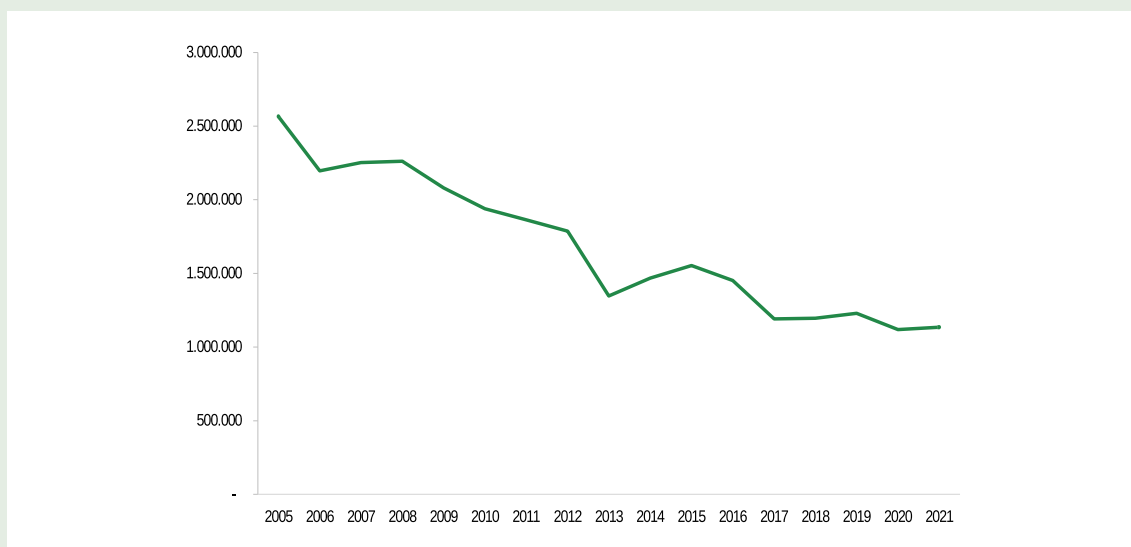
Gráfico 41. Emisiones procedentes del tratamiento de residuos ($\text{tCO}_2\text{-eq}$) en 2021.



Fuente: Elaboración propia a partir de la aplicación HCM.

La evolución de las emisiones de los residuos desde el 2005 ha seguido un patrón de decrecimiento continuado, con un valor máximo alcanzado en ese año ($2.566.230 \text{ tCO}_2\text{-eq}$). Con respecto a 2005 la reducción ha sido de un 55,8%.

Gráfico 42. Evolución de las emisiones del tratamiento de residuos ($\text{tCO}_2\text{-eq}$) en el periodo 2005-2021.



Fuente: Elaboración propia a partir de la aplicación HCM.

Entre 2005 y 2021, las principales variaciones en las emisiones se deben a la reducción del 62,2% en la producción de metano, lograda gracias a diversas medidas de mejora implementadas en la gestión de residuos. Entre estas medidas destacan el incremento en la recuperación y compostaje de materia orgánica, así como la captación del biogás generado en los vertederos.

A nivel provincial, Jaén lideró la reducción con un 70,8%, seguida de Sevilla y Cádiz con descensos del 67,6% y 67,7%, respectivamente. En contraste, Córdoba registró la menor disminución, con un 34,3%.

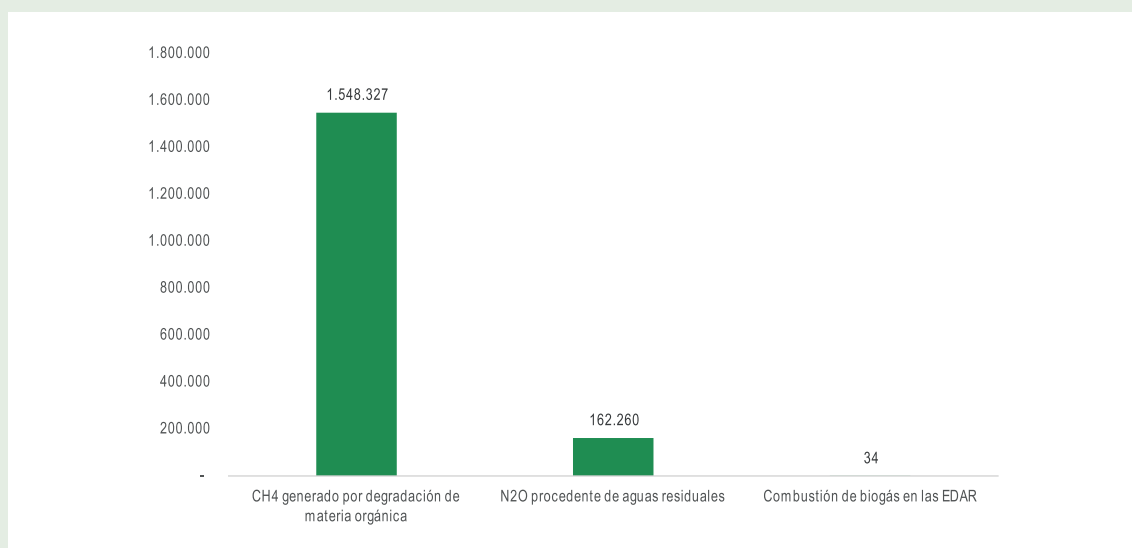
3.3.5 Aguas residuales

En 2021, el tratamiento de aguas residuales generó 1.710.621 tCO₂-eq, representando el 5,1% del total de las emisiones en Andalucía. Este sector experimentó una reducción del 4,2% respecto a 2020 y alcanzó un promedio de 0,20 tCO₂-eq per cápita en la región.

La principal fuente de estas emisiones fue el metano (CH₄) generado por la degradación de la materia orgánica, que contribuyó con el 90,5% del total. A nivel provincial, Málaga lideró las emisiones con un 21%, seguida de Sevilla con un 20,3%, mientras que Huelva registró la menor contribución con un 4,4%.

Estas diferencias se explican por la distribución poblacional: Sevilla y Málaga, al ser las provincias más pobladas, generan mayores volúmenes de aguas residuales, mientras que Huelva, con la menor población, presenta la menor aportación relativa.

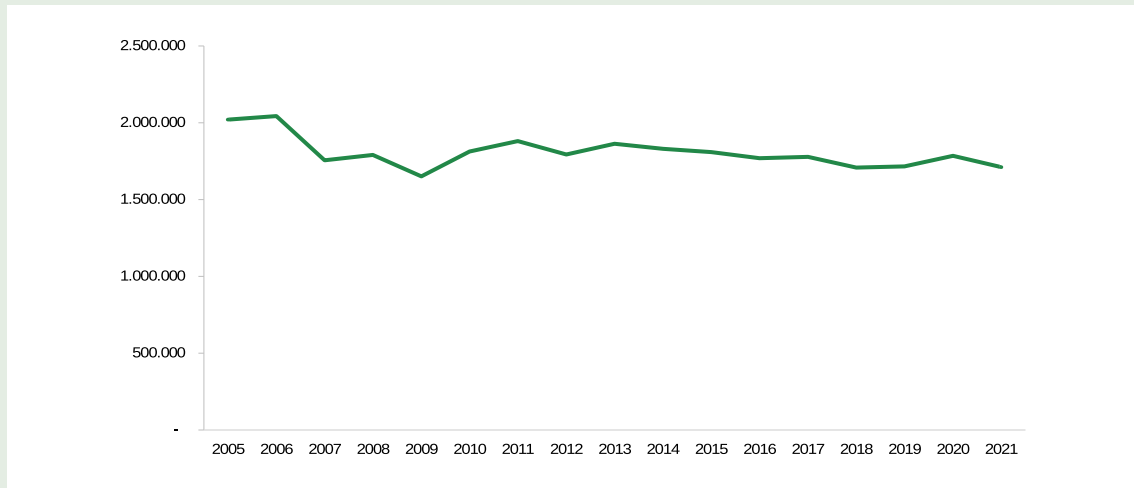
Gráfico 43. Emisiones procedentes del tratamiento de las aguas residuales (tCO₂-eq) en 2021.



Fuente: Elaboración propia a partir de la aplicación HCM.

La evolución de las emisiones desde 2005 ha mostrado una tendencia relativamente estable, con valores entre 1.700.000 y 2.000.000 tCO₂-eq. A pesar de esto, se observa un primer tramo hasta 2011 con bastantes fluctuaciones anuales. Con respecto a 2005 la reducción ha sido de un 15,3%.

Gráfico 44. Evolución de las emisiones del tratamiento de aguas residuales (tCO₂-eq) en el periodo 2005-2021.



Fuente: Elaboración propia a partir de la aplicación HCM.

La principal variación entre 2005 y 2021 ha tenido su origen en la producción de metano que se ha reducido en un 17,8%. Por provincias, la mayor reducción ha tenido lugar en Sevilla con un 28% y la menor en Granada con un 10,2%. La única provincia donde ha crecido es en Almería con un 8,7%.

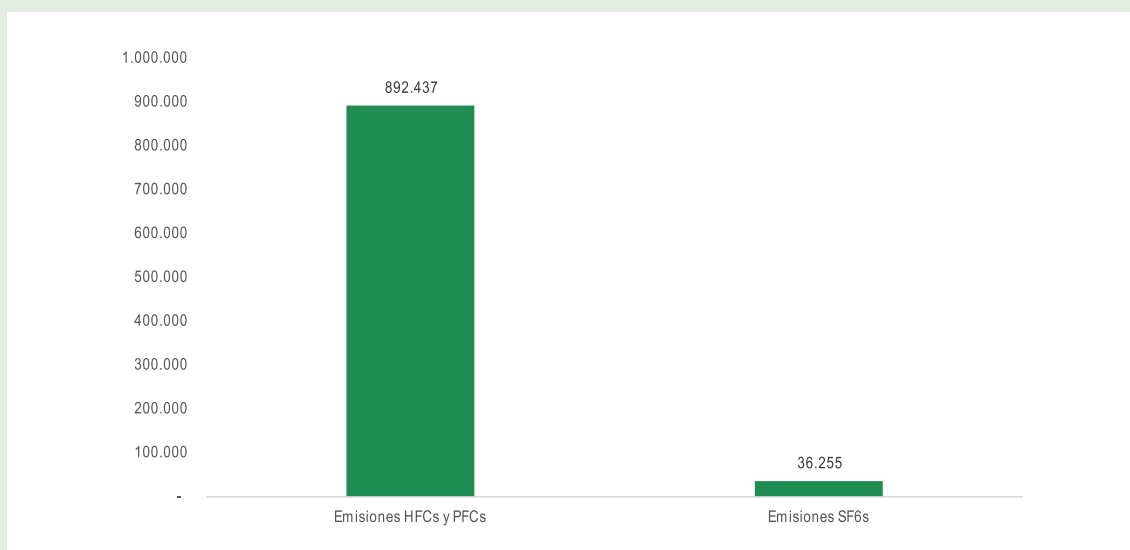
3.3.6 Gases Fluorados

En 2021, las emisiones de gases fluorados alcanzaron 928.692 tCO₂-eq, representando el 2,8% del total de emisiones en Andalucía. Este sector experimentó una reducción del 3% respecto a 2020, con un promedio de 0,11 tCO₂-eq per cápita en la región.

Las principales fuentes de estas emisiones fueron los hidrofluorocarbonos (HFCs) y los perfluorocarbonos (PFCs), que representaron el 96,1% del total. A nivel provincial, Sevilla fue la mayor emisora, con un 23% del total, seguida de Málaga con un 20%. En contraste, Huelva registró la menor contribución, con un 6,3%.

Estas cifras están directamente relacionadas con la distribución poblacional, ya que Sevilla y Málaga, al ser las provincias más habitadas, generan mayores emisiones, mientras que Huelva, con la menor población, muestra un menor impacto.

Gráfico 45. Emisiones procedentes de gases fluorados (tCO₂-eq) en 2021.



Fuente: Elaboración propia a partir de la aplicación HCM.

La evolución de estas emisiones desde 2005 ha seguido un patrón claramente diferenciado respecto a otros sectores. Inicialmente, se observó un aumento más pronunciado que el promedio, seguido de una estabilización en torno a los 2,5-3 millones de toneladas hasta 2014. A partir de ese año, se produjo un cambio de tendencia marcado por un descenso abrupto en 2015, que continuó posteriormente, aunque de manera más moderada. En comparación con 2005, esta trayectoria ha resultado en una reducción total del 52,7%.

Gráfico 46. Evolución de las emisiones de los gases fluorados (tCO₂-eq) en el periodo 2005-2021.



Fuente: Elaboración propia a partir de la aplicación HCM.

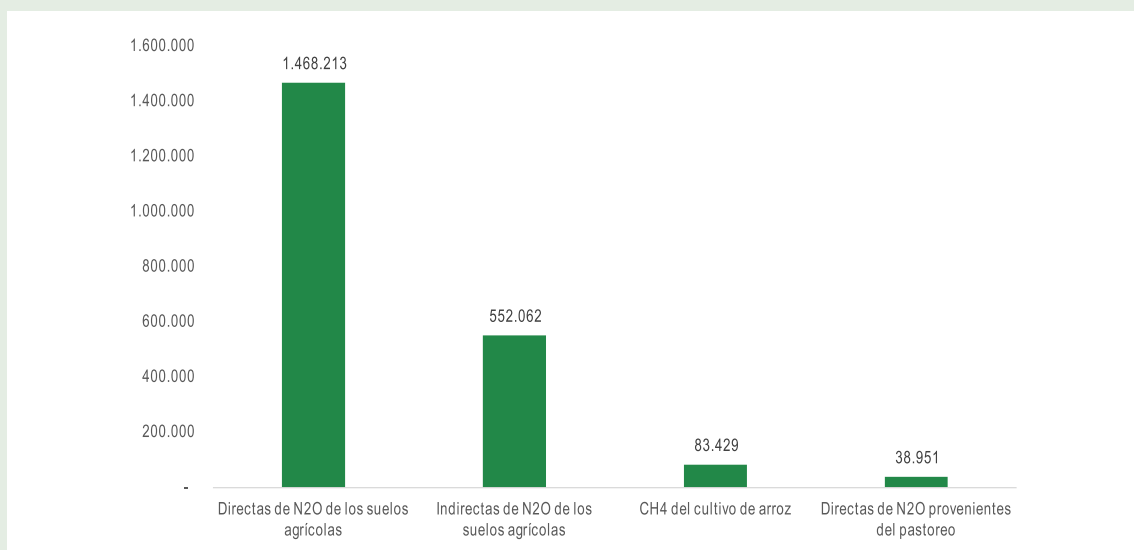
La principal variación entre 2005 y 2021 ha tenido su origen en las emisiones de HFCs y PFCs que se ha reducido en un 52,2%. Por provincias, la mayor reducción ha tenido lugar en Jaén con un 57,9% y la menor en Almería con un 47,9%.

3.3.7 Agricultura

La agricultura ha generado 2.142.656 tCO₂-eq en 2021, representando el 6,4% del total de emisiones en Andalucía. Esto supuso un incremento del 1,3% respecto a 2020, con un promedio de 0,25 tCO₂-eq per cápita en la región.

La principal fuente de estas emisiones fue el óxido nitroso (N₂O) liberado por los suelos agrícolas, tanto de forma directa (68,5%) como indirecta (25,8%). A nivel provincial, Sevilla lideró las emisiones con un 26,6% del total, mientras que Huelva registró la menor contribución, con un 5,6%. Estas diferencias se explican principalmente por la extensión de tierras cultivadas, siendo Sevilla la provincia con mayor superficie agrícola y Huelva la de menor (755.044 y 127.597 hectáreas, respectivamente)⁴.

Gráfico 47. Emisiones procedentes de la agricultura (tCO₂-eq) en 2021.

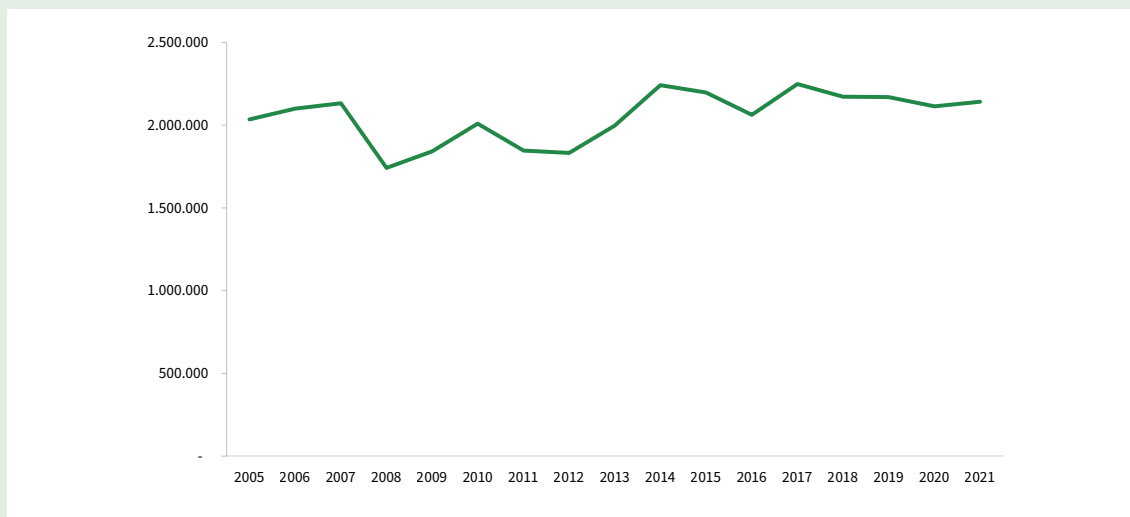


Fuente: Elaboración propia a partir de la aplicación HCM.

La evolución de las emisiones desde el 2005 ha mantenido cierta estabilidad con pequeñas oscilaciones entre 2.000.000 y 2.250.000 tCO₂-eq. En los últimos 3 años las variaciones son mínimas. Con respecto a 2005 se ha registrado un ligero incremento de un 5,2%, lo que sitúa a la agricultura como el único sector que no ha reducido sus emisiones.

⁴ Según los datos de Distribución general de la tierra por aprovechamiento, 2022 de la Consejería de Agricultura, Pesca, Agua y Desarrollo Rural.

Gráfico 48. Evolución de las emisiones de la agricultura (tCO₂-eq) en el periodo 2005-2021.



Fuente: Elaboración propia a partir de la aplicación HCM.

Entre 2005 y 2021, la principal variación en las emisiones se ha producido en las emisiones directas de metano asociadas al cultivo de arroz, que han registrado una reducción del 47,2%. Esto se ha logrado como resultado de la aplicación de varias medidas, entre las que se encuentran:

- Riego intermitente y controlado. En lugar de mantener los campos de arroz inundados de forma continua, se ha promovido el uso de riego intermitente o el secado temporal de los campos, lo cual limita las condiciones anaeróbicas que favorecen la producción de metano.
- Mejora de la gestión de fertilizantes. Se fomenta el uso de fertilizantes de liberación controlada, así como la aplicación de abonos en cantidades adecuadas y en el momento oportuno para evitar excesos que puedan generar gases como el metano o el óxido nítrico.

A nivel provincial, las emisiones han aumentado en la mitad de las provincias andaluzas. Almería lidera este crecimiento con un incremento del 116,9%, ya que es una de las provincias con mayor concentración de agricultura intensiva, especialmente en cultivos bajo invernaderos. Esta modalidad de cultivo, que abarca grandes superficies y tiene un alto rendimiento por hectárea, contribuye significativamente a las emisiones de GEI. Mientras que Málaga destaca como la provincia con la mayor disminución, reduciendo sus emisiones en un 20,9%.

3.3.8 Ganadería

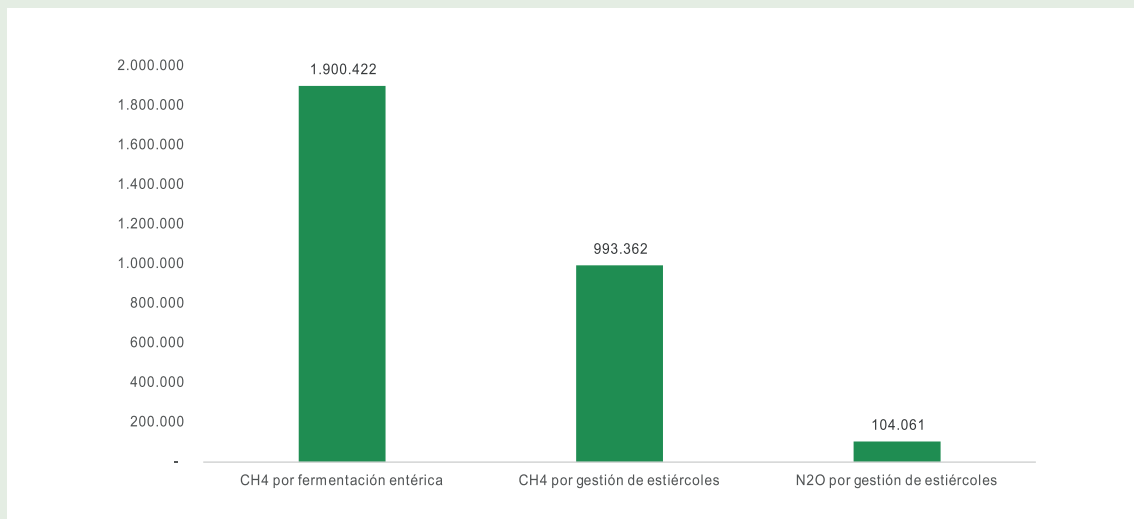
La ganadería ha generado 2.997.844 tCO₂-eq en 2021, el 9% del total de las emisiones en Andalucía y ha supuesto una reducción del 1,7% con respecto al 2020. Estas emisiones suponen 0,35 tCO₂-eq per cápita en Andalucía.

Las principales fuentes de emisión han sido las procedentes del CH₄ por fermentación entérica con un 63,4% y por la gestión de estiércoles con un 33,1%. Las provincias que más han emitido son Córdoba con un 21,3% y Sevilla con un 20,9%, mientras que la que menos emisiones ha reportado ha sido Jaén con un 6,6%. La distribución provincial de las emisiones viene dada por el número de

cabezas de ganado de cada tipología existentes, ya que los factores de emisión de las emisiones por fermentación entérica y gestión del estiércol dependen del tipo de ganado, siendo los más elevados los correspondientes al vacuno de leche.

La principal variación entre 2005 y 2021 se ha originado en el descenso de las emisiones CH_4 por fermentación entérica, pasando de 2.204.401 $\text{tCO}_2\text{-eq}$ en 2005 a 1.900.422 $\text{tCO}_2\text{-eq}$ en 2021, esta reducción se debe principalmente al descenso de número de cabezas de ganado, en concreto de la categoría con mayor emisión, el vacuno carne, que pasó de 523.924 cabezas en 2005 a 471.757 en 2021. Sin embargo, la emisiones de N_2O derivadas de la gestión del estiércol, han crecido un 32,9% y las de CH_4 por gestión de estiércoles un 3,1%.

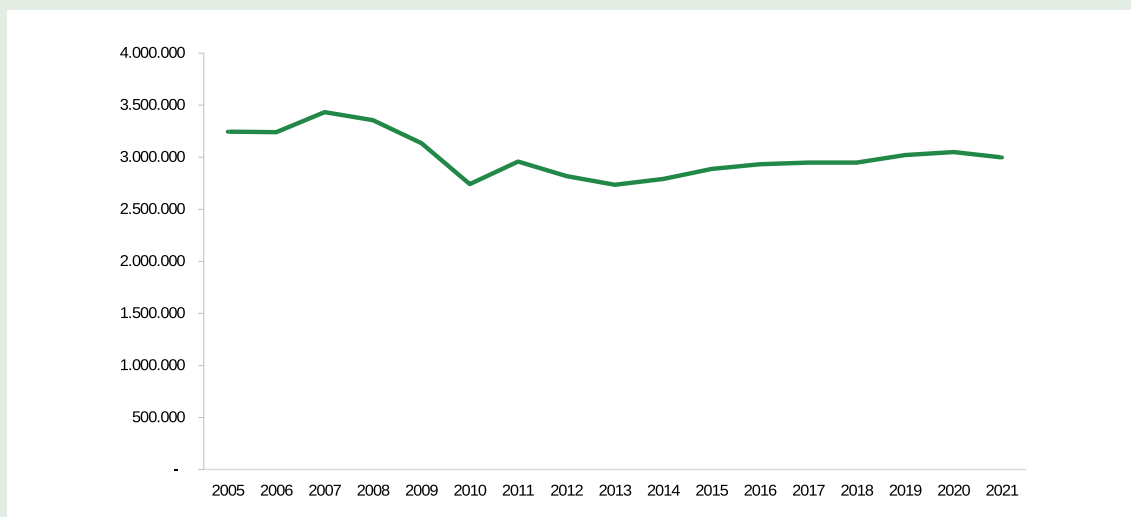
Gráfico 49. Emisiones procedentes de la ganadería ($\text{tCO}_2\text{-eq}$) en 2021.



Fuente: Elaboración propia a partir de la aplicación HCM.

La evolución de las emisiones desde 2005 ha seguido un patrón algo distinto al de otros sectores. A lo largo de este periodo, se ha mantenido bastante constante, permaneciendo casi siempre por encima de las 2.500.000 $\text{tCO}_2\text{-eq}$. Si bien en los primeros años del ciclo de análisis las variaciones fueron similares a las de otros sectores, con aumentos y reducciones más moderados, a partir de 2011 las emisiones se estabilizaron, mostrando un crecimiento, aunque a un ritmo muy gradual. En comparación con 2005, la reducción total ha sido del 7,6%.

Gráfico 50. Evolución de las emisiones de la ganadería (tCO₂-eq) en el periodo 2005-2021.



Fuente: Elaboración propia a partir de la aplicación HCM.

A nivel provincial, las emisiones han aumentado en dos provincias: Granada, con un incremento del 15,9%, y Almería, con un 16,3%. Por otro lado, las mayores reducciones se han producido en Jaén y Cádiz, con descensos del 21,1% y 23,3%, respectivamente.

Es importante señalar que, aunque a nivel general ha habido una disminución de las emisiones, la gestión del estiércol y su impacto en las emisiones de N₂O no ha seguido la misma tendencia, ya que depende de factores como la intensidad de la actividad ganadera, las prácticas agrícolas y el manejo de los residuos orgánicos, lo que ha provocado aumentos en algunas provincias.

3.4 Análisis municipal de las emisiones

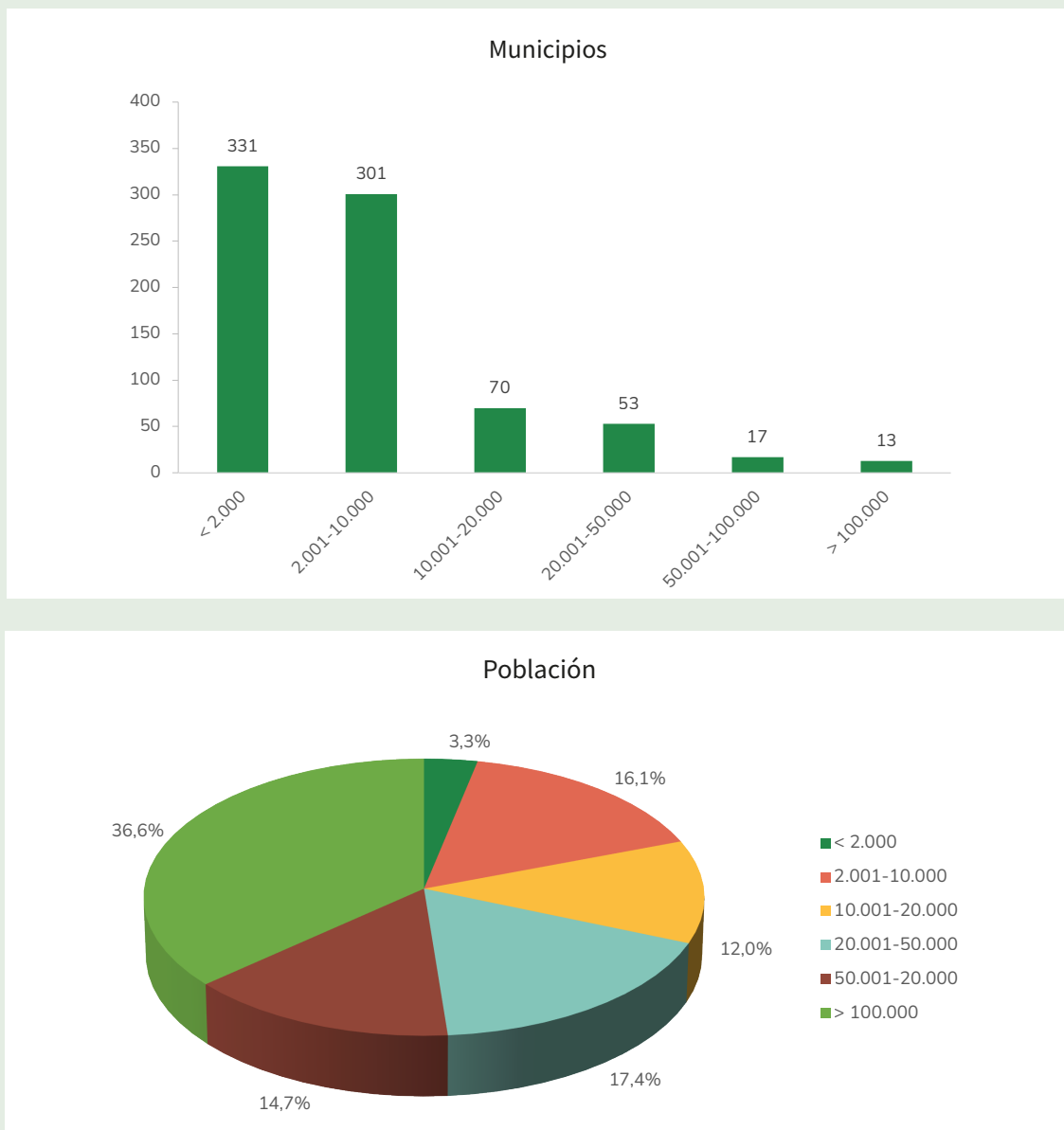
La aplicación HCM tiene como objetivo principal proporcionar a los responsables municipales información clave sobre el estado pasado y actual de las emisiones de GEI a nivel local, facilitando así la planificación y el seguimiento de medidas para abordar el cambio climático. En este sentido, su ámbito de aplicación es principalmente municipal.

Dado que este informe anual no puede abarcar información detallada de todos los municipios andaluces debido a su extensión, se ha optado por un enfoque que, alineado con el objetivo de la aplicación HCM, incluye un análisis municipal segmentado por tamaños de población. Este análisis abarca desde municipios muy pequeños, predominantemente rurales (<2.000 habitantes), hasta las grandes ciudades andaluzas (>100.000 habitantes). Para ello, se han definido seis rangos de población, además de los mencionados: 2.000-10.000 habitantes, 10.000-20.000 habitantes, 20.000-50.000 habitantes y 50.000-100.000 habitantes.

Andalucía cuenta con 785 municipios y una población total de 8.486.487 habitantes en 2021 (según el Padrón Municipal del INE). En cuanto a la distribución por tamaños de población, destaca la presencia de municipios relativamente pequeños (<10.000 habitantes), que representan el 80,5% del total de municipios andaluces. No obstante, la población se concentra principalmente en las grandes ciudades y sus áreas urbanas. De este modo, los 13 municipios más grandes (>100.000 habitantes) albergan el 36,6% de la población andaluza, mientras que los 17 municipios con una población entre 50.000 y 100.000 habitantes comprenden el 14,7%. Juntos, estos municipios suman más de la mitad de la población total de Andalucía.

Las categorías intermedias muestran una distribución poblacional similar, con valores que oscilan entre el millón y el millón y medio de habitantes, a excepción de los municipios más pequeños (<2.000 habitantes), que, aunque numerosos (331 municipios), representan solo el 3,3% de la población total de Andalucía.

Gráfico 51. Población andaluza por rangos de población municipal, 2021.



Fuente: Elaboración propia a partir de la aplicación HCM y del Padrón municipal de habitantes del INE, 2021.

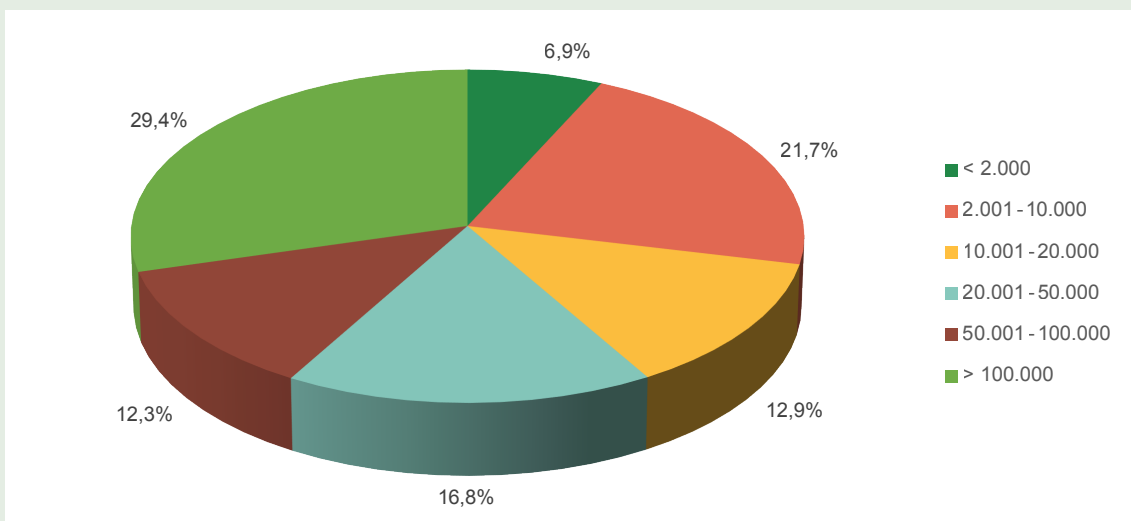
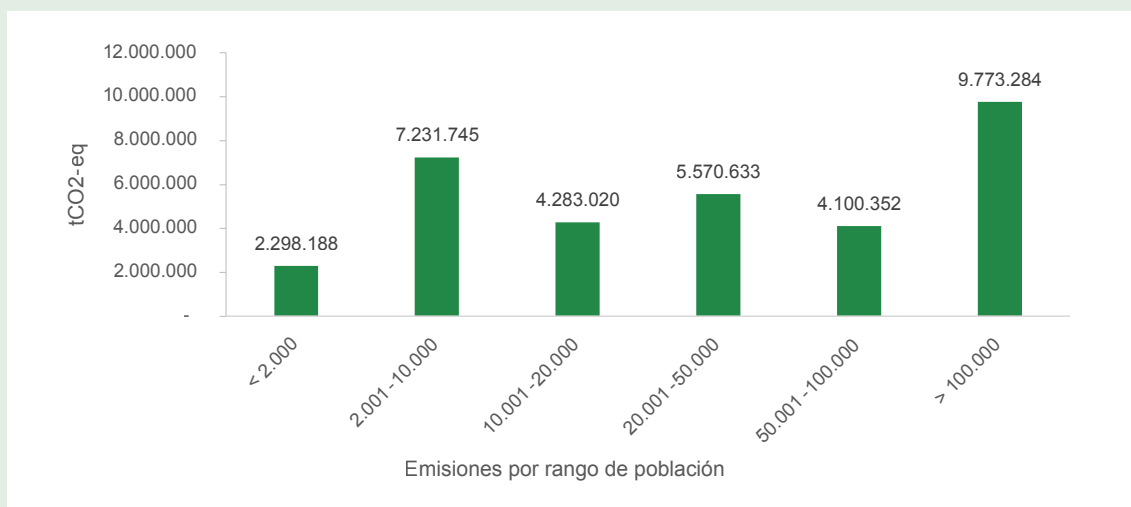
Esta distribución poblacional se refleja directamente en las emisiones globales, especialmente en las provincias más pobladas, como Sevilla y Málaga, y en aquellos sectores económicos en los que existe una clara vinculación entre la población y las emisiones, como el consumo eléctrico y el transporte.

Las 13 principales ciudades andaluzas son responsables del 29,4% del total de las emisiones (9.773.284 tCO₂-eq). A esto se suman las emisiones de las 17 ciudades con una población de entre 50.000 y 100.000 habitantes, que aportan 4.100.352 tCO₂-eq (12,3%). En conjunto, estas 30 ciudades representan aproximadamente el 41,7% de las emisiones municipales totales. Por otro lado, los municipios más pequeños (<2.000 habitantes), aunque constituyen la mayoría en número, tienen una población total limitada y son los que reportan menos emisiones, con solo el 6,9% del total, es decir, 2.298.188 tCO₂-eq. Sin embargo,

destacan los municipios de entre 2.000 y 10.000 habitantes, que, aunque ocupan el segundo lugar en número (301 municipios), ocupan el tercer puesto en cuanto a población, con un total de 1.362.151 habitantes. Estos municipios presentan unas emisiones globales muy elevadas (7.231.745 tCO₂-eq), solo por detrás de las grandes ciudades.

La principal razón de estas emisiones se debe a que estas poblaciones concentran gran parte de las emisiones sectoriales relacionadas con la agricultura y la ganadería, dada su naturaleza predominantemente rural. Así, en los municipios con menos de 10.000 habitantes, las emisiones de la ganadería representan el 41,8% del total de las emisiones del sector agrícola.

Gráfico 52. Emisiones en Andalucía por rangos de población, 2021.



Fuente: Elaboración propia a partir de la aplicación HCM y del Padrón municipal de habitantes del INE, 2021.

A nivel provincial, Sevilla, Málaga y Cádiz son las tres provincias con las mayores emisiones globales de Andalucía, y estas emisiones se concentran especialmente en sus grandes ciudades (>100.000 habitantes). Sevilla emite 2.308.039 tCO₂-eq, Málaga 2.167.611 tCO₂-eq y Cádiz 1.456.187 tCO₂-eq. En otras provincias, las mayores emisiones se encuentran en municipios de otros rangos poblacionales, generalmente en los de entre 2.000 y 10.000 habitantes, debido al carácter más rural de estas zonas. Sin embargo, en Almería, los tres principales núcleos urbanos (la capital, Roquetas de Mar y El Ejido) son responsables del 30,3% de las emisiones provinciales.

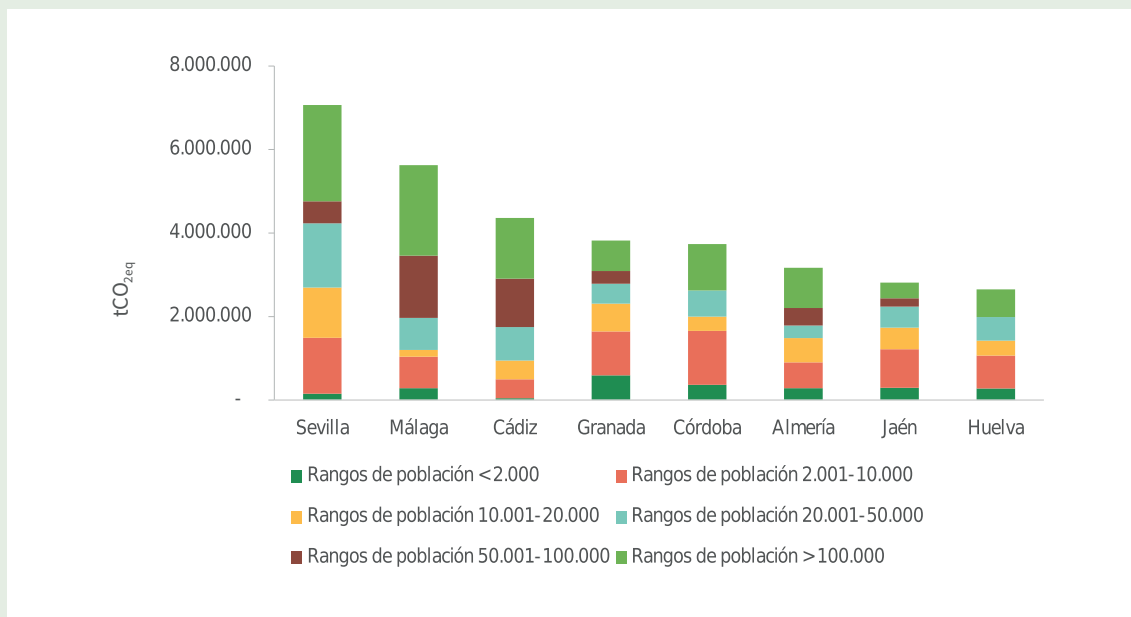
Un ejemplo claro de la distribución de las emisiones municipales en entornos rurales es la provincia de Jaén, donde los municipios con una población entre 2.001 y 10.000 habitantes generan casi tres veces las emisiones de la capital. Así, estos municipios emiten 927.505 tCO₂-eq, frente a las 371.948 tCO₂-eq de Jaén capital.

Tabla 5. Emisiones provinciales por rangos de población, 2021.

Provincia	< 2.000	2.001 -10.000	10.001 -20.000	20.001 -50.000	50.001- 100.000	> 100.000
Almería	281.360	623.623	581.894	303.840	417.823	961.908
Cádiz	43.805	451.123	453.011	802.957	1.158.442	1.456.187
Córdoba	366.897	1.292.696	341.441	625.306	-	1.112.917
Granada	591.581	1.056.337	665.725	473.803	303.521	729.447
Huelva	279.780	787.088	357.948	564.850	-	665.227
Jaén	294.702	927.505	516.543	499.386	201.112	371.948
Málaga	285.933	756.137	158.187	767.032	1.492.840	2.167.611
Sevilla	154.129	1.337.235	1.208.270	1.533.460	526.613	2.308.039
Andalucía	2.298.188	7.231.745	4.283.020	5.570.633	4.100.352	9.773.284

Fuente: Elaboración propia a partir de la aplicación HCM y del Padrón municipal de habitantes del INE, 2021.

Gráfico 53. Distribución provincial de las emisiones por rangos de población, 2021.



Fuente: Elaboración propia a partir de la aplicación HCM y del Padrón municipal de habitantes del INE, 2021.

A nivel de sectores existe una dualidad entre las emisiones directamente relacionadas con la población municipal, el caso del transporte, el consumo eléctrico, las emisiones derivadas de la gestión de los residuos o de las aguas residuales y los gases fluorados, y los sectores agrícola y ganadero que dependen de la superficie agrícola y del número de cabezas de ganado, según el censo ganadero, existentes en cada municipio. En estos dos últimos sectores, las mayores emisiones se dan en municipios pequeños de hasta 10.000 habitantes, mucho más relacionados con el mundo rural.

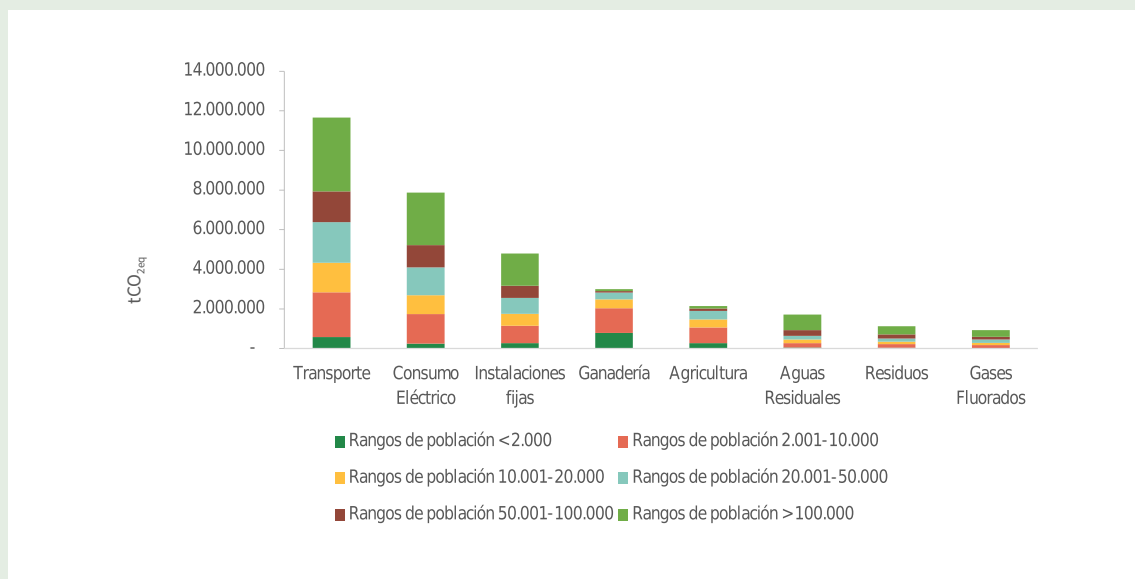
En Andalucía en casi todos los sectores, las mayores emisiones globales se dan en las grandes ciudades, especialmente en el transporte (3.729.075 tCO₂-eq), el consumo eléctrico (2.661.478 tCO₂-eq) y la combustión en instalaciones fijas (1.622.199 tCO₂-eq). Ocurre, igualmente, en la gestión de las aguas residuales, residuos y gases fluorados, mientras que, en agricultura y ganadería, las mayores emisiones se dan en municipios entre 2.000-10.000 habitantes (788.075 y 1.253.060 tCO₂-eq, respectivamente).

Tabla 6. Emisiones sectoriales por rangos de población, 2021.

Provincia	< 2.000	2.001-10.000	10.001-20.000	20.001-50.000	50.001-100.000	> 100.000
Transporte	579.667	2.264.421	1.489.008	2.051.553	1.550.712	3.729.075
Consumo eléctrico	255.876	1.489.162	949.215	1.411.072	1.112.876	2.661.478
Instalaciones fijas	272.174	883.464	591.699	811.420	617.298	1.622.199
Ganadería	787.245	1.253.060	441.468	341.570	77.188	97.313
Agricultura	279.508	788.075	400.004	437.552	113.878	123.639
Aguas residuales	49.392	225.951	179.374	187.511	293.231	775.163
Residuos	43.933	177.415	120.974	168.157	199.313	425.248
Gases fluorados	30.394	150.196	111.279	161.798	135.856	339.169

Fuente: Elaboración propia a partir de la aplicación HCM y del Padrón municipal de habitantes del INE, 2021.

Gráfico 54. Distribución sectorial de las emisiones por rangos de población, 2021.



Fuente: Elaboración propia a partir de la aplicación HCM y del Padrón municipal de habitantes del INE, 2021.

Este patrón de distribución sectorial a nivel regional se replica de forma consistente en casi todas las provincias andaluzas, con algunas pequeñas variaciones en aquellas con una mayor o menor presencia de superficie agrícola o cabaña ganadera, como se mencionó previamente. Sin embargo, existen excepciones en las provincias de Cádiz, Huelva y Málaga.

En Cádiz, la principal diferencia radica en la importancia de las emisiones del sector de aguas residuales, que están estrechamente vinculadas a la presencia de grandes grupos de población en la provincia. En Huelva, la relevancia de las emisiones del consumo eléctrico es notable, particularmente debido a la actividad industrial del polo químico en el área metropolitana de la capital. Por otro lado, en Málaga, las emisiones asociadas al transporte adquieren un peso considerable, lo que refleja la alta concentración de vehículos y la urbanización de la región.

Dicho patrón de distribución sectorial se refleja claramente en la siguiente gráfica, donde se puede observar cómo las emisiones varían entre las provincias de acuerdo con sus características específicas, como la densidad poblacional, la actividad industrial o el tipo de transporte predominante.

Gráfico 55. Distribución por provincias de las emisiones sectoriales (tCO₂-eq) por rangos de población, 2021.



Fuente: Elaboración propia a partir de la aplicación HCM y del Padrón municipal de habitantes del INE, 2021.

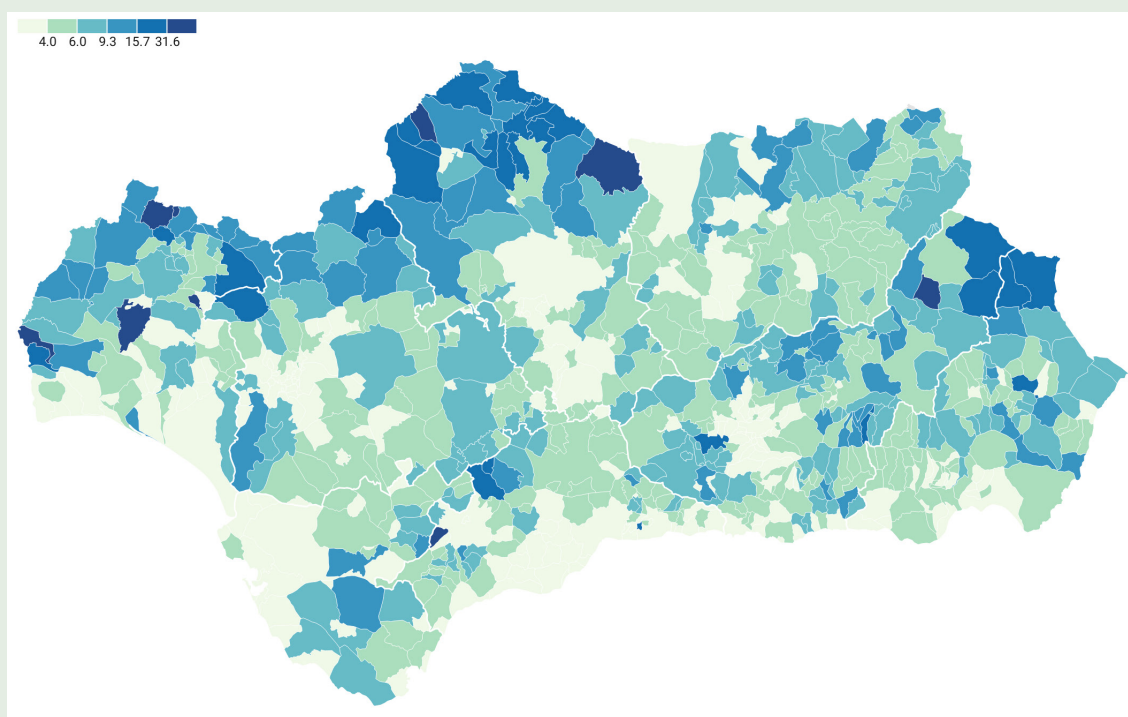
3.4.1 Emisiones per cápita en el ámbito municipal

Las emisiones per cápita revelan situaciones municipales con características particulares, destacando, en muchos casos, una relación inversa entre el tamaño de la población y las emisiones por habitante. Generalmente, esta tendencia se explica por la presencia de una importante actividad agroganadera en los municipios, aunque también existen casos en los que las emisiones per cápita se deben a características específicas de cada localidad.

Como se puede observar en los mapas de emisiones per cápita, los municipios con las emisiones más elevadas se concentran principalmente en el norte de Andalucía, en zonas serranas de Córdoba, Granada y, especialmente, Huelva. Estos municipios no suelen destacar por su alta población, y de los nueve municipios con mayores emisiones per cápita (todos con emisiones superiores a 26 tCO₂-eq/habitante), solo uno, Montejaque (Málaga), se encuentra más al sur, aunque también en una zona de sierra, la Serranía de Ronda.

En la mayoría de estos municipios, la principal fuente de emisiones elevadas es la cabaña ganadera local, que constituye el principal factor responsable de este patrón.

Mapa 1. Emisiones per cápita en Andalucía a nivel municipal (tCO₂-eq/habitante), 2021.



Fuente: Elaboración propia a partir de la aplicación HCM.

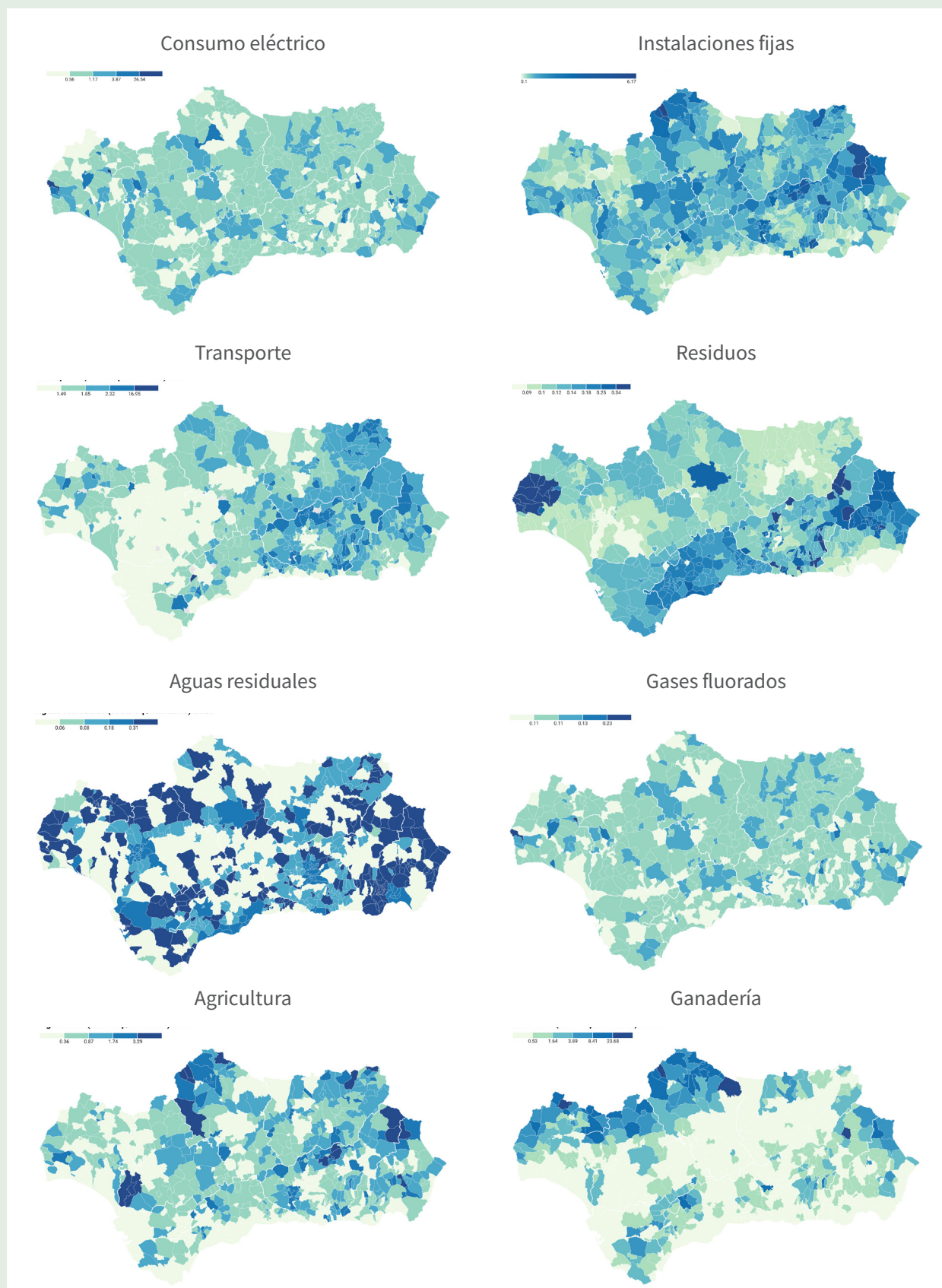
Algunos municipios, mas o menos grandes, presentan emisiones per cápita significativamente por debajo de la media andaluza. Ejemplos de ello son Rincón de la Victoria, con 2,16 tCO₂-eq/habitante, y Torremolinos, con 3,06 tCO₂-eq/habitante, ambos en la provincia de Málaga, así como Sanlúcar de Barrameda, en Cádiz, con 3,13 tCO₂-eq/habitante.

De igual manera, algunas capitales andaluzas con emisiones globales muy altas muestran emisiones per cápita bastante moderadas. De las tres capitales con mayores emisiones globales, ninguna supera la media andaluza: Sevilla con 2,77 tCO₂-eq/habitante, Málaga con 2,79 tCO₂-eq/habitante y Cádiz con 3,40 tCO₂-eq/habitante.

En cuanto a la distribución territorial de las emisiones sectoriales per cápita en Andalucía, es relevante observar que las emisiones derivadas del sector del transporte, al ser el sector con mayores emisiones en la región, tienen una distribución relativamente homogénea a lo largo de toda Andalucía.

En cuanto a los otros sectores, las emisiones del sector de residuos se concentran principalmente en el sur y noroeste de Andalucía, destacando especialmente los municipios al noroeste de Huelva y el norte de Almería, con tasas de emisión elevadas. En el caso de las aguas residuales, este sector presenta el mayor número de municipios en el tramo más alto de emisiones per cápita entre todos los sectores. Finalmente, las emisiones del sector ganadero se concentran principalmente en la Sierra Morena occidental, abarcando desde Huelva hasta Córdoba.

Mapa 2. Emisiones municipales per cápita ($\text{tCO}_2\text{-eq}$ /habitante) por sectores, 2021.



Fuente: Elaboración propia a partir de la aplicación HCM.

3.5 Capacidad de sumidero

El objetivo de incluir este sector en la HCM es estimar la capacidad de absorción de CO₂ en cada uno de los municipios andaluces y, específicamente, evaluar la contribución del sector forestal y el uso de la tierra al cumplimiento de los objetivos del Acuerdo de París en Andalucía. Los sistemas forestales y agrícolas juegan un papel crucial en la fijación de dióxido de carbono y en la contribución al ciclo global del carbono.

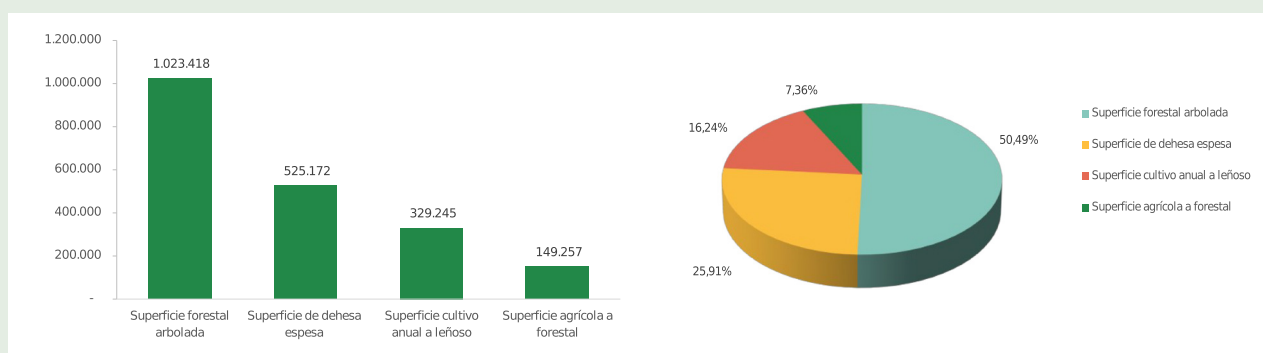
La capacidad de sumidero de CO₂ de Andalucía se calcula en función del censo forestal realizado periódicamente por la Consejería de Sostenibilidad y Medio Ambiente. La última actualización cargada en la aplicación HCM corresponde al año 2012, por lo que la capacidad de sumidero de los municipios andaluces se ha mantenido constante desde esa fecha.

Se distinguen las siguientes tipologías de uso de suelo:

- ▶ Superficie forestal arbolada.
- ▶ Superficie de dehesa espesa.
- ▶ Superficie de cultivo anual convertida a cultivo leñoso.
- ▶ Superficie de tierras agrícolas convertidas a forestal.

En 2021, el total de superficie en Andalucía que actúa como sumidero de CO₂ asciende a 2.027.091 hectáreas. Entre los diferentes usos del suelo, las formaciones forestales arboladas representan el 50,5% de la superficie total con capacidad de absorción de CO₂. A continuación, se encuentran las dehesas espesas (25,9%) y las superficies de cultivos anuales convertidos a cultivos leñosos (16,2%). Por último, las superficies agrícolas convertidas a forestales constituyen el 7,4% del total de la superficie andaluza que actúa como sumidero de CO₂.

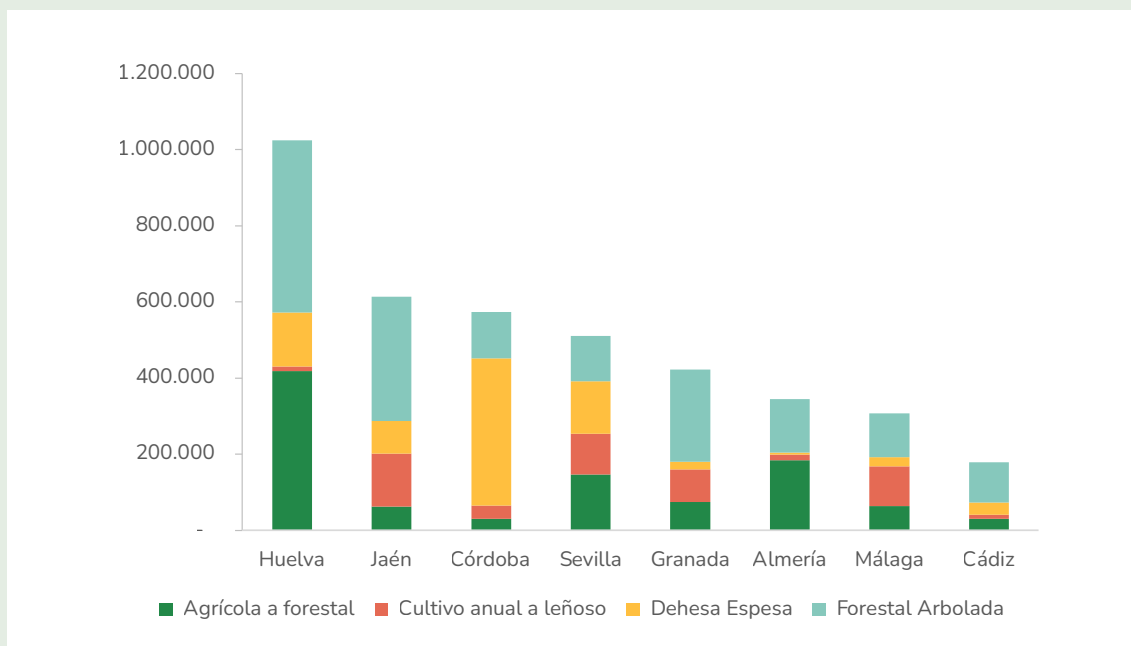
Gráfico 56. Superficie (ha) por usos de suelo en Andalucía en 2021.



Fuente: Elaboración propia a partir de la aplicación HCM.

Esta distribución superficial tiene su reflejo directo en la cantidad anual de absorciones en Andalucía. De este modo, las absorciones totales suponen 3.976.571 tCO_{2-eq}, equivalentes a 1,96 tCO_{2-eq} por hectárea de sumidero, destacando las absorciones derivadas de la superficie forestal arbolada que supone un total de 1.623.810 tCO_{2-eq} (40,8%), seguida de la superficie agrícola transformada a forestal con 1.012.457 tCO_{2-eq} (25,5%). Entre ambas suponen el 66,3% del total de las absorciones andaluzas. La superficie con menor cantidad de absorciones anuales es la dedicada a cultivos anuales que pasan a leñoso con 507.037 tCO_{2-eq} (12,8%).

Gráfico 57. Absorciones totales (tCO_{2-eq}) por tipo de uso de suelo y provincia en 2021.



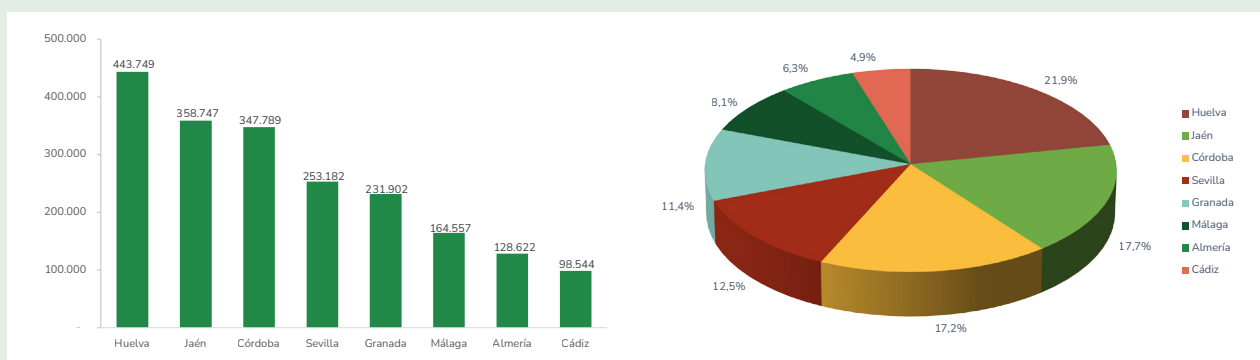
Fuente: Elaboración propia a partir de la aplicación HCM.

Sin embargo, la capacidad de absorción, medida en tCO_{2-eq}/hectárea, indica que las superficies agrícolas transformadas a forestal presentan una capacidad de sumidero muy superior al resto de superficies. Este tipo de superficies tiene una capacidad de absorción de 6,78 tCO_{2-eq}/hectárea, muy alejada del resto de superficies que disponen de capacidades en torno 1,5-1,6 tCO_{2-eq}/hectárea.

3.5.1 Capacidad de sumidero por provincia

La capacidad de sumidero de CO₂ en Andalucía está estrechamente vinculada a la distribución de la vegetación a nivel provincial, lo que da lugar a una notable variabilidad entre las provincias. Huelva, con 443.749 hectáreas, es la provincia andaluza que cuenta con la mayor superficie vegetal con capacidad para actuar como sumidero de CO₂, lo que representa el 21,9% de la superficie total de la región. En contraste, Cádiz, con 98.544 hectáreas, dispone de la menor superficie, alcanzando solo el 4,9% del total. Jaén y Córdoba, por su parte, presentan una significativa presencia de superficie con capacidad de sumidero, con un 17,7% y un 17,2%, respectivamente.

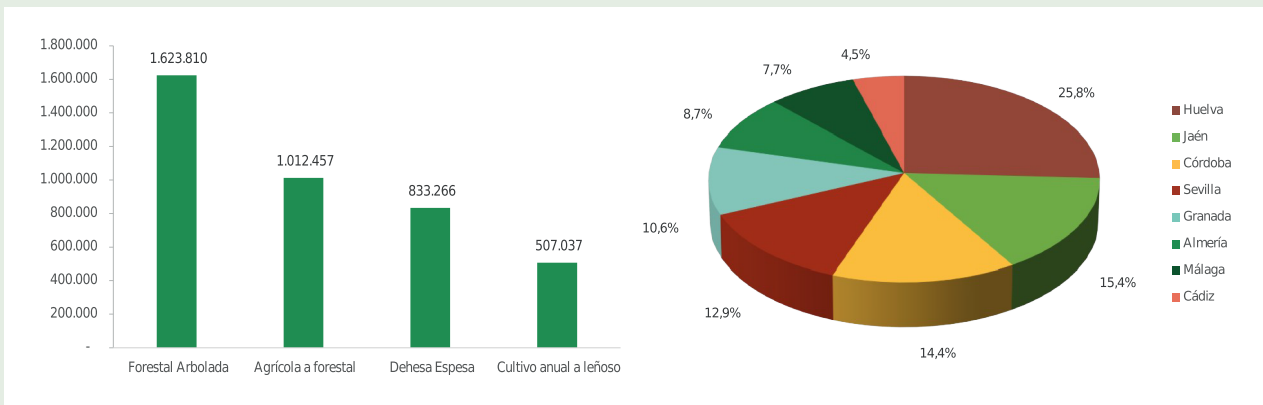
Gráfico 58. Superficies (ha) de sumidero por provincias en 2021.



Fuente: Elaboración propia a partir de la aplicación HCM.

Es lógico suponer que Huelva es la provincia andaluza con las mayores absorciones totales en el cómputo de la distribución provincial. En total dispone de 1.024.723 tCO₂-eq de absorciones, lo que equivale al 25,8% del total andaluz, valores muy por encima del resto de las provincias. Jaén le sigue a bastante distancia con 613.215 tCO₂-eq y el 15,4% de las absorciones totales, mientras que Cádiz con 178.881 tCO₂-eq y el 4,5% es la provincia con menores absorciones disponibles.

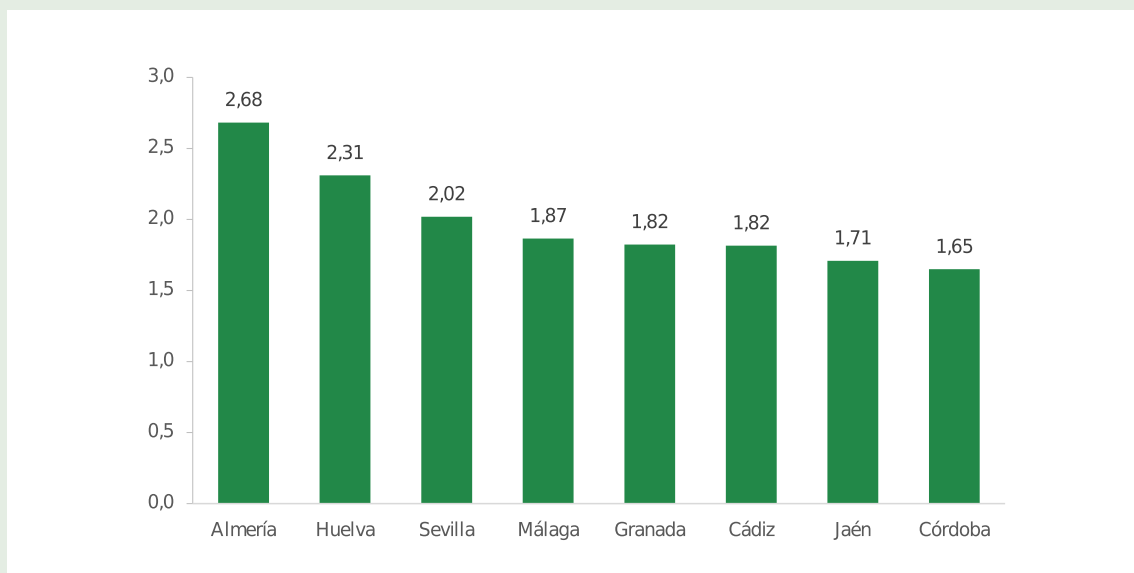
Gráfico 59. Absorciones provinciales totales (tCO₂-eq) por sectores en 2021.



Fuente: Elaboración propia a partir de la aplicación HCM.

Sin embargo, desde el punto de vista de la capacidad de absorción, relación entre la superficie disponible y cantidad de absorciones totales, la provincia de Almería es la que presenta una mayor relación superficie-absorciones con un valor de 2,68 tCO₂-eq/hectárea, seguida de Huelva (2,31 tCO₂-eq/hectárea) y Sevilla (2,02 tCO₂-eq/hectárea), las únicas provincias que superan las 2 toneladas/hectárea. El resto de las provincias andaluzas presentan una capacidad de absorción entre las 1,87 tCO₂-eq/hectárea de Málaga y las 1,65 tCO₂-eq/hectárea de Córdoba.

Gráfico 60. Capacidad de absorción por superficie (tCO₂-eq/hectárea) en 2021.



Fuente: Elaboración propia a partir de la aplicación HCM.

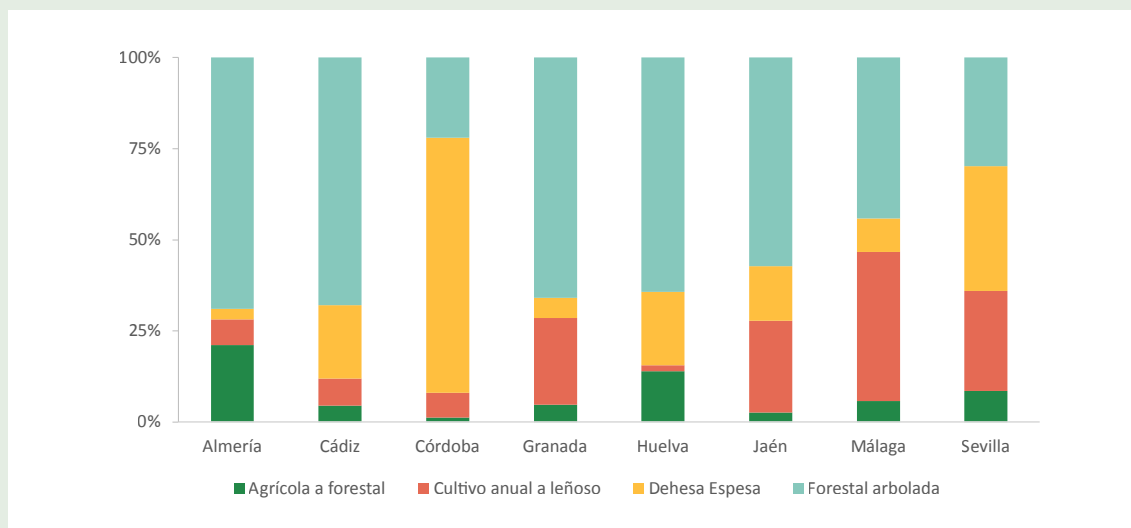
3.5.2 Capacidad de sumidero por superficie

En el marco de las cuatro categorías de superficies consideradas para definir los sumideros de CO₂ en Andalucía, se observa una distribución provincial desigual, siendo la superficie forestal arbolada el sumidero predominante. Dentro de este panorama, se destacan dos tipologías de superficies que presentan una clara concentración en ciertas provincias, mientras que las otras dos categorías muestran una distribución más equilibrada entre ellas.

En cuanto a las superficies más naturales, la dehesa espesa está especialmente representada en Córdoba, que concentra el 46,4% de la superficie total de esta categoría en Andalucía, seguida por Huelva y Sevilla, con un 27% y un 26,2%, respectivamente. En lo que respecta a la superficie forestal arbolada, destaca en las provincias de Huelva (27,9%), Jaén (20,1%) y Granada (14,9%), con un reparto más homogéneo en el resto de las provincias.

Por otro lado, en las superficies transformadas, la conversión de superficie agrícola a forestal está particularmente presente en Huelva, que acumula el 41,4% del total andaluz de esta categoría. En las demás provincias, esta conversión es menor, con porcentajes casi siempre inferiores al 15%, a excepción de Almería, que alcanza el 18,2%. Finalmente, la superficie de cultivo anual convertida a cultivo leñoso se encuentra predominantemente en cuatro provincias: Jaén (27,5%), Sevilla (21%), Málaga (20,5%) y Granada (16,7%), mientras que en el resto de las provincias su presencia es escasa, salvo en Córdoba, que representa el 7,1% del total andaluz.

Gráfico 61. Distribución provincial de los usos del suelo en Andalucía en 2021.



Fuente: Elaboración propia a partir de la aplicación HCM.

Esta distribución de las superficies se refleja en las absorciones totales por cada uso del suelo y provincia. Así, mientras la superficie forestal arbolada presenta absorciones, en general, por encima de las 100.000 tCO₂-eq en todas las provincias y, especialmente en Granada (242.505 tCO₂-eq), Jaén (325.960 tCO₂-eq) y Huelva (452.365 tCO₂-eq), las superficies de cultivo anual transformadas a leñoso escasamente llegan a ese umbral, solo ligeramente superado por Málaga (103.701 tCO₂-eq), Sevilla (106.679 tCO₂-eq) o Jaén (139.371 tCO₂-eq).

Tabla 7. Absorciones provinciales(tCO₂-eq) por tipo de superficie en 2021.

Provincia	Forestal arbolada	Dehesa espesa	Cultivo anual a leñoso	Agrícolas a forestal	Total
Almería	140.553	6.016	13.934	184.489	344.993
Cádiz	106.218	31.529	11.286	29.848	178.881
Córdoba	121.309	386.445	35.999	29.825	573.578
Granada	242.505	20.606	84.722	75.024	422.858
Huelva	452.365	142.017	11.345	418.996	1.024.723
Jaén	325.960	84.928	139.371	62.956	613.215
Málaga	115.107	24.148	103.701	64.112	307.069
Sevilla	119.794	137.576	106.679	147.205	511.255
Andalucía	1.623.810	833.266	507.037	1.012.457	3.976.571

Fuente: Elaboración propia a partir de la aplicación HCM.

3.5.2.1 Superficie de agrícola a forestal

El total de superficie de sumidero en Andalucía asociada a la transformación del uso agrícola a forestal es de 149.257 hectáreas, el 7,4% del total de la superficie de sumidero andaluza, que generan anualmente un total de 1.012.457 tCO₂-eq, lo que supone el 25,5% de todas las absorciones debido a una capacidad de sumidero muy elevada de 6,78 tCO₂-eq/hectárea.

Gráfico 62. Superficie provincial (ha) y absorciones asociadas a la superficie de cultivo transformada a forestal (tCO₂-eq) en 2021.



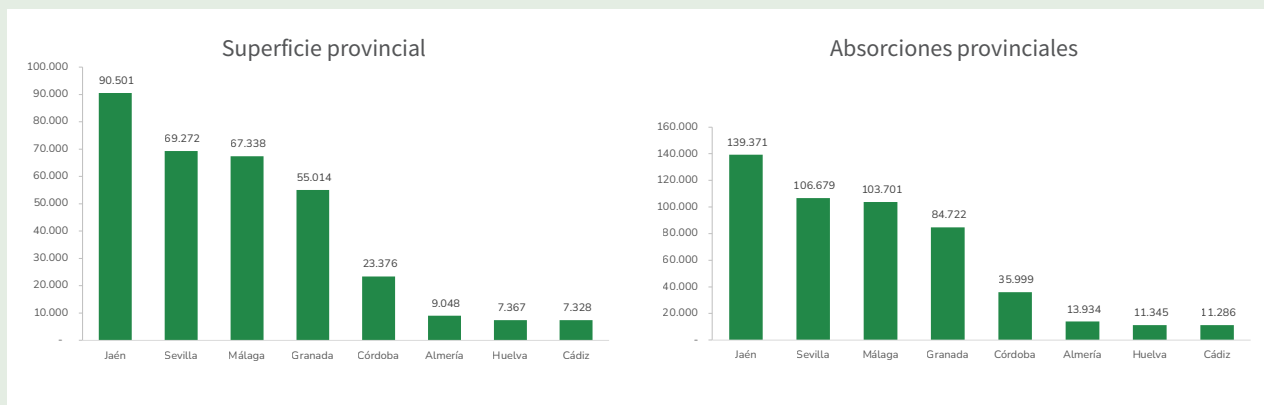
Fuente: Elaboración propia a partir de la aplicación HCM.

Cabe destacar el caso de Huelva con el 41,4% es la provincia andaluza con mayor superficie y es la responsable de 418.996 tCO₂-eq. Junto con Almería, 18,2% y 184.489 tCO₂-eq, y Sevilla, 14,5% y 147.205 tCO₂-eq, conforman más del 74% del total de la superficie andaluza de sumidero agrícola transformada en forestal y de las absorciones asociadas. En el lado contrario, Cádiz y Córdoba, ambas con el 2,9% de la superficie y un total de 29.848 y 29.825 tCO₂-eq respectivamente, son las que menos capacidad de sumidero tienen de toda Andalucía.

3.5.2.2 Superficie de cultivo anual a leñoso

La superficie de cultivo anual transformada en leñoso destaca con 329.245 hectáreas, lo que representa el 16,2% del total de la superficie de sumideros en Andalucía. Esta tipología de superficie contribuye anualmente con una absorción de 507.037 tCO₂-eq, lo que equivale al 12,8% de todas las absorciones de CO₂ en la región.

Gráfico 63. Superficie provincial (ha) y absorciones asociadas a cultivos leñosos (tCO₂-eq) en 2021.



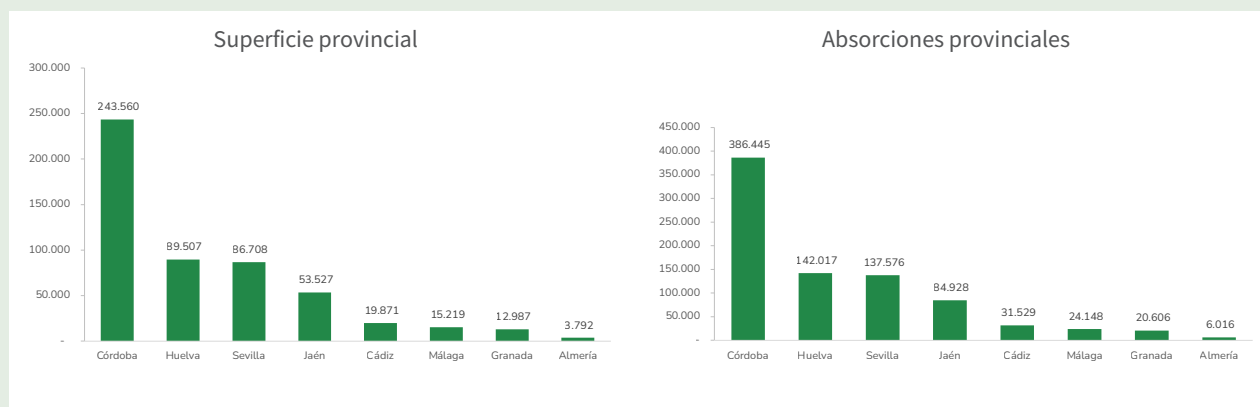
Fuente: Elaboración propia a partir de la aplicación HCM.

Aquí se puede observar que Jaén, con un 27,5% de la superficie, es la provincia andaluza con mayor extensión dedicada a sumideros de cultivos anuales transformados en leñosos, generando 139.371 tCO₂-eq. Le siguen Sevilla, con un 21% de la superficie y 106.679 tCO₂-eq, y Málaga, con un 20,5% y 103.701 tCO₂-eq. Estas tres provincias juntas representan más del 69% de la superficie total de sumideros en Andalucía y de las absorciones asociadas. En el extremo opuesto, Cádiz y Huelva, ambas con apenas un 2,2% de la superficie y con 11.286 y 11.345 tCO₂-eq respectivamente, son las que poseen menor capacidad de sumidero en toda la región.

3.5.2.3 Superficie de dehesa espesa

La superficie de dehesa espesa en Andalucía abarca 525.172 hectáreas, lo que representa el 25,9% del total de la superficie de sumidero en la región. Esta área genera anualmente 833.266 tCO₂-eq, equivalentes al 21% de todas las absorciones, debido a una capacidad de sumidero relativamente baja, de apenas 1,59 tCO₂-eq por hectárea.

Gráfico 64. Superficie provincial (ha) y absorciones asociadas a la dehesa espesa (tCO₂-eq) en 2021.



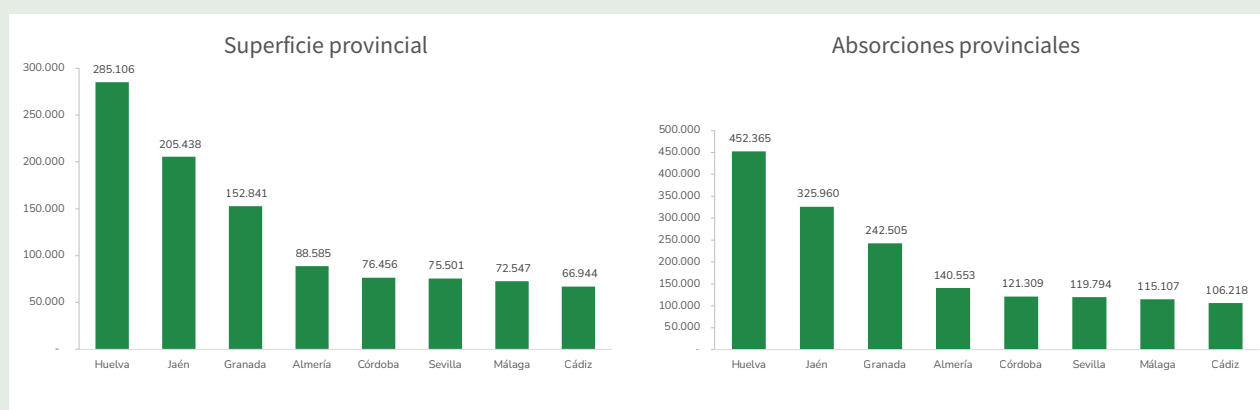
Fuente: Elaboración propia a partir de la aplicación HCM.

La provincia de Córdoba, con el 46,4% de la superficie genera 386.445 tCO₂-eq. Junto con Huelva, que aporta el 17% y 142.017 tCO₂-eq, y Sevilla, con un 16,5% y 137.576 tCO₂-eq, estas tres provincias concentran casi el 80% de la superficie total de dehesa espesa en Andalucía y de las absorciones asociadas. En contraste, Almería, con solo el 0,7% de la superficie y 6.016 tCO₂-eq, es la provincia con menor capacidad de sumidero vinculada a esta tipología en toda la región.

3.5.2.4 Superficie forestal arbolada

En Andalucía, las superficies forestales arboladas abarcan un total de 1.023.418 hectáreas, lo que representa el 50,5% de la superficie de sumidero de la región. Estas áreas generan anualmente 1.623.810 tCO₂-eq, equivalentes al 40,8% de todas las absorciones, debido a una capacidad de sumidero relativamente baja, de solo 1,59 tCO₂-eq por hectárea.

Gráfico 65. Superficie provincial (ha) y absorciones asociadas a la superficie forestal arbolada (tCO₂-eq) en 2021.



Fuente: Elaboración propia a partir de la aplicación HCM.

La provincia de Huelva con el 27,9% del total es la de mayor superficie y la responsable de 452.365 tCO₂-eq. Junto con Jaén, 20,1% y 325.960 tCO₂-eq, y Granada, 14,9% y 242.505 tCO₂-eq, constituyen más del 63% del total de la superficie andaluza ocupada por formaciones forestales arboladas y de las absorciones asociadas. En el lado contrario, esta Cádiz con el 6,5% de la superficie y un total de 106.218 tCO₂-eq es la que tiene menos capacidad de sumidero de toda Andalucía.

3.6 Energías renovables

El análisis de las energías renovables presenta un enfoque distinto al de los apartados previamente tratados, ya que no considera el cálculo de emisiones o absorciones de GEI. En su lugar, se centra en la estimación del consumo de energías limpias, expresado en MWh, a nivel municipal. Este parámetro se considera clave para la definición de los aspectos energéticos incluidos en los Planes Municipales contra el Cambio Climático (PMCC).

Es importante señalar que no se ha realizado un análisis de la evolución de las energías renovables durante el periodo 2005-2021. Esto se debe a la falta de datos completos para algunas tecnologías, como la solar térmica, la solar fotovoltaica y el consumo de biomasa, cuyos registros comienzan a estar disponibles a partir de 2019. Por este motivo, el análisis se limita a los años 2019, 2020 y 2021, permitiendo únicamente una comparación entre estos periodos recientes.

En 2021, las energías renovables aportaron un total de 21.774.819 MWh al consumo energético total de Andalucía, lo que representa un incremento del 5,4% en comparación con 2020 (20.667.099 MWh) y del 9,1% respecto a 2019 (19.964.386 MWh). Este consumo total equivale a 2,6 MWh por habitante al año, marcando un aumento del 5,1% en relación al año anterior (2,4 MWh por habitante al año).

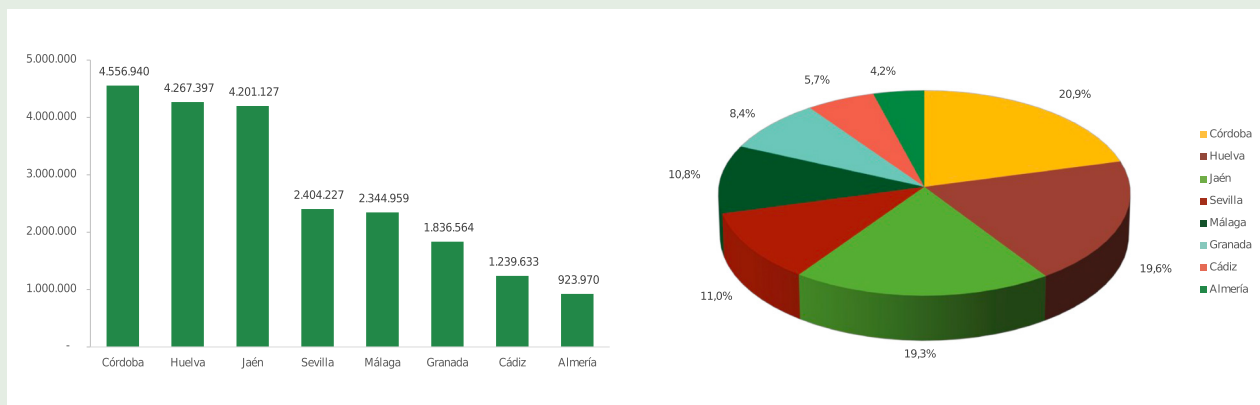
3.6.1 Consumo de energías renovables por provincias

En 2021, las provincias de Córdoba, Huelva y Jaén destacaron como las principales contribuyentes al consumo de energías renovables en Andalucía, con aportes del 20,9%, 19,6% y 19,3%, respectivamente. Este liderazgo se debe principalmente a la significativa participación de la biomasa, ya que estas tres provincias suponen el 74,9% del total andaluz.

La menor densidad poblacional de estas provincias implica que el consumo per cápita también es liderado por ellas, aunque con un cambio notable en el orden. Huelva encabeza el ranking andaluz con un consumo per cápita de 8,1 MWh, muy superior a la media regional, impulsado casi en su totalidad por la biomasa, que representa el 88,9% del consumo de energías renovables en la provincia.

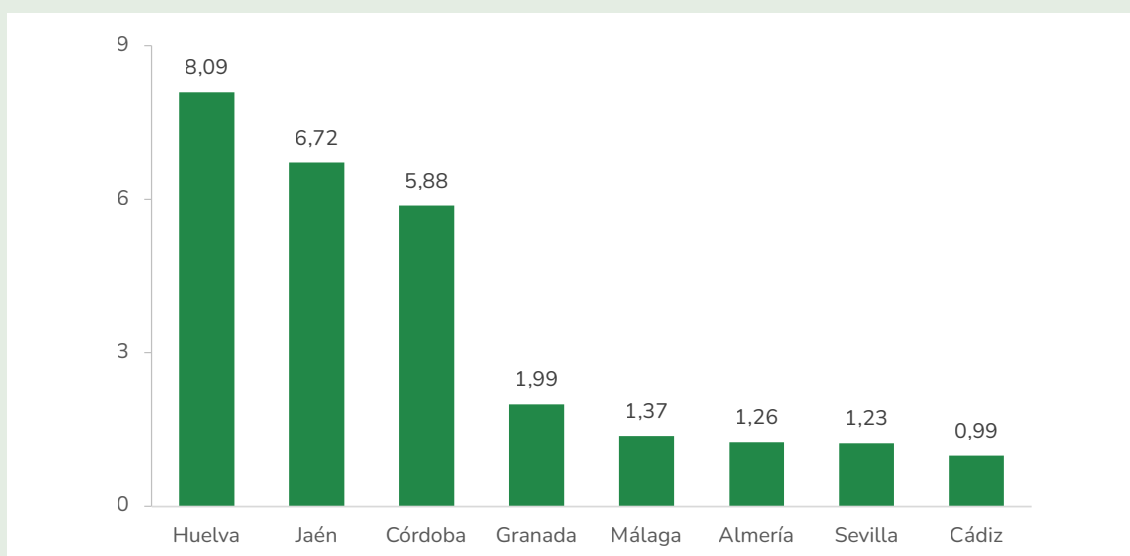
En el extremo opuesto, Cádiz y, especialmente, Almería presentan los menores aportes al consumo per cápita de energías renovables, con un 5,7% y 4,2%, respectivamente. Cádiz registra los valores más bajos de toda Andalucía, con solo 0,99 MWh por habitante al año.

Gráfico 66. Consumo provincial de energías renovables (MWh), 2021.



Fuente: Elaboración propia a partir de la aplicación HCM.

Gráfico 67. Consumo per cápita de energías renovables (MWh/habitantes), 2021.



Fuente: Elaboración propia a partir de la aplicación HCM.

En comparación con 2020, las provincias de Cádiz, Almería y Málaga registraron los mayores incrementos en el consumo de energías renovables, con tasas de crecimiento del 13,7%, 12,5% y 10,6%, respectivamente. Este avance se atribuye principalmente a la combinación del notable despliegue de la energía fotovoltaica, que en las tres provincias experimentó un aumento superior al 100%, y al incremento en el consumo de energía eléctrica de origen renovable.

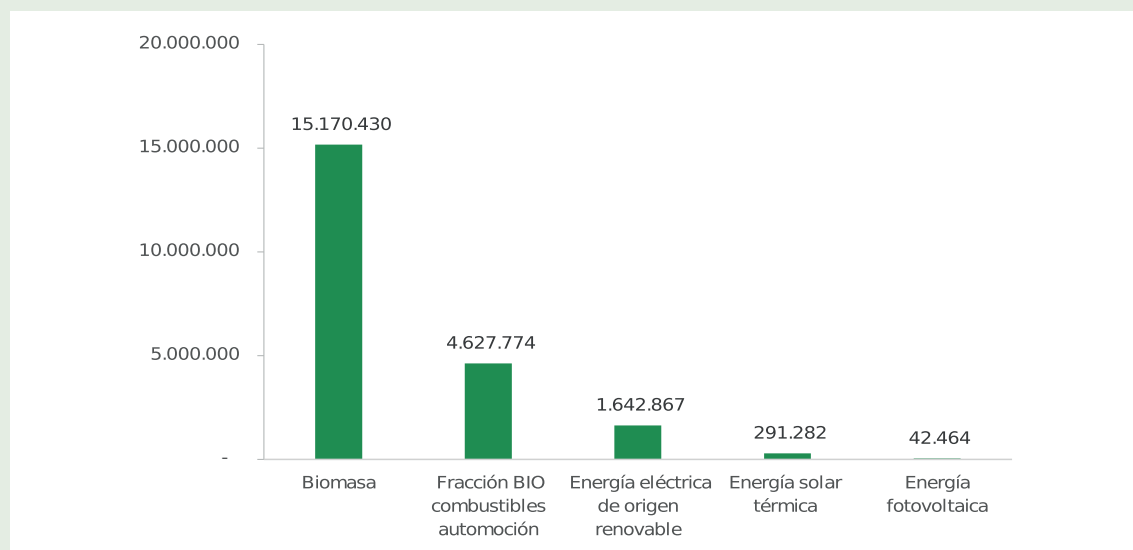
Por otro lado, Córdoba (3,0%) y, especialmente, Huelva (1,3%) mostraron los menores crecimientos en este ámbito, a pesar de liderar en 2020 el consumo provincial de energías renovables en Andalucía, con cifras superiores a los 4.000.000 MWh. Esta desaceleración se explica porque ambas provincias son las principales consumidoras de biomasa, una fuente con variaciones interanuales mínimas. En el caso de Huelva, destaca el escaso crecimiento de la energía fotovoltaica, con un aumento de solo un 9,8% respecto a 2019, el más bajo registrado para esta tecnología en toda la región.

3.6.2 Consumo de energías renovables por fuentes

En 2021, la biomasa consolidó su posición como la principal fuente de energía renovable en Andalucía, representando el 69,7% del consumo total. Este porcentaje refleja un ligero incremento del 0,2% en comparación con el año anterior. A considerable distancia, la fracción biogénica de los combustibles de automoción ocupó el segundo lugar, con un consumo de 4.627.774 MWh, equivalente al 21,3% del total anual, y un notable crecimiento interanual del 34,9%.

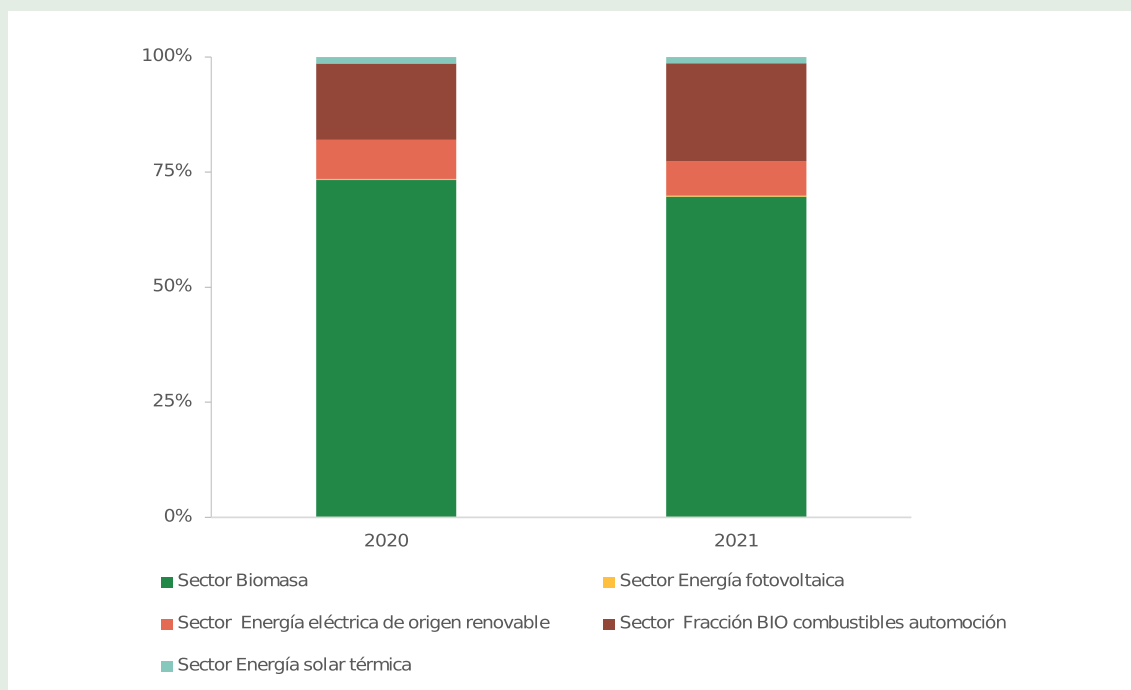
En contraste, el aporte de la energía fotovoltaica fue marginal, representando apenas el 0,2% del total de energías renovables consumidas en la región. No obstante, su crecimiento respecto a 2019 ha sido significativo, alcanzando un aumento del 111,8%. Por su parte, la energía eléctrica de origen renovable, aunque en 2021 representó solo el 7,5% del consumo total de energías renovables, mostró un incremento sustancial del 47,4% en comparación con 2019, subrayando su progresivo desarrollo en el panorama energético andaluz.

Gráfico 68. Consumo de energía renovable (MWh) por fuentes en Andalucía en 2021.



Fuente: Elaboración propia a partir de la aplicación HCM.

Gráfico 69. Participación de las energías renovables (MWh) en 2021 y 2020 en Andalucía.



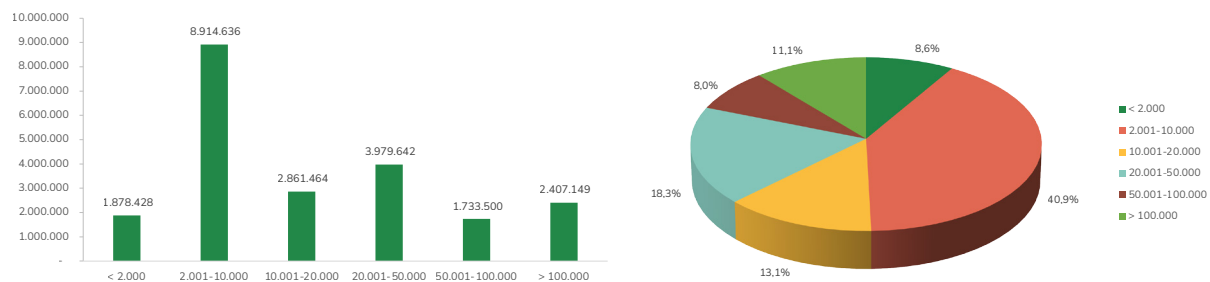
Fuente: Elaboración propia a partir de la aplicación HCM.

3.6.3 Contexto municipal de las energías renovables

En el ámbito municipal, y siguiendo un análisis territorial basado en tamaños de población como se expuso previamente (4.3.9 Análisis municipal), destaca el consumo de energías renovables en los municipios pequeños, particularmente aquellos con entre 2.000 y 10.000 habitantes. En 2021, estas localidades registraron un consumo total de 8.914.636 MWh, que junto con los municipios de menos de 2.000 habitantes representan aproximadamente el 49,6% de toda la energía renovable consumida en Andalucía.

En contraste, las grandes ciudades, que concentran la mayor parte de la población andaluza, consumieron apenas 2.407.149 MWh, lo que equivale al 11,1% del total. Estos datos evidencian que el consumo de energías renovables en la región está predominantemente concentrado en los núcleos rurales, principalmente debido al alto peso del consumo de biomasa en estas zonas. Sin embargo, dependiendo de la fuente energética, pueden observarse variaciones entre las ciudades medias, grandes y los núcleos más pequeños, como se detalla en el análisis sectorial posterior.

Gráfico 70. Consumo de energías renovables (MWh) en Andalucía por rangos de población, 2021.



Fuente: Elaboración propia a partir de la aplicación HCM y del Padrón municipal de habitantes del INE, 2021.

A nivel provincial, Córdoba, Huelva y Jaén destacan por registrar los mayores consumos de energías renovables, con 4.556.940 MWh (20,9%), 4.267.397 MWh (19,6%) y 4.201.127 MWh (19,3%), respectivamente. Estas tres provincias concentran conjuntamente el 59,8% del consumo total de energías renovables en Andalucía.

En Córdoba, al igual que en Cádiz, el consumo de energías renovables se concentra predominantemente en ciudades medianas, con poblaciones entre 20.000 y 50.000 habitantes. Por su parte, en Huelva y Jaén, el consumo se orienta hacia municipios más pequeños, con rangos de población de 2.000 a 10.000 habitantes, un patrón que también se observa en las provincias de Almería, Málaga y Granada.

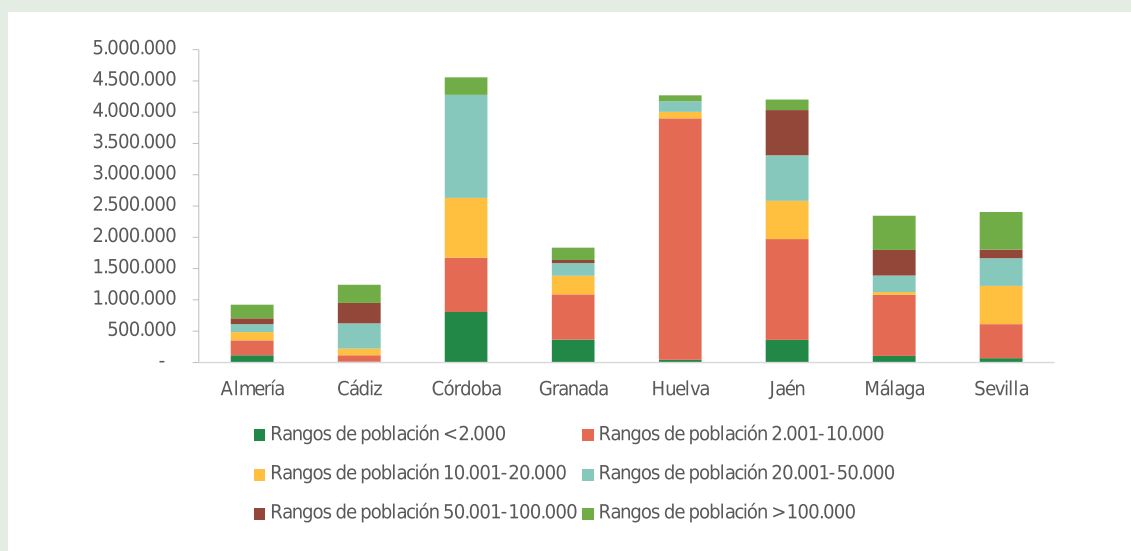
Sevilla presenta una distribución más equilibrada en el consumo de energías renovables, con proporciones similares entre municipios de 2.000-10.000 habitantes, 10.000-20.000 habitantes, y los dos grandes núcleos urbanos de la provincia: Sevilla capital y Dos Hermanas, ambos con más de 100.000 habitantes.

Tabla 8. Consumos provinciales de energías renovables por rango de población, 2021.

Provincia	< 2.000	2.001-10.000	10.001-20.000	20.001-50.000	50.001-100.000	> 100.000
Almería	113.660	239.756	133.071	127.948	91.314	218.221
Cádiz	10.709	101.566	107.433	405.994	324.412	289.519
Córdoba	809.561	863.059	954.306	1.647.166	-	282.847
Granada	366.960	720.926	296.580	201.342	51.910	198.846
Huelva	44.222	3.853.968	103.999	168.878	-	96.329
Jaén	360.994	1.612.526	610.310	726.196	721.356	169.745
Málaga	104.996	977.089	44.202	261.497	408.979	548.197
Sevilla	67.325	545.745	611.562	440.620	135.530	603.445

Fuente: Elaboración propia a partir de la aplicación HCM y del Padrón municipal de habitantes del INE, 2021.

Gráfico 71. Distribución provincial del consumo de energías renovables (MWh) por rangos de población, 2021.



Fuente: Elaboración propia a partir de la aplicación HCM y del Padrón municipal de habitantes del INE, 2021.

En el análisis sectorial, las grandes ciudades (>100.000 habitantes) destacan por registrar un mayor consumo de energías renovables en la mayoría de las fuentes energéticas, con excepción de la energía solar térmica y, especialmente, la biomasa.

La biomasa, principal fuente de energía renovable en Andalucía durante 2021, alcanzó un consumo de 15.170.430 MWh, muy por encima de la siguiente tecnología, la fracción biogénica de los combustibles de automoción, que registró 4.627.774 MWh. Esta marcada diferencia entre tecnologías condiciona significativamente cualquier análisis de consumo sectorial a nivel municipal.

El consumo de biomasa se concentra predominantemente en municipios con poblaciones entre 2.000 y 10.000 habitantes, que alcanzaron 7.627.035 MWh, representando el 50,3% del total de esta tecnología. Al sumar los 1.583.149 MWh consumidos en municipios más pequeños (<2.000 habitantes), se obtiene un total del 60,7% del consumo de biomasa en Andalucía, lo que refuerza la tendencia de concentración de energías renovables en entornos rurales y municipios pequeños (<10.000 habitantes). En contraste, el consumo de biomasa en grandes núcleos urbanos (>100.000 habitantes) desciende drásticamente, representando apenas el 2% del total.

En cuanto a la energía solar térmica, su consumo muestra una distribución más uniforme entre los distintos rangos poblacionales, salvo en los municipios más pequeños (<2.000 habitantes), donde los valores son significativamente menores. El consumo oscila entre un máximo de 66.094 MWh en municipios de 20.001 a 50.000 habitantes y un mínimo de 11.044 MWh en localidades con menos de 2.000 habitantes.

Este patrón refleja un mayor despliegue de la solar térmica en ciudades medianas, donde predominan las viviendas unifamiliares, principal destino de esta tecnología. En las grandes ciudades, el consumo es relativamente bajo debido a la alta concentración de edificios residenciales que emplean otras fuentes de

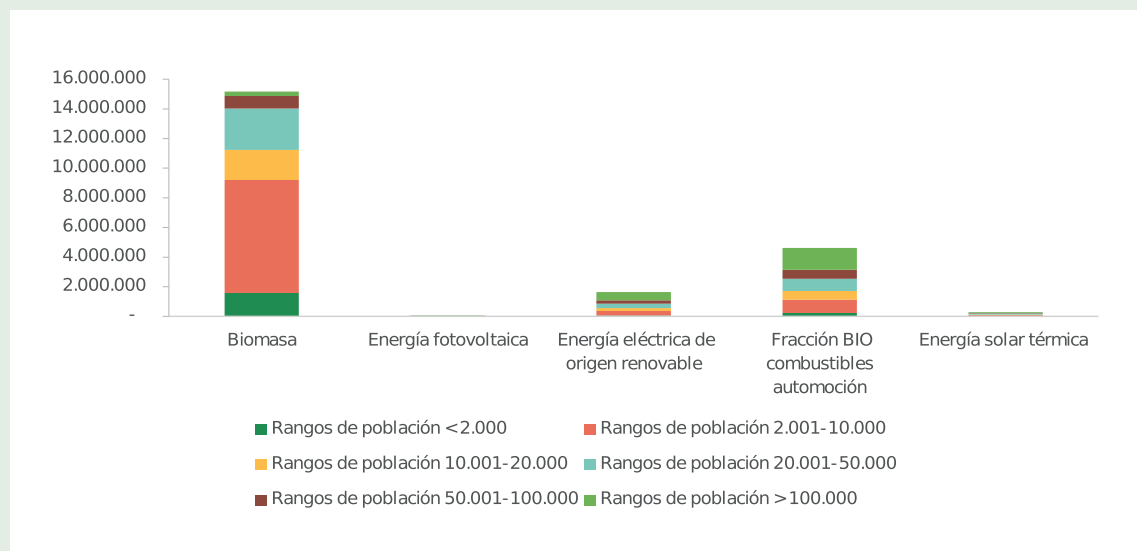
energía. En los municipios más pequeños, el consumo limitado de solar térmica se debe, en gran medida, al reducido número de viviendas, además de posibles factores económicos que dificultan la adopción de esta tecnología.

Tabla 9. Consumo sectorial de energías renovables por rangos de población, 2021.

Sectores	< 2.000	2.001-10.000	10.001-20.000	20.001-50.000	50.001-100.000	> 100.000
Biomasa	1.583.149	7.627.035	2.022.194	2.796.532	837.916	303.604
Energía eléctrica de origen renovable	2.789	11.765	6.248	7.295	2.078	12.290
Energía fotovoltaica	53.349	310.482	197.906	294.200	232.028	554.903
Fracción biogénica combustibles automoción	228.097	897.361	591.915	815.520	615.549	1.479.332
Energía solar térmica	11.044	67.993	43.202	66.094	45.929	57.021

Fuente: Elaboración propia a partir de la aplicación HCM y del Padrón municipal de habitantes del INE, 2021.

Gráfico 72. Distribución del consumo de energías renovables (MWh) en Andalucía por rangos de población, 2021.



Fuente: Elaboración propia a partir de la aplicación HCM y del Padrón municipal de habitantes del INE, 2021.

En todas las provincias andaluzas, salvo Almería y Cádiz, las tres principales fuentes de consumo de energías renovables coinciden: biomasa, seguida de la fracción biogénica de combustibles de automoción y la energía eléctrica de origen renovable. Sin embargo, no existe un patrón uniforme en el consumo según tecnologías y rangos de población.

El consumo de biomasa, predominante en casi todas las provincias excepto Córdoba y Sevilla, se concentra mayoritariamente en municipios pequeños, especialmente en aquellos con poblaciones entre 2.000 y 10.000 habitantes. Este comportamiento sigue el patrón general observado en Andalucía, influenciado por el sesgo hacia un alto consumo de biomasa a nivel regional.

En el caso de la fracción biogénica de los combustibles de automoción, existe una correlación más estrecha con la distribución de la población en cada provincia. En aquellas provincias donde la población se concentra en grandes ciudades, como Sevilla, Málaga y especialmente Cádiz, el consumo de esta fuente energética es notablemente superior al registrado en el resto de los municipios de dichas provincias. De manera agregada, el consumo en las grandes ciudades andaluzas (>100.000 habitantes) asciende a 1.479.332 MWh, lo que representa el 32% del total de esta fuente en Andalucía. Dentro de este rango, Sevilla y Málaga destacan, concentrando conjuntamente el 40,8% del consumo provincial de esta fuente energética.

En cuanto a la energía eléctrica de origen renovable, cuyo consumo está directamente relacionado con la población, no se observa un patrón uniforme en todas las provincias, aunque sí ciertas similitudes entre algunas. En Sevilla, Málaga y Córdoba, este consumo se concentra en gran medida en las grandes ciudades (>100.000 habitantes). En contraste, en Huelva y Jaén predomina en municipios pequeños (2.000-10.000 habitantes). Por otro lado, en Cádiz y Almería, el consumo presenta una distribución más equilibrada entre diferentes rangos de población. En Cádiz, se concentra principalmente en ciudades medianas y grandes (poblaciones superiores a 50.000 habitantes), mientras que en Almería se reparte entre municipios pequeños (2.000-10.000 habitantes) y los dos núcleos urbanos con poblaciones entre 50.000 y 100.000 habitantes.

Por último, las fuentes energéticas solar térmica y fotovoltaica tienen una escasa presencia aún en 2021 en todo el territorio andaluz y su aporte al consumo total es mínimo. La solar fotovoltaica aún es un aporte testimonial en todos los rangos de población y provincias andaluzas. Ya se ha explicado anteriormente la relación existente entre solar térmica y viviendas unifamiliares, que, en el caso de la fotovoltaica, más allá de la implantación en parques solares sobre suelo o edificios, está también muy presente.

Gráfico 73. Distribución por provincias del consumo de energías renovables (MWh) por tecnologías y rangos de población, 2021.



Fuente: Elaboración propia a partir de la aplicación HCM y del Padrón municipal de habitantes del INE, 2021.

3.6.3.1 Distribución municipal del consumo de energías renovables

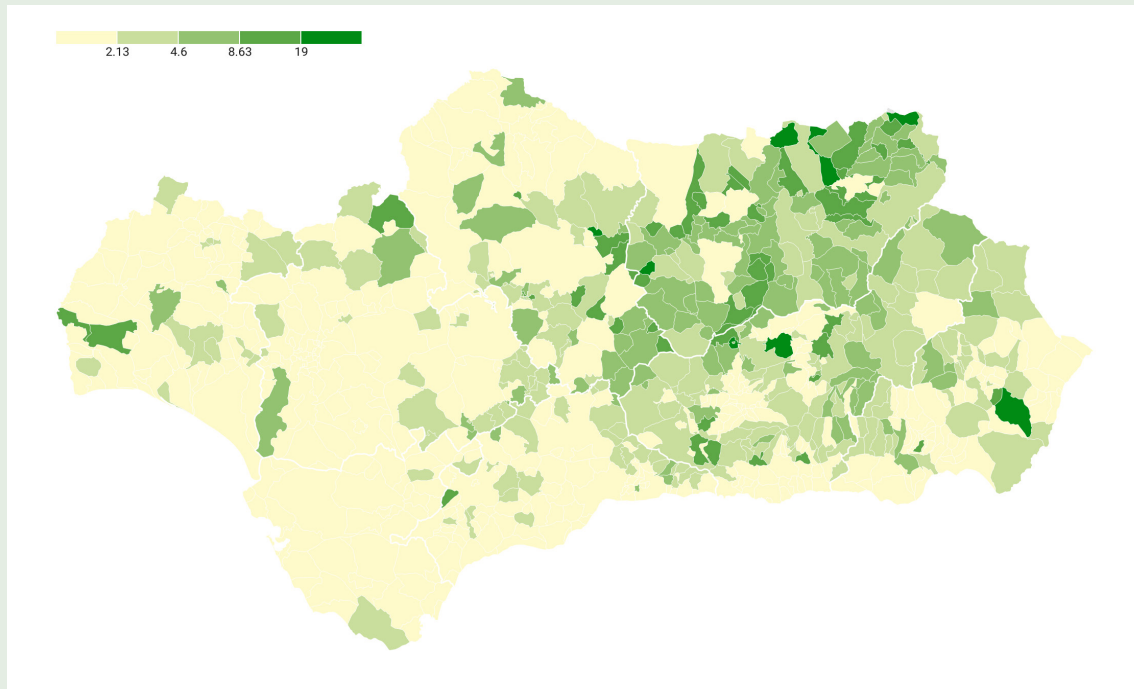
A continuación, se presenta un análisis cartográfico del consumo per cápita de energías renovables, con el propósito de identificar, por un lado, los municipios que destacan por poseer características específicas que los diferencian del resto de Andalucía y, por otro, examinar la distribución territorial del consumo de energías renovables en la región. Este análisis incluye tanto el consumo total como el desglose por cada fuente energética: biomasa, energía eléctrica de origen renovable, energía fotovoltaica, solar térmica y la fracción biogénica de combustibles fósiles.

Destacan notablemente algunos municipios con consumos de energías renovables per cápita significativamente superiores a la media regional y provincial, concentrados especialmente en la zona oriental de Andalucía.

En la provincia de Jaén, localidades como Villarrodrigo, Higuera de Calatrava y Aldequemada presentan consumos per cápita destacados de 20,2 MWh/habitante, 19,7 MWh/habitante y 19,5 MWh/habitante, respectivamente. Otros casos destacados son Pedro Abad, en Córdoba, con 33 MWh/habitante, y Piñar, en Málaga, que alcanza los 50,6 MWh/habitante, el consumo más elevado registrado en la región.

Estos valores excepcionales se explican principalmente por la presencia en muchos de estos municipios de instalaciones industriales que generan electricidad a partir de biomasa. En varios casos, esta biomasa procede de subproductos del olivar, como orujo, orujillo y hueso de aceituna, entre otros.

Mapa 3. Consumo municipal per cápita de energía renovable (MWh/habitante), 2021.



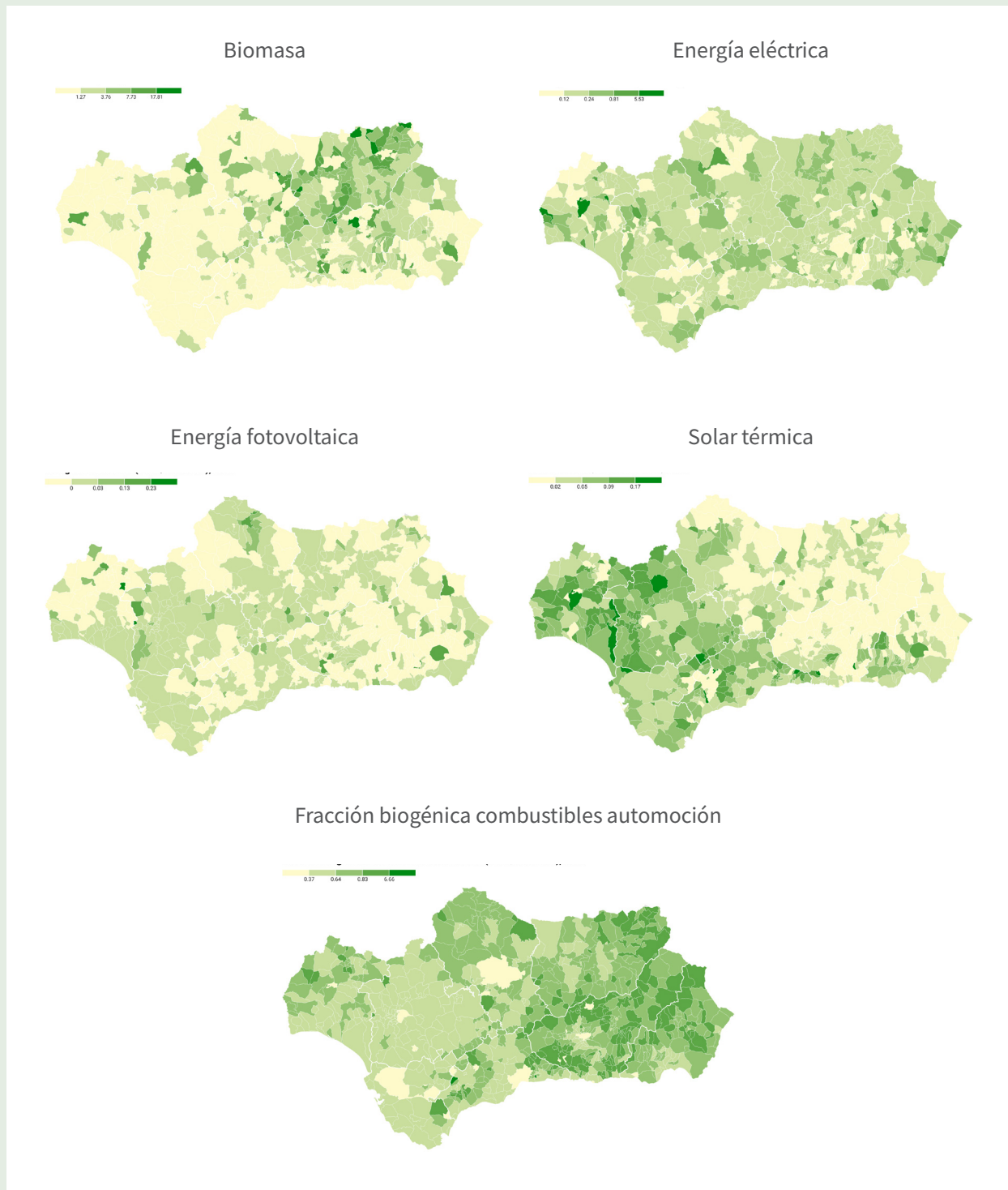
Fuente: Elaboración propia a partir de la aplicación HCM.

Como se ha señalado previamente, el consumo de energías renovables a nivel municipal está profundamente condicionado por el uso de la biomasa. De hecho, la distribución territorial de las energías renovables en su conjunto prácticamente coincide cartográficamente con la de la biomasa, y los municipios con mayores consumos anuales de energías renovables dependen en gran medida de esta fuente energética.

En términos generales, la distribución territorial de la biomasa está estrechamente vinculada a la presencia del cultivo del olivar y sus industrias asociadas en provincias como Córdoba y Jaén, así como a una significativa cobertura forestal local, especialmente en áreas como las Sierras de Cazorla, Segura y las Villas, la Sierra Norte de Málaga y las Sierras Subbéticas.

En los municipios que registran los consumos per cápita más elevados, la biomasa representa más del 90% del consumo total de energías renovables, llegando en algunos casos a superar el 95-96%.

Mapa 4. Consumo municipal per cápita de energía renovable por fuentes, (MWh/habitante), 2021.

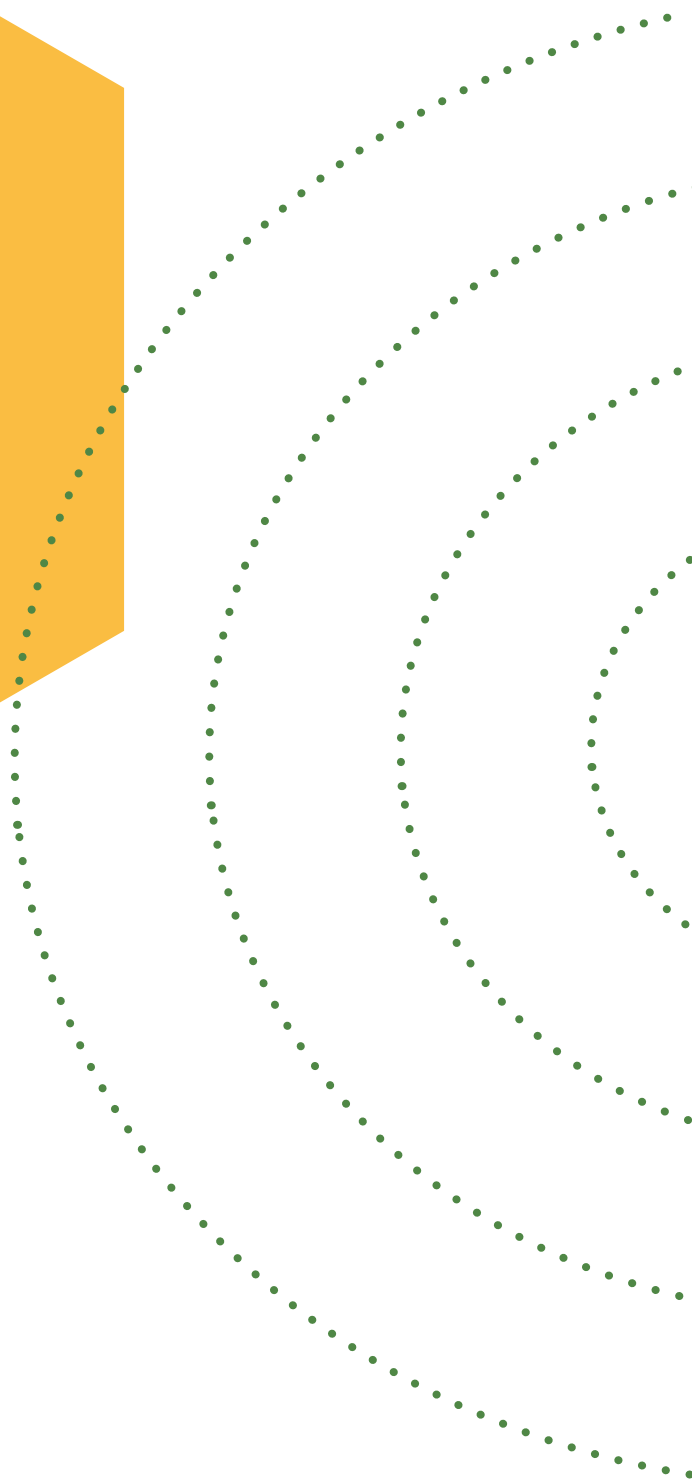
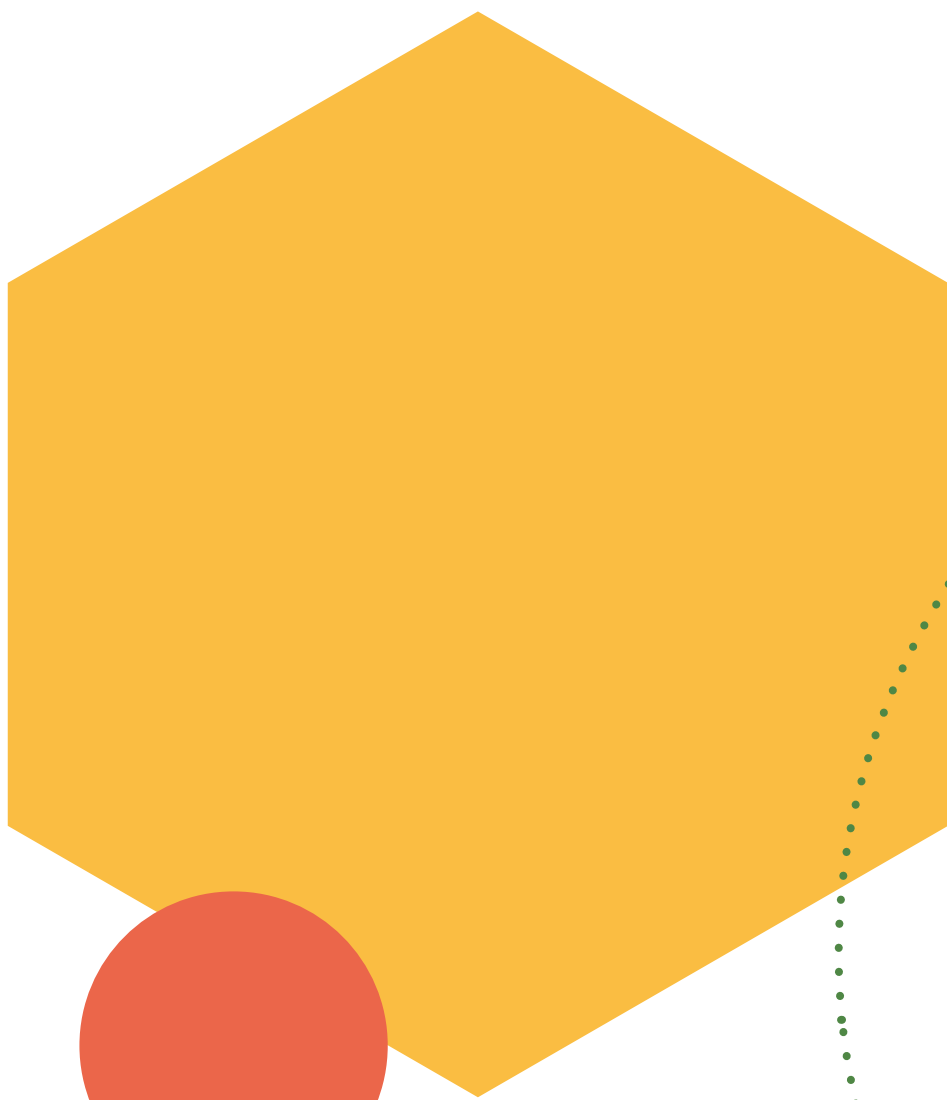
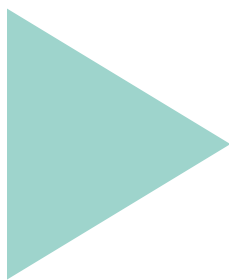


Fuente: Elaboración propia a partir de la aplicación HCM.

Por último, es importante señalar que la distribución municipal de las distintas fuentes de energías renovables presenta variaciones significativas en comparación con el patrón general de emisiones per cápita. Cada fuente muestra una distribución territorial específica y diferenciada. Por ejemplo, la energía eléctrica de origen renovable exhibe una distribución relativamente homogénea a nivel municipal, sin grandes concentraciones de consumo elevado, salvo excepciones en algunos municipios puntuales, como El Granado, Calañas o Gerena.

La distribución territorial del consumo tanto de energía eléctrica de origen renovable como de la fracción biogénica de combustibles de automoción está influenciada por el consumo de las fuentes energéticas de las que se derivan. Esto se debe a que su estimación se basa en la aplicación de un porcentaje al consumo total de electricidad o combustibles de automoción, de acuerdo con la metodología de cálculo implementada en la herramienta HCM.

Por otro lado comprobamos que la energía solar fotovoltaica actualmente posee un escaso consumo, ya que los municipios con mayores consumos per cápita no sobrepasan los 0,37 MWh/habitante y su distribución es bastante aleatoria en el territorio andaluz. En cuanto al consumo de la energía solar térmica, ésta se concentra especialmente en municipios de las provincias de Huelva, Sevilla y Málaga, mientras que la fracción biogénica de combustibles de automoción lo hace en Andalucía oriental (Córdoba Granada, Jaén y Almería).



4. Glosario y acrónimos de referencia

4.1 Glosario

Fracción biogénica de los combustibles. Combustibles líquidos o gaseosos de origen renovable, procedentes de la biomasa y destinados al transporte. Se utilizan como sustitutos (puros o mezclados en distintas proporciones) o aditivos de los carburantes convencionales: gasóleos y gasolinas.

Biomasa. Materia orgánica susceptible de ser utilizada como fuente de energía.

Cambio climático. Variación global del clima de la Tierra. Esta variación se debe a causas naturales y a la acción del hombre y se produce sobre todos los parámetros climáticos: temperatura, precipitaciones, nubosidad, etc., a muy diversas escalas de tiempo.

Capacidad de absorción. Posibilidad de retención de CO₂ o de otros gases de efecto invernadero.

Clasificación climática de Köppen. Proyección climática sobre el comportamiento del clima en el mundo. Identifica 5 tipos de clima principales que se subdividen en treinta clases con una serie de letras.

Conferencia de las Partes. Cumbre anual que realiza la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

Cultivos leñosos. Cultivos que ocupan el terreno durante largos periodos y no necesitan ser replantados después de cada cosecha. Incluye tierras ocupadas por árboles frutales, nogales y árboles de fruto seco, olivos, vides, etc., pero excluye la tierra dedicada a árboles para la producción de leña o madera.

Estrategia de Descarbonización a Largo Plazo 2050. Hoja de ruta para avanzar hacia la neutralidad climática en el horizonte 2050, con hitos intermedios en 2030 y 2040.

Huella de carbono. Medida que cuantifica la cantidad de gases de efecto invernadero emitidos de manera directa o indirecta por una persona, producto, empresa u organización.

Índice de calentamiento global. Valoración de la variación de la temperatura a lo largo de un periodo analizado.

Potencial de calentamiento global. Medida que determina la contribución de un determinado gas de efecto invernadero al calentamiento global.

Sumidero. Proceso, actividad o mecanismo que absorbe o elimina de la atmósfera los gases de efecto invernadero o uno de sus precursores, o bien un aerosol y que lo almacena.

Tonelada equivalente de dióxido de carbono (tCO₂-eq). Medida en toneladas de gases de efecto invernadero que se transforman a unidades equivalentes mediante el potencial de calentamiento global de cada gas de efecto invernadero.

4.2 Acrónimos

CMNUCC: Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

COM: Comunicación de la Comisión Europea.

COP: Conferencia de las Partes.

EDAR: Estación depuradora de aguas residuales.

ELP 2050: Estrategia de Descarbonización a Largo Plazo 2050.

GEI: Gases de Efecto Invernadero.

HCM: Huella de Carbono de los Municipios de Andalucía.

HFC: Hidrofluorocarbonos.

ICG: Índice del Calentamiento Global.

IECA: Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía.

IPCC: Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (de sus siglas en inglés, Intergovernmental Panel on Climate Change).

MINCONTUR: Ministerio de Industria, Comercio y Turismo.

MITERD: Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico.

MWh: Megavatio hora.

PCG: Potencial de Calentamiento Global.

PIB: Producto Interior Bruto.

PFC: Perfluorocarburos.

PMCC: Planes Municipales contra el Cambio Climático.

PNIEC: Plan Nacional Integrado de Energía y Clima.

SIMA: Sistema de Información Multiterritorial de Andalucía.

