

LA HUELLA DE CARBONO DE LOS HOGARES ESPAÑOLES: UN ANÁLISIS SOCIODEMOGRÁFICO

María Victoria Román

Basque Centre for Climate Change

Arkaitz Usubiaga-Liaño

Basque Centre for Climate Change e IKERBASQUE, Basque Foundation for Science

Iñaki Arto

Basque Centre for Climate Change

Resumen

La adopción de estilos de vida bajos en carbono es necesaria para alcanzar los objetivos climáticos. En este trabajo se presentan estimaciones de la huella de carbono de los hogares españoles para el período 2010-2021, y se analiza la heterogeneidad en las huellas de distintos tipos de hogares según sus características sociodemográficas. Los resultados muestran que, aunque la huella de los hogares españoles está lejos de la senda de la descarbonización, hay hogares con un nivel de huella sostenible que sirven para identificar las claves de este necesario cambio de hábitos.

Palabras clave: huella de carbono, tablas input-output multirregionales, España, consumo de los hogares, estilos de vida bajos en carbono.

Abstract

Adopting low-carbon lifestyles is essential to achieving climate goals. This paper presents estimates of the carbon footprint of Spanish households for the period 2010-2021 and analyzes the heterogeneity in the footprints of different types of households according to their sociodemographic characteristics. The findings show that, although the carbon footprint of Spanish households is far from the path to decarbonization, there are households with a sustainable footprint level that can help identify the key factors for this necessary change in habits.

Keywords: carbon footprint, multiregional input-output tables, Spain, household consumption, low-carbon lifestyles.

JEL classification: C67, Q54.

I. INTRODUCCIÓN

La Tierra se ha calentado ya 1,28° C desde la era preindustrial (*Global Temperature - Earth Indicator-NASA Science, 2025*), por lo que limitar el calentamiento global a 1,5° C o 2° C, tal como se acordó en París en 2015, parece cada vez más difícil. Un reciente informe pone de manifiesto que, para no sobrepasar los 2° C de calentamiento, las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) tendrían que

disminuir a un ritmo del 6 por 100 anual en el período 2030-2050 (Román *et al.*, 2025). Desde 1950, una reducción de esta magnitud solamente se ha experimentado un año: en 2020. Debido a las restricciones impuestas en muchos países por la pandemia del COVID-19, las emisiones globales cayeron un 6 por 100, pero al año siguiente remontaron un 5 por 100 y desde entonces cada año se ha batido un nuevo récord en la cantidad de GEI liberados a la atmósfera (Friedlingstein *et al.*, 2024).

Para alcanzar el ritmo de reducción de emisiones necesario, será imprescindible descarbonizar la producción de bienes y servicios, pero también instaurar estilos de vida bajos en carbono. Cap *et al.* (2024) advierten que, mientras se mantenga un alto crecimiento económico, las mejoras tecnológicas en la descarbonización de la producción serán insuficientes para alcanzar los objetivos climáticos globales. Además, serían necesarias, transformaciones sustanciales en los estilos de vida que complementen las mejoras en los sistemas productivos. Estos autores señalan que la descarbonización de la industria apenas disminuiría las emisiones asociadas al consumo de combustibles fósiles por parte de los hogares (para transporte y usos domésticos). Además, si la renta de los hogares aumenta, parte de las mejoras en eficiencia de la producción se verían contrarrestadas por un mayor consumo total y, especialmente, por el aumento en el consumo de bienes y servicios intensivos en emisiones cuya demanda aumenta con la renta (estas son las relacionadas con el transporte privado por carretera y el transporte aéreo, como muestran Oswald *et al.* 2020).

Por tanto, es necesario abordar la descarbonización de la demanda en paralelo a la de la oferta. El potencial para reducir emisiones a través de cambios en los patrones de consumo es elevado. El trabajo de Creutzig *et al.* (2022) pone de manifiesto que existe una gran variedad de opciones para reducir las emisiones y aumentar, al mismo tiempo, el bienestar mediante cambios en los hábitos de consumo. Clasificadas en las categorías “evitar”, “cambiar” y “mejorar”, estos autores ofrecen un catálogo de opciones tecnológicamente disponibles desde ya que permitirían mejorar los niveles de bienestar social a través de la eliminación del consumo innecesario y la adopción de tecnologías y sistemas de aprovisionamiento más eficientes y menos intensivos en emisiones.

La adopción de dichas opciones disminuiría sustancialmente el impacto del consumo de los hogares, que suele medirse a través de la huella de carbono. En este sentido, el trabajo de Ivanova *et al.* (2020a) aporta evidencias sobre el impacto en la huella de carbono de diversos cambios en los estilos de vida. Las tres medidas concretas que tienen un mayor potencial de reducción de la huella

(con una reducción asociada de cerca de 2 tCO₂e por persona al año cada medida) están relacionadas con el transporte: vivir sin coche, cambiar a un coche eléctrico de batería y tomar un vuelo largo menos al año. Otras opciones como contratar un proveedor de electricidad verde en la vivienda, sustituir el vehículo privado por transporte público o rehabilitar energéticamente la vivienda pueden llegar a reducir la huella alrededor de 1 tCO₂e por persona al año.

En el presente trabajo se estima la huella de carbono de los hogares españoles con el objetivo de observar cambios en el tiempo (para el período 2010-2021), en el espacio (con respecto a la comunidad autónoma y grado de urbanización), por la composición del hogar (número de miembros, sexo y relación entre ellos) y por las características de la persona de referencia del hogar (aquella que aporta el mayor ingreso). A partir del análisis de las estimaciones de la huella por persona, se extraen algunas conclusiones sobre el ritmo de descarbonización de los hogares, el papel de los factores estructurales, económicos y sociodemográficos, y sobre qué opciones ofrecen un mayor potencial para la adopción de estilos de vida bajos en carbono.

Se parte de la base del conocimiento aportado por ejercicios similares previos, según los cuales el factor más determinante en la huella de un hogar es su nivel de renta, que determina el nivel de gasto. Es lo que algunos autores han llamado el “efecto escala” (Duarte *et al.*, 2010; López *et al.*, 2016), que se observa además de manera generalizada en los distintos países, como muestran Ivanova *et al.* (2017a). Debido a este efecto, la manera más directa de reducir la huella sería reducir el gasto total del hogar, puesto que la huella es una función del gasto (Cap *et al.*, 2024).

La evidencia del caso español muestra también que el nivel de renta determina no solo el nivel de gasto, sino también su estructura—esto es, en qué se gasta—. En general, a menor renta, mayor peso de los gastos en alimentación, vivienda y uso de energía en el hogar; y a mayor renta, mayor peso de los gastos en transporte y otros bienes y servicios (Duarte *et al.*, 2010; López *et al.*, 2016). Estos resultados no son exclusivos del caso español, sino que se han documentado ampliamente en la literatura sobre la elasticidad-gasto de la huella de

carbónico (Pottier, 2022). El incremento de la huella por cada euro adicional gastado depende en gran medida del nivel de desarrollo del país —que determina a su vez si los bienes intensivos en emisiones se comportan como bienes normales, inferiores o superiores—, y del nivel de descarbonización de los servicios energéticos básicos y de lujo.

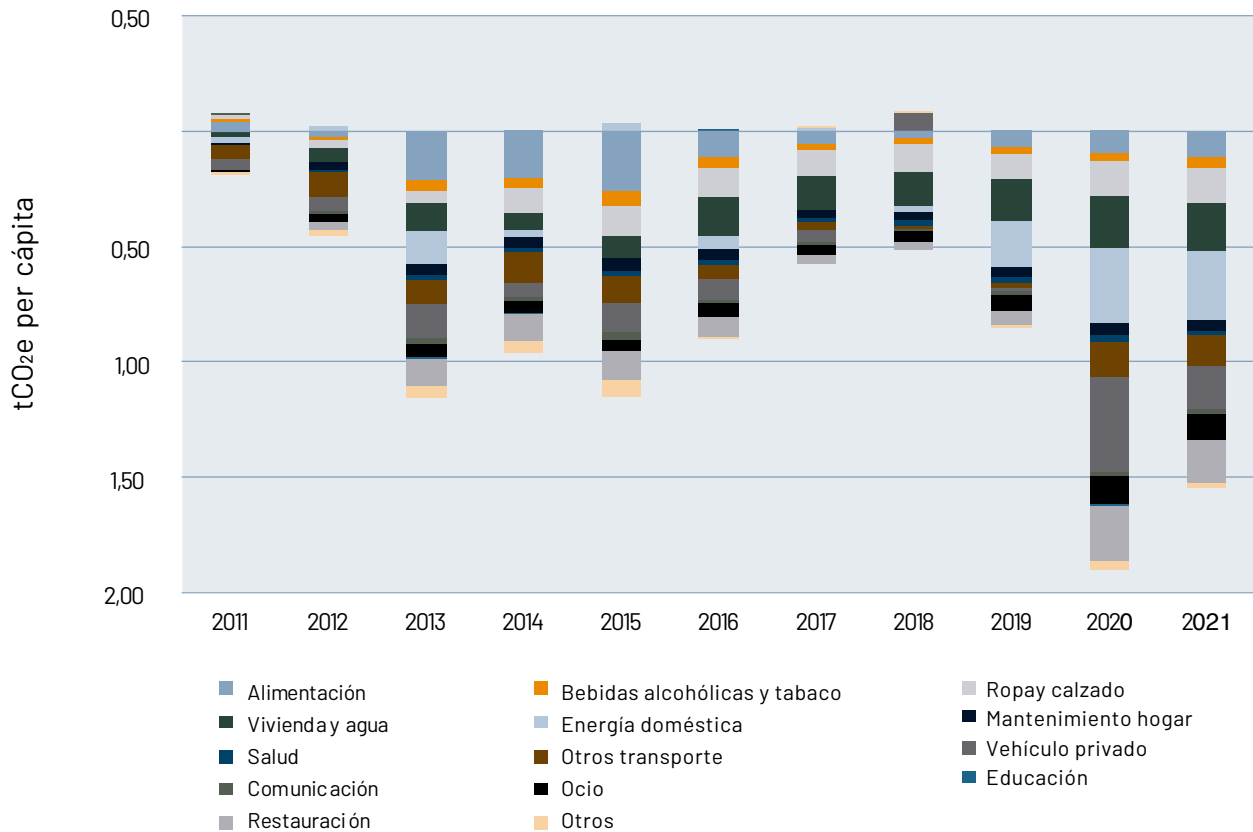
En el caso español, también se ha estudiado cómo otras características del hogar aparte de la renta, como el lugar de residencia (Tomás *et al.*, 2020a) o la composición por sexos (Osorio *et al.*, 2024), afectan a la huella de carbono. El lugar de residencia representa factores externos al propio hogar, como las características del entorno construido, la densidad urbana y las dotaciones de infraestructuras, que determinan las decisiones de gasto de los hogares hacia conductas adaptativas al entorno (Wiedenhofer *et al.*, 2018)(1). Los resultados para el caso español sobre la influencia del tamaño del municipio y el grado de ruralidad del lugar de residencia no son concluyentes. Mientras que Tomás *et al.* (2020a) y Osorio *et al.* (2024) obtienen que, a menor tamaño del municipio de residencia, mayor huella (contrarrestando el efecto escala), debido a las emisiones directas, otros trabajos, como los de Arce *et al.* (2017) y Duarte *et al.* (2012a), obtienen mayores huellas en los residentes de grandes urbes que en los de municipios más pequeños y menos densos, como consecuencia del efecto escala (y contrarrestando el efecto llamado “liberación por densidad” según el cual vivir en ciudades ofrece más oportunidades de reducir la huella por el menor tamaño de las viviendas, la mayor accesibilidad a servicios y la mayor oferta de transporte público eficiente, como explican Tomás *et al.* 2020a). En cuanto a la composición del hogar por sexos, Osorio *et al.* (2024) no encuentran evidencia de diferencias significativas debidas a este factor una vez controlado por el nivel de renta.

En conclusión, en el caso español la evidencia previa parece indicar que los factores económicos (renta disponible y gasto total) son los que en mayor medida determinan las diferencias en las huellas de los hogares, por encima de condicionantes externos, como el entorno construido, e internos, como el sexo de los miembros del hogar. Esto ha sido confirmado también por estudios centrados en la huella

energética de los hogares españoles (Akizu-Gardoki *et al.*, 2024). En este trabajo identifican, además, la nacionalidad como factor explicativo relevante —con una menor huella asociada a hogares con miembros extranjeros—, pero de nuevo, esto puede estar relacionado con el nivel de renta, como los mismos autores apuntan. Otro de los factores con gran influencia en este último trabajo es el número de miembros del hogar, que señala la importancia de las economías de escala y que no ha sido identificado en los trabajos que miden la huella, no por habitante, sino por unidad equivalente de consumo (precisamente para corregir por las economías de escala).

El propósito de este trabajo es contribuir a esta línea de investigación con nuevas estimaciones que permitan resolver algunos inconvenientes de los cálculos anteriores. En primer lugar, utilizando tablas *input-output* multirregionales, se capturan distintas tecnologías de producción en función del país en el que se producen los diferentes bienes y servicios consumidos por los hogares, en lugar de asumir una tecnología homogénea como se ha hecho en otros trabajos (Duarte *et al.*, 2012b; Roca y Serrano, 2007; Sánchez-Chóliz *et al.*, 2007). Para ello se utiliza *FIGARO* (*Full international and global accounts for research in input-output analysis*), la base de datos *input-output* multirregional producida por Eurostat (Eurostat, 2023), que tiene la ventaja de ser consistente con las estadísticas oficiales de los países. Además, el período de estudio es más amplio y reciente que en otros trabajos (Ivanova *et al.*, 2017), incluye un conjunto de variables socioeconómicas más completo (Lee *et al.*, 2023), y se presentan estimaciones a nivel regional además de las estimaciones nacionales (Ivanova *et al.*, 2020b; Osorio *et al.*, 2024; Schleich *et al.*, 2024; Tomás *et al.*, 2020b). Para cubrir un amplio conjunto de características sociodemográficas, se presentan los datos de la *Encuesta de presupuestos familiares (EPF)*, que se elevan a los totales nacionales teniendo en cuenta los factores de elevación poblacionales para obtener resultados representativos y otros datos macroeconómicos proporcionados por el INE. El análisis se centra en el período 2010-2021, si bien los resultados sociodemográficos se muestran para el año 2019, ya que 2020 y 2021 resultan anómalos a causa de la pandemia del COVID-19.

GRÁFICO 1
CAMBIO EN LA HUELLA DE LOS HOGARES ESPAÑOLES RESPECTO A 2010



Fuente: Elaboración propia.

El Anexo I describe en detalle la metodología y los datos utilizados. A continuación, se pasa a presentar y a discutir los resultados y se termina con unas conclusiones.

II. RESULTADOS

1. Evolución de la huella de carbono 2010-2021

La huella de carbono de los hogares españoles ha pasado de unas 7,85 tCO_{2e} per cápita en 2010 a 6,30 tCO_{2e} per cápita en 2021. El gráfico 1, que ilustra la reducción que se ha registrado cada año respecto del nivel inicial de 2010, muestra que en 2021 la diferencia con respecto a 2010 era de 1,55 tCO_{2e} per cápita; esto supone una reducción de un 20 por 100.

Los principales componentes de la huella en 2021 provienen del gasto en el vehículo privado (1,73 toneladas), la alimentación (1,42 toneladas), la energía doméstica (0,75 toneladas) y otros gastos en transporte, incluyendo transporte público y aviación (0,42 toneladas). Con respecto a 2010, las categorías que más se han reducido son ropa y calzado (un 42 por 100), vivienda y agua (un 41 por 100), ocio (un 38 por 100) y restauración (un 36 por 100). Por el contrario, las que presentan una reducción menor son educación (un 3 por 100), "otros" (un 8 por 100), alimentación (un 8 por 100) y vehículo privado (un 10 por 100).

Comparando las cifras de gasto con las huellas, se observa que la disminución en la categoría de ropa tiene que ver sobre todo con la disminución en el gasto (un 30 por 100), pero también con la dismi-

nución de la intensidad de emisiones, ya que la reducción de la huella es más que proporcional a la del gasto (42 por 100). En ocio, el gasto disminuye un 14 por 100, mientras que la huella lo hace en 38 por 100, por lo que aquí se observa un mayor componente de mejora tecnológica en eficiencia. En restauración, el gasto disminuye un 17 por 100, mientras que la huella lo hace en un 36 por 100, lo que indica igualmente una combinación de ambos factores.

Con respecto a la alimentación, se observa un aumento en el gasto del 13 por 100 acompañado de una reducción de la huella del 8 por 100, lo que indica, o bien un cambio en las dietas, o bien una mejora de los procesos productivos. El caso de la energía doméstica es parecido: mientras el gasto aumenta un 25 por 100, la huella disminuye un 30 por 100. En cuanto al vehículo privado, mientras que el gasto no cambia, las emisiones disminuyen un 10 por 100, lo que puede deberse a mejoras en la producción.

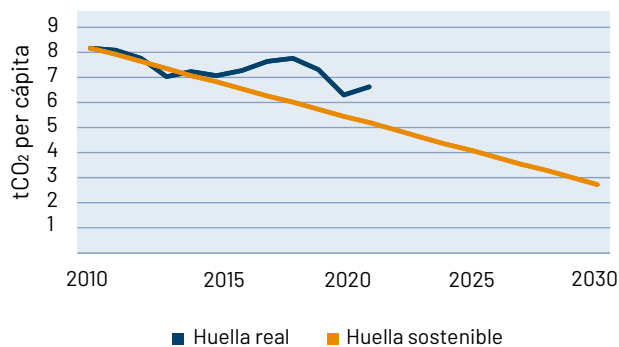
Para saber si la reducción observada está en línea con la consecución de los objetivos climáticos acordados en París, se compara la huella con la senda que sería compatible con dichos objetivos a partir de las estimaciones de Cap et al. (2024)(2). El gráfico 2 muestra que, para el caso español, alcanzar un nivel de “huella sostenible” a 2030 supondría una reducción anual promedio de 6 por 100 entre 2010 y 2030. Por tanto, la reducción observada, de apenas el 2 por 100 anual hasta 2021, no es suficiente para conseguir la descarbonización a 2050.

Ninguna categoría de consumo ha alcanzado una reducción media del 6 por 100 anual, aunque ropa y calzado ha estado cerca (5 por 100). Las categorías con mayor peso en la huella: vehículo privado (28 por 100 del total), alimentación (22 por 100 del total) y energía doméstica (12 por 100 del total) han experimentado una reducción de un 1 por 100, 1 por 100 y 3 por 100, respectivamente.

2. Huella por características sociodemográficas para 2021

A continuación, se realiza un análisis descriptivo de los resultados, diferenciando por características de los hogares, que incluyen variables espaciales (lugar de residencia por zona urbana, rural o se-

GRÁFICO 2
EVOLUCIÓN DE LA HUELLA DE LOS HOGARES ESPAÑOLES FRENTE A LA SENDA SOSTENIBLE



Fuente: Elaboración propia.

miurbana y por comunidad autónoma) y económicas (cuantiles de gasto total). El cuadro n.º 1 contiene las categorías contempladas en cada variable.

El gráfico 3 muestra el rango de variabilidad obtenido para cada variable frente a la huella per cápita agregada de todos los hogares. El cuadro n.º 2 contiene la información sobre las categorías que constituyen los máximos y mínimos valores de huella para cada variable. Cabe advertir que este tipo de análisis no permite aislar el efecto de dichas variables sobre la huella. Para ello sería necesario realizar un ejercicio econométrico como el llevado a cabo en Usubiaga-Liaño et al. (en revisión).

Este cuadro deja patente que el nivel de gasto (que está relacionado con el nivel de renta), aproximado aquí por la posición relativa del hogar en los cuantiles de gasto total, es el factor que en mayor medida determina las diferencias en la huella. Por ejemplo, del primer al último percentil de gasto existe una diferencia de más de 25 tCO₂e por persona. Esto destaca frente a otras características del hogar, como, por ejemplo, la segunda más influyente, que es el número de miembros del hogar, entre cuyos valores extremos (1 y 9) existe una diferencia de 7,5 tCO₂e por persona.

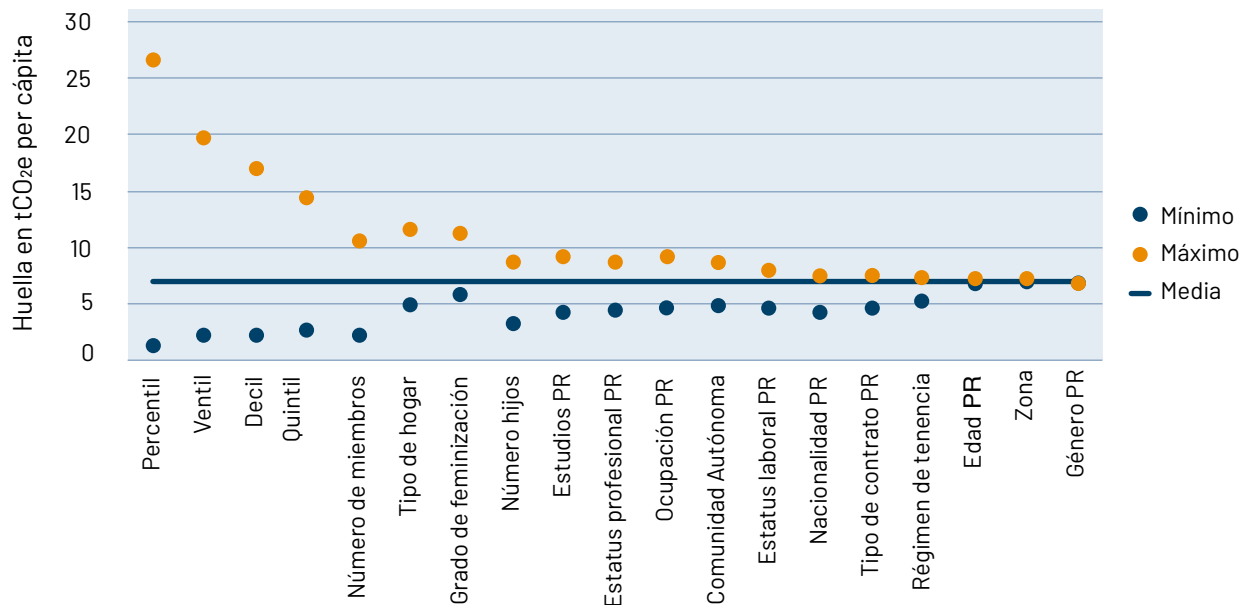
Por tipo de hogar, la huella varía 6,3 tCO₂e por persona, siendo la mayor para las personas solas y la

CUADRO N.º1
CARACTERÍSTICAS SOCIODEMOGRÁFICAS

| VARIABLE | CATEGORÍAS |
|---------------------------------|--|
| Zona | Urbana, semiurbana, rural |
| Hijos | Sin hijos/as, con hijos/as, familia numerosa |
| Tipo de hogar | Parejas con hijos/as, personas mayores solas, parejas sin hijos/as, otros, parejas mayores, personas solas, monoparental |
| Edad PR | Persona adulta, persona mayor, joven |
| Género PR | Mujer, hombre |
| Nacionalidad PR | Española, EU-27, resto mundo, otros Europa |
| Estudios | Bachiller-FP, primaria, ESO, estudios superiores, sin estudios |
| Estatus laboral | Ocupada, jubilada, no activa, parada |
| Ocupación | Obrero, trabajo de oficina, no consta |
| Contrato laboral | No consta, indefinido, temporal |
| Estatus profesional | Autónoma, asalariada, no consta, empleadora, otros |
| Régimen de tenencia de vivienda | Propiedad, alquiler, cesión |
| Grado de feminización | Desde 1(mayoría hombres) hasta 5(mayoría mujeres) |
| Quintil | De 1 a 5 |
| Decil | De 1 a 10 |
| Ventil | De 1 a 20 |
| Percentil | De 1 a 100 |
| Comunidad autónoma | Las 17 CC. AA. + Ceuta y Melilla(juntas) |

Fuente: Alonso-Epelde y Rodés-Bachs(2025).

GRÁFICO 3
VARIABILIDAD DE LA HUELLA EN FUNCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS SOCIODEMOGRÁFICAS, 2019



Fuente: Elaboración propia.

CUADRO N.º 2
CATEGORÍAS CON VALORES MÁXIMOS Y MÍNIMOS DE CADA VARIABLE

| VARIABLE | CATEGORÍAS CON VALOR MÍNIMO | CATEGORÍAS CON VALOR MÁXIMO |
|---------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Zona | Semiurbana | Urbana |
| Hijos | Familia numerosa | Sin hijos |
| Tipo de hogar | Otros | Personas solas |
| Edad PR | Joven | Mayor |
| Género PR | Hombre | Mujer |
| Nacionalidad PR | Resto del mundo | España |
| Estudios | Sin estudios | Superiores |
| Estatus laboral | Parado | Jubilado |
| Ocupación | No consta | De oficina |
| Contrato laboral | Temporal | Indefinido |
| Estatus profesional | Otros | Persona empleadora |
| Régimen tenencia vivienda | Alquiler | Propiedad |
| Grado de feminización | GF4 | GF1 |
| Quintil | 1 | 5 |
| Decil | 1 | 10 |
| Ventil | 1 | 20 |
| Percentil | 1 | 100 |
| Comunidad Autónoma | Ceuta y Melilla | Madrid |

Fuente: Elaboración propia.

menor para los hogares con un elevado número de miembros. Por grado de feminización, la diferencia entre extremos es de 4,5 tCO₂e por persona, correspondiendo la mayor huella a los hogares compuestos por hombres solos y la menor a los hogares mixtos con un mayor número de miembros, ya sea con mayoría de hombres o de mujeres (GF2 y GF4). En este conjunto de variables se aprecia el papel de las economías de escala que se producen en el hogar, y el hecho de que el impacto de los estilos de vida adoptados en el hogar se divide entre más personas.

El efecto de los roles de género puede verse sobre todo en la comparación entre los hogares compuestos por personas solas de diferente sexo. En estos casos, los hombres solos emiten 3,3 tCO₂e más al año que las mujeres solas, aunque esta comparación de datos agregados no permite apreciar el papel de otras variables como el nivel de renta. Si se compara hogares del mismo decil de gasto, se comprueba que la conclusión se mantiene: las

mujeres solas emiten sistemáticamente menos que los hombres solos (desde 0,25 tCO₂e en el decil más bajo hasta 5,5 tCO₂e en el decil más alto). No obstante, esto podría deberse de nuevo a diferencias en la renta dentro del mismo decil. Solamente un análisis econométrico, que está fuera del alcance de este trabajo pero que se aborda en otros (como el ya citado Usubiaga-Liaño *et al.* en revisión), puede aislar el efecto del género del de la renta, u otras variables, como la edad.

Los estudios, el estatus profesional y la ocupación de la persona de referencia en el hogar pueden hacer variar la huella entre 4,1 y 3,5 tCO₂e por persona, siendo las mayores huellas las de los hogares cuya persona de referencia tiene un mayor nivel de estudios, es empleadora y desempeña un trabajo de oficina. El estatus laboral, la nacionalidad y el tipo de contrato de la persona de referencia pueden hacer variar la huella entre 2,7 y 2,2 tCO₂e por persona, estando en el extremo alto las personas

jubiladas, las nacidas en España y las que tienen un contrato indefinido. El régimen de tenencia de la vivienda puede incrementar la huella hasta 1,4 tCO₂e si se es propietario/a, y las demás características (edad y sexo de la persona de referencia y zona de residencia) no hacen variar la huella más de una tonelada por persona.

Por tanto, se obtiene muy poca variabilidad asociada al lugar de residencia en cuanto a categorías urbana, semiurbana y rural, con la mayor huella asociada a las zonas urbanas (7 tCO₂e por persona) y la menor a las zonas semiurbanas (6,9 tCO₂e por persona). Una diferencia que no puede considerarse significativa frente a las observadas en otras características. Sin embargo, en lo que se refiere a la variabilidad por comunidad autónoma, las diferencias sí son más pronunciadas. Entre las comunidades autónomas con más y menos huella existe una diferencia de 3 tCO₂e por persona. Aunque este análisis descriptivo no permite distinguir cuánto de dicha diferencia se debe a factores ligados al territorio y cuánto a diferencias en los niveles de renta. De hecho, las regiones más ricas son también las que tienen una mayor huella, como se aprecia en el gráfico 4.

Comparando los valores dentro del mismo decil de gasto, se aprecian diferencias significativas entre regiones. En el primer decil, la diferencia es de 0,75 tCO₂e per cápita (entre las Islas Baleares y Ceuta y Melilla), en el decil intermedio (5); la diferencia es de 1,3 tCO₂e por persona (entre Galicia y el País Vasco) y en el último decil es de 4,6 tCO₂e

por persona (entre Asturias y Ceuta y Melilla). El aumento de las diferencias parece también estar ligado al efecto de la renta, puesto que existe mayor dispersión en niveles más altos (como se mostrará a continuación).

3. Variabilidad por cuantiles de gasto

Como se ha señalado, el nivel de renta (aproximado, como se ha explicado, por el nivel de gasto) es el factor que en mayor medida determina la huella de los hogares españoles. El cuadro n.º 3 resume algunos indicadores clave por decil de gasto que muestran que la desigualdad de renta se traduce en desigualdad en la huella. El primer decil (el de menor renta) es responsable del 4 por 100 de las emisiones totales. Esto se explica por el bajo nivel de emisiones por persona de este decil de gasto, que no alcanza las 2,5 tCO₂e. En el otro extremo, el último decil de gasto (el de mayor renta) produce el 20 por 100 de las emisiones, con una huella por persona superior a las 16 tCO₂e. En cuanto al impacto por euro gastado, no se observan diferencias significativas por nivel de gasto, rondando en todos los casos los 0,6 kilos de CO₂e por euro.

Como se mencionó con anterioridad, la variabilidad dentro de los cuantiles de gasto aumenta conforme se sube en la distribución. Esto ya se observaba en el hecho de que, cuantos más cuantiles se consideran, mayor es el rango de variabilidad en la huella (ver gráfico 3). El gráfico 5 muestra cómo, en los primeros percentiles de gasto, la huella aumenta más lentamente que el gasto, para luego hacerlo de manera proporcional hasta que, en un determinado nivel de gasto, la curva se vuelve convexa, mostrando un aumento de la huella más rápido que el aumento del gasto. Viendo este patrón, queda claro que, en los niveles altos de gasto, la huella cambia mucho más que en los niveles bajos o intermedios. Sin embargo, este patrón podría ser consecuencia de una sobreestimación del impacto de los gastos de los hogares en percentiles altos (debido al alto nivel de agregación de las categorías de análisis) y no a un mayor impacto real. La metodología utilizada no es capaz de diferenciar productos por su calidad y precio, sino que asigna un impacto promedio por euro gastado a todos los gastos que entren

GRÁFICO 4
HUELLA PER CÁPITA POR COMUNIDAD AUTÓNOMA, 2019



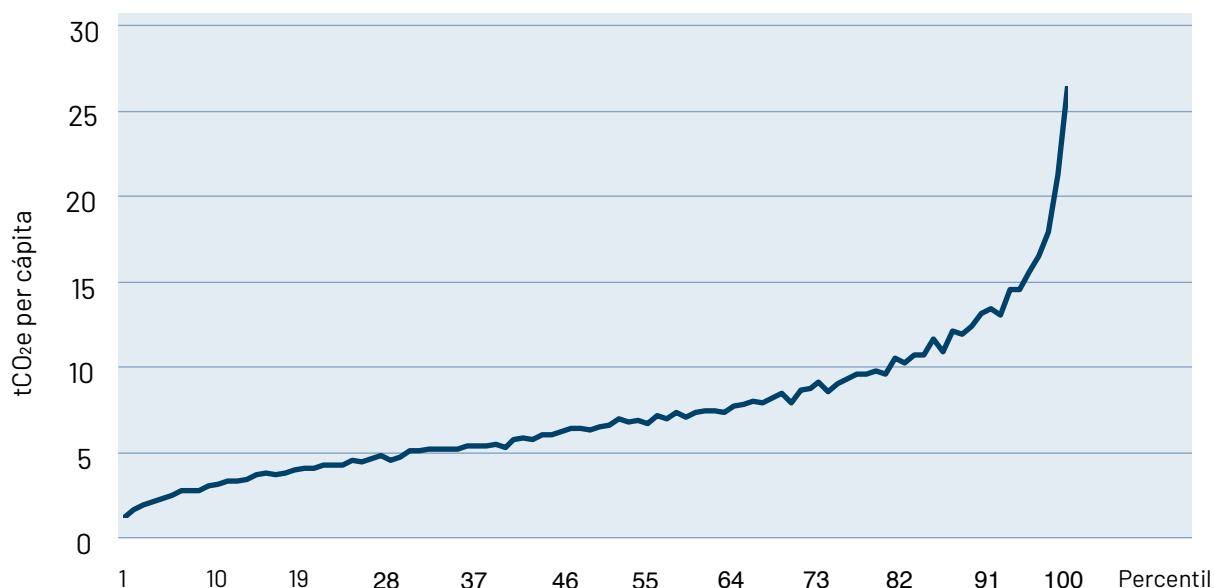
Fuente: Elaboración propia.

CUADRO N.º 3
INDICADORES POR DECIL DE GASTO, 2019

| DECILES DE GASTO | INTENSIDAD (KGC0 _{2e} POR EURO) | PESO DE EMISIONES TOTALES (%) | EMISIONES PER CÁPITA (TCO _{2e}) |
|------------------|--|-------------------------------|---|
| 1 | 0,57 | 4 | 2,28 |
| 2 | 0,59 | 6 | 3,63 |
| 3 | 0,59 | 7 | 4,47 |
| 4 | 0,60 | 7 | 5,28 |
| 5 | 0,60 | 9 | 6,03 |
| 6 | 0,60 | 10 | 6,93 |
| 7 | 0,59 | 11 | 7,77 |
| 8 | 0,58 | 12 | 9,03 |
| 9 | 0,58 | 15 | 11,05 |
| 10 | 0,57 | 20 | 16,37 |

Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICO 5
HUELLA PER CÁPITA SEGÚN PERCENTIL DE GASTO, 2019



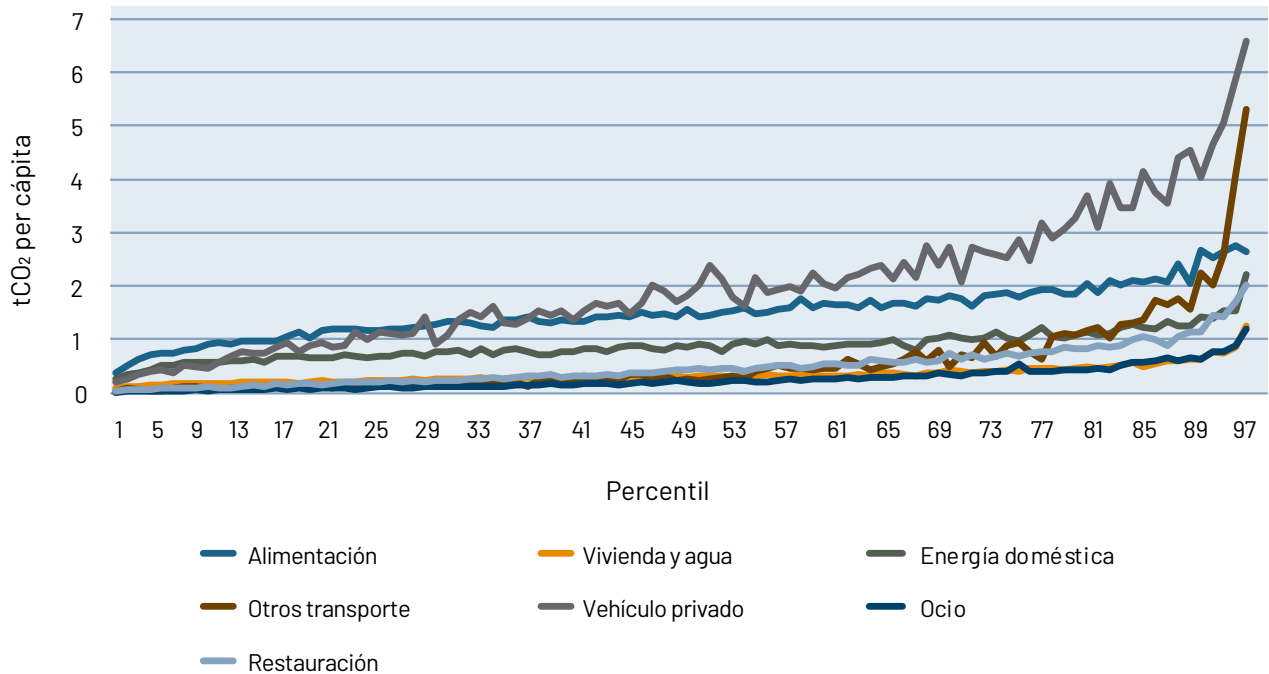
Fuente: Elaboración propia.

en una misma categoría. Este impacto promedio implica una sobreestimación del impacto de los productos relativamente caros y una subestimación del impacto de los productos relativamente baratos. Corrigiendo este error, cabría esperar ver una

línea más suave en el gráfico 5. Para saber hasta qué punto los resultados están desvirtuados por este "efecto calidad" que la metodología no permite captar, se muestran en los gráficos 6 y 7 la misma línea anterior por categoría de gasto.

GRÁFICO 6

HUELLA PER CÁPITA SEGÚN PERCENTIL DE GASTO Y CATEGORÍA DE CONSUMO (SIETE CATEGORÍAS PRINCIPALES)



Fuente: Elaboración propia.

El vehículo privado, principal componente de la huella a partir del percentil 30, representa el gasto en combustible, para el cual no existen grandes diferencias de calidades. Por tanto, esta categoría no es susceptible de sub- o sobreestimación de la huella.

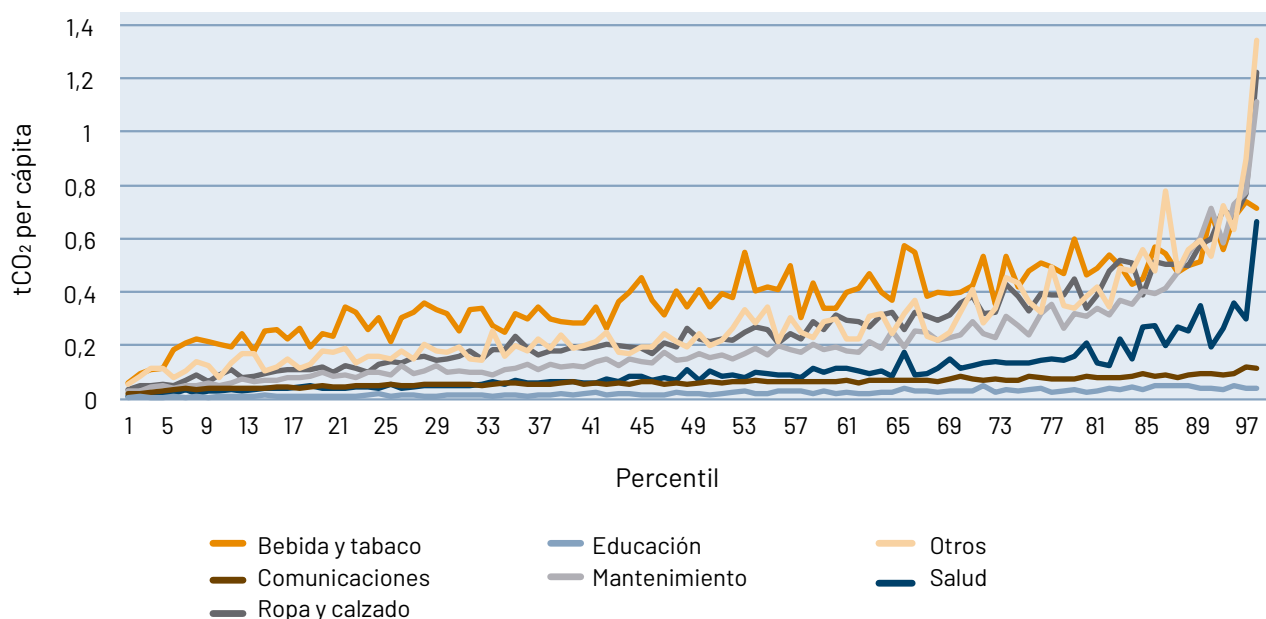
La segunda causa del pico final es la categoría "otros transportes", donde se encuentra la compra de vehículos, el transporte aéreo y el transporte público. Esta categoría sí puede verse afectada por una sobreestimación de la huella por la compra de vehículos más caros por parte de los hogares más afluentes. Entre estos vehículos más caros pueden encontrarse vehículos eléctricos, cuya adopción, mayor entre las rentas altas, era aún testimonial en 2019 (según Amich *et al.* 2025, en 2021 solo el 1 por 100 del parque de vehículos de los hogares de ingresos mayores a 5.000 € netos mensuales era eléctrico) (3). Asimismo, se podría argumentar que los hogares más ricos pueden elegir con mayor frecuencia billetes de avión o tren de primera clase, pero también hacen un uso más frecuente de este

tipo de medios de transporte, en especial del avión (Büchs y Mattioli, 2021).

Por otro lado, la alimentación, que supone la principal fuente de emisiones hasta el mencionado percentil 30 (donde la adelanta el vehículo privado), tiene una pendiente más plana a lo largo de la distribución de gasto, y seguramente el "efecto calidad" esté jugando un papel elevando artificialmente la huella de los percentiles más altos, que seguramente gastan más, no en más cantidad de alimentos sino en alimentos de mayor calidad (por mucho que también puedan estar comprando de más y generando mayor desperdicio alimentario que hogares que gastan menos).

La energía doméstica, que es la segunda fuente de emisiones hasta el percentil 10, también muestra una pendiente bastante plana. En este caso, el aumento observado en los últimos percentiles podría deberse en parte al "efecto calidad", a causa de una mayor potencia contratada.

GRÁFICO 7
HUELLA PER CÁPITA SEGÚN PERCENTIL DE GASTO Y CATEGORÍA DE CONSUMO (RESTO DE CATEGORÍAS)



Fuente: Elaboración propia.

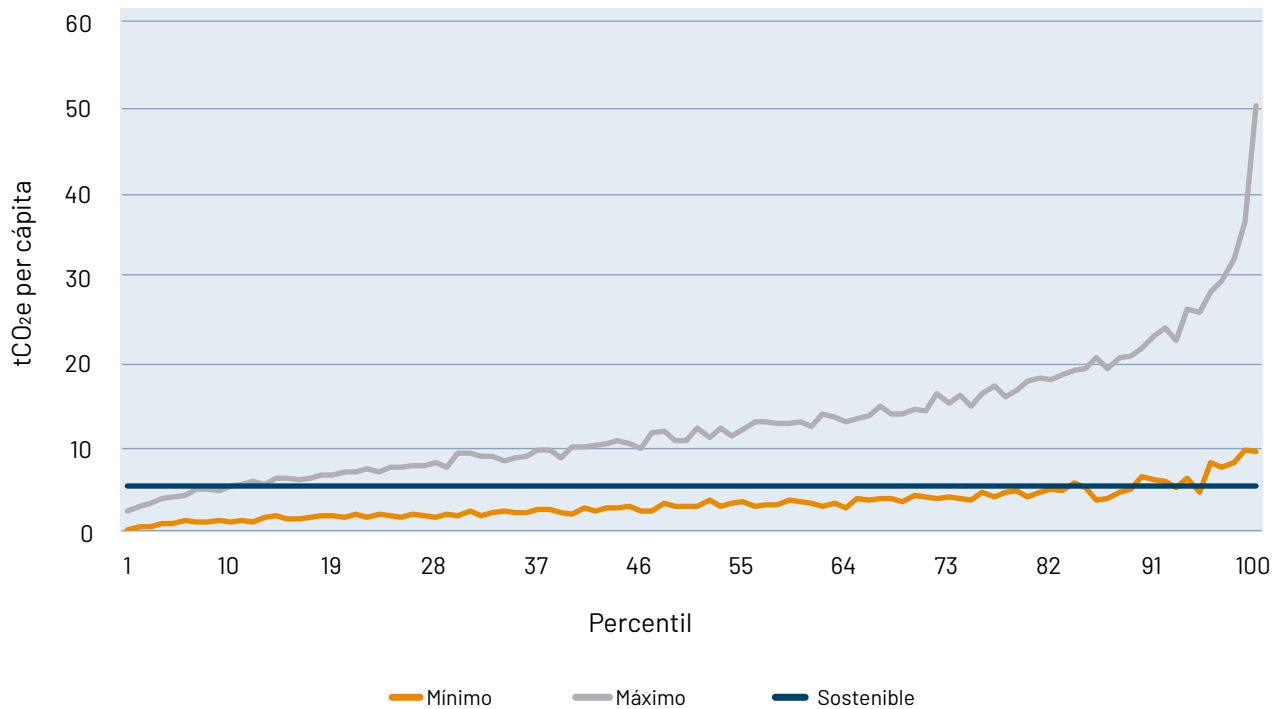
Por último, otra categoría que puede estar alterando los resultados es la de restauración. Esta aumenta progresivamente desde eslabones intermedios de gasto y rápidamente en la parte final. Este aumento puede ser en gran medida debido al "efecto calidad", aunque también cabe esperar que los hogares con mayor gasto total hagan uso de estos servicios también con mayor frecuencia. En definitiva, este análisis por categorías de gasto muestra que es difícil discernir el sesgo introducido por el "efecto calidad", y aunque la relación entre renta y huella sea clara, resulta razonable cuestionar que la cola del gráfico 5 sea efectivamente así de pronunciada.

A continuación, se analiza la variabilidad existente dentro de niveles de renta similares que pudieran reflejar la adopción de estilos de vida bajos en carbono de manera voluntaria y no por restricciones presupuestarias. Para ello, se lleva a cabo un procedimiento de limpieza de datos anómalos detallado en el Anexo I. A continuación, se comparan los valores máximos y mínimos observados en cada percentil,

con el nivel de huella considerado "sostenible", por encontrarse en la senda ilustrada por el gráfico 2, que para el año 2019 es 5,39 tCO₂e por persona. Es importante resaltar que, a medida que pasa el tiempo, el número de hogares en la senda hacia la sostenibilidad aumenta o disminuye en función de si la reducción anual de la huella de carbono es mayor o menor que la pendiente de la senda. Como se muestra en el gráfico 2, se cumple el segundo caso, por lo que el número de hogares con huellas consistentes con la senda sostenible disminuiría más allá de 2019.

Esta comparación permite observar, en primer lugar, que a partir de cierto nivel de gasto (alrededor del percentil 95), no hay ningún hogar con una huella por persona que pueda ser considerada sostenible. En segundo lugar, se observa que hasta cierto nivel de gasto (alrededor del percentil 10), todos los hogares tienen una huella que podría ser considerada sostenible. En tercer lugar, se aprecia que existen hogares con una huella sostenible a lo largo de prácticamente toda la distribución de gasto. En último lugar, se puede observar que dentro de cada per-

GRÁFICO 8
RANGO DE LA HUELLA PER CÁPITA ESTIMADA POR PERCENTIL FRENTE A NIVEL SOSTENIBLE EN 2019



Fuente: Elaboración propia.

centil existe un margen de maniobra para disminuir la huella hasta el nivel sostenible, que aumenta con el nivel de gasto.

Ahora bien, ¿cómo de representativos son los hogares con una huella sostenible dentro de su nivel de renta? El cuadro n.º 4 muestra que, como ya se intuía del gráfico 8, en 2019 no existen hogares con huellas sostenibles en el decil más alto (10) de la distribución. En el decil 9, solo el 2 por 100 de la población está en un hogar sostenible, y en el decil 8, este porcentaje alcanza el 6 por 100. El porcentaje va subiendo hasta el 99 por 100 de la población en el primer decil. Esto da una idea de hasta qué punto los hogares con huellas sostenibles tienen patrones de gasto poco corrientes a partir de un determinado nivel de renta.

Si se analiza cuánto puede llegar a reducir su huella un hogar que está en el nivel máximo dentro

CUADRO N.º 4
PESO DE LA POBLACIÓN EN HOGARES SOSTENIBLES Y NO SOSTENIBLES POR DECIL DE GASTO, 2019

En porcentaje

| | NO SOSTENIBLE | SOSTENIBLE |
|----|---------------|------------|
| 1 | 1 | 99 |
| 2 | 6 | 94 |
| 3 | 21 | 79 |
| 4 | 40 | 60 |
| 5 | 59 | 41 |
| 6 | 73 | 27 |
| 7 | 87 | 13 |
| 8 | 94 | 6 |
| 9 | 98 | 2 |
| 10 | 100 | 0 |

Fuente: Elaboración propia.

de su percentil hasta alcanzar el nivel sostenible (moviéndose en vertical en el gráfico 8), con cuánto podría llegar a reducirla un hogar con un nivel de huella promedio dentro de su percentil reduciendo su gasto (esto es, moviéndose en horizontal), se obtiene una idea de qué opción ofrece un mayor margen de mejora.

Por ejemplo, la reducción que se consigue moviéndose en vertical en el percentil 20 (1,5 tCO₂e por persona) es similar a que un hogar con una huella promedio de ese percentil redujera su gasto hasta formar parte del percentil 6. Si se hace la misma comparación con el percentil 30, resulta que la reducción obtenida de bajar a los hogares situados en el máximo hasta el nivel sostenible (4 tCO₂e por persona) es equivalente a mover a los hogares con huellas medias desde ese percentil hasta el primero. De manera similar, las mejoras dentro del mismo percentil 50 alcanzarían reducciones equivalentes a, de nuevo, mover a los hogares promedio de ese percentil al primero. Es decir, si bien reducir el nivel total de gasto es una manera muy efectiva de conseguir huellas más sostenibles, existe un margen de reducción significativo en una opción que no implica reducir el gasto total: la generalización de estilos de vida bajos en carbono que ya están presentes en nuestra sociedad.

En todo caso, el análisis anterior puede estar sesgado por el efecto del número de miembros en el hogar. Esto es, puede que los hogares identificados como “sostenibles” tengan en general un mayor número de miembros. Esto podría significar que su estilo de vida no es realmente sostenible, sino que simplemente el impacto de su estilo de vida insostenible se divide entre más personas.

Por ello, se replica el análisis anterior, pero comparando siempre hogares con el mismo número de miembros (de 1 a 6, por ser los más comunes). El cuadro n.º 5 muestra que, conforme aumenta el número de miembros en el hogar, aumenta también el número de percentiles en los que todos los hogares tienen una huella por persona sostenible. Este es el resultado esperado, puesto que al dividir la huella del hogar por más personas, resulta más probable entrar dentro de los límites considerados sostenibles. Por otro lado, conforme aumenta el número

CUADRO N.º 5
NÚMERO DE PERCENTILES CON TODOS O NINGÚN HOGAR CON HUELLA SOSTENIBLE POR NÚMERO DE MIEMBROS, 2019

| NÚMERO DE MIEMBROS | TODOS | NINGUNA |
|--------------------|-------|---------|
| 1 | 7 | 28 |
| 2 | 13 | 18 |
| 3 | 14 | 17 |
| 4 | 16 | 14 |
| 5 | 29 | 26 |
| 6 | 29 | 27 |

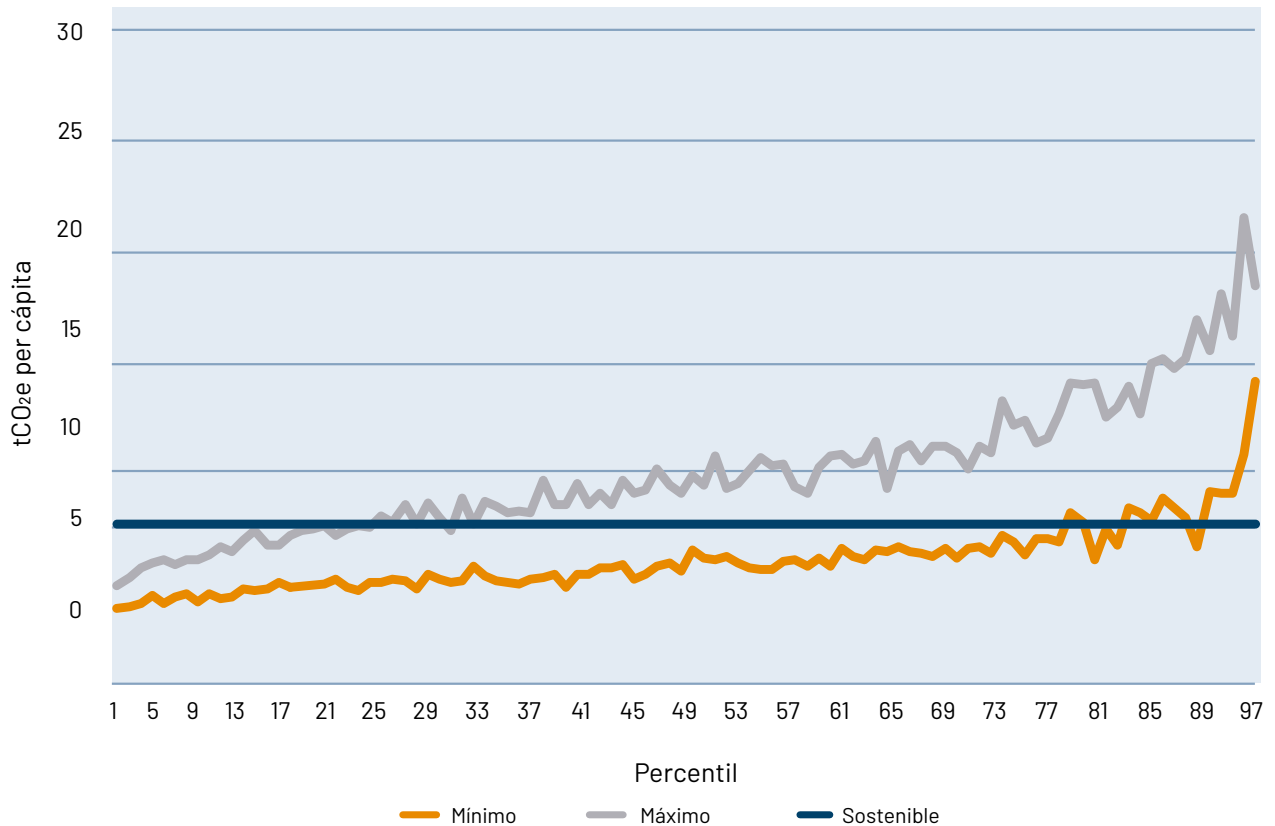
Fuente: Elaboración propia.

de miembros, tendría que disminuir el número de percentiles en los que no encontramos ningún hogar sostenible, si el efecto de tener más miembros en el hogar disminuyera automáticamente la huella. No es eso lo que se obtiene. En niveles altos de gasto, un miembro adicional puede hacer aumentar la huella total del hogar de tal forma que siga sin alcanzarse un nivel de huella sostenible.

En cualquier caso, lo que se observa, por ejemplo, para un hogar de cuatro miembros (que es el tipo más frecuente en España –ver gráfico 9–), es que existe un gran margen para reducir las emisiones cambiando la manera en que se gasta el mismo dinero. De media (considerando solo los percentiles en los que hay margen de maniobra, con hogares tanto en el nivel sostenible como por encima), se podría reducir la huella en hasta 3,6 tCO₂e por persona y año, lo que es el 40 por 100 de la huella promedio de este tipo de hogar. Una reducción así, generalizada, pondría la huella en la senda sostenible, puesto que esto requeriría una reducción de 1,6 tCO₂e, o un 23 por 100 (como muestra el gráfico 2).

¿Cómo gastan, pues, los hogares con una huella sostenible frente a los que tienen una huella mayor? Para responder a esta pregunta, se compara la estructura de gasto de hogares que sean similares en nivel de renta (puesto que la renta determina la estructura de coste) y en número de miembros. El gráfico 10 ilustra esta comparación para el decil in-

GRÁFICO 9
RANGO DE LA HUELLA PER CÁPITA ESTIMADA POR PERCENTIL FRENTE A NIVEL SOSTENIBLE PARA UN HOGAR DE CUATRO MIEMBROS



Fuente: Elaboración propia.

termedio (5) y hogares de cuatro miembros. En este caso, se observa que los hogares con huellas sostenibles gastan significativamente menos en el uso del vehículo privado, algo menos en bebidas alcohólicas y tabaco, y más en el resto de categorías, especialmente en alimentación, energía doméstica y restauración. Este patrón se repite independientemente del decil analizado. La clave parece estar, por tanto, en gastar menos en el uso y compra de vehículos privados.

En cuanto a las características sociodemográficas, ¿en qué se diferencian los hogares que tienen una huella sostenible de los que no? Para contestar esta pregunta, se seleccionan los hogares con cuatro miembros; para cada variable sociodemográfica

se comparan los pesos en términos de población de las distintas categorías entre los hogares “sostenibles” y “no sostenibles”, del mismo decil, y se computa la diferencia entre pesos. Por ejemplo, en el decil 5, para los hogares “no sostenibles” aquellos cuya persona de referencia es un trabajador de oficina representan el 29 por 100, mientras que, este peso aumenta hasta más del 54 por 100 para los hogares sostenibles. La diferencia en la característica “Ocupación” es de 25 puntos porcentuales.

A continuación, se seleccionan para cada decil las diez características que presenten mayores diferencias en términos de puntos porcentuales, y luego se contabiliza cuántas veces ha aparecido esa característica en el “top 10” de los diferentes deciles.

De esta comparación se desprende que las características que más se repiten entre los “sostenibles” son, en este orden: “Con hijos/as”, “Grado de feminización 3”, “Estudios superiores”, “Urbana”, “Cataluña”, “Trabajo de oficina”, “No consta contrato de trabajo temporal o indefinido”, “Comunidad Valenciana” y “Mujer”. De este resultado se concluye que, para el año de estudio (2019), un hogar del decil 5 de cuatro miembros tenía más probabilidades de tener una huella sostenible cuando dos de ellos son hijos/as, cuando se vive en una ciudad, cuando se es un hogar mixto, cuando la persona de referencia tiene estudios superiores y un trabajo de oficina (frente a uno manual), cuando se reside en Cataluña o en la Comunidad Valenciana y cuando la persona de referencia es mujer.

III. DISCUSIÓN

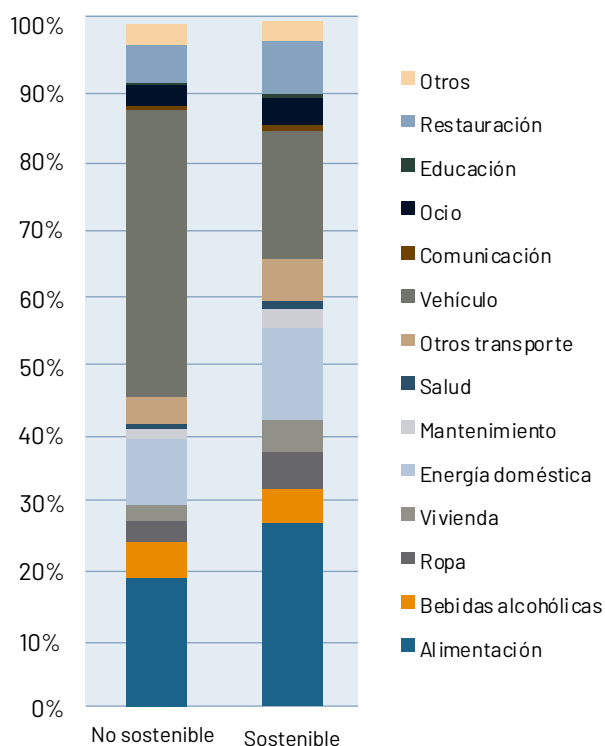
Por los resultados obtenidos, es difícil saber en qué medida la reducción de la huella observada en el período de estudio refleja la adopción de estilos de vida más sostenibles, sobre todo por la influencia del parón económico que supuso la pandemia del COVID-19. Los años 2020 y 2021 muestran reducciones de la huella que seguramente tienen más que ver con las restricciones de movilidad impuestas para controlar los contagios que con la adopción de estilos de vida sostenibles.

En cualquier caso, sí se observa una tendencia de más largo plazo en la reducción de la huella asociada a los gastos en vivienda, la energía doméstica y la ropa. La reducción en la huella de la energía doméstica puede reflejar mejoras en la eficiencia de las viviendas, un racionamiento en el uso de la energía o una reducción del impacto de la energía consumida, por ejemplo, por la penetración de energías renovables. La reducción asociada a ropa podría deberse tanto a una reducción del número de prendas compradas (lo que parecen confirmar los datos de Eurostat, 2024), como a la reducción del impacto de cada prenda. En cuanto a los cambios observados en alimentación y uso del vehículo privado, su reducida dimensión no parece indicar que se estén adoptando dietas y modos de transporte más sostenibles de manera significativa por el momento.

Por otro lado, se confirman hallazgos previos, como el papel de la renta como principal factor explicativo de las huellas. Y también se confirma el efecto de dilución del impacto cuando aumenta el número de miembros entre los que se divide la huella del hogar. El análisis descriptivo de los datos agregados no parece confirmar la hipótesis de “liberación por densidad”, y tampoco se puede discernir en qué medida los efectos de la composición por sexo, de las características laborales de la persona de referencia y de las comunidades autónomas (CC. AA.) son consecuencia en realidad del nivel de renta. Si bien, analizando los resultados dentro de un mismo nivel de renta, los hombres solos tienden a tener una huella mayor que las mujeres solas, y existen diferencias entre CC. AA., para poder atribuir esas diferencias a los roles de género o a factores estructurales asociados al territorio, sería necesario un estudio de causalidad que elimine

GRÁFICO 10
COMPOSICIÓN DEL GASTO PARA HOGARES DEL DECIL 5 Y CUATRO MIEMBROS

Por porcentaje



Fuente: Elaboración propia.

la influencia de la renta (ya que dentro de un mismo cuantil sigue habiendo diferentes niveles de renta).

Siendo la renta el factor indiscutiblemente más influyente, se profundiza en su estudio, concluyendo que no se observa que la intensidad de emisiones disminuya con el nivel de gasto (que sirve en este estudio como *proxy* de la renta). Esto no contradice trabajos anteriores, que han analizado la variable renta en sí misma y que, por tanto, pueden observar el papel de la propensión a consumir y el ahorro, cosa que en este trabajo no puede capturarse. En cualquier caso, el hecho de que cada euro gastado tenga un impacto similar a lo largo de la distribución de gasto parece indicar que los hogares más afluentes no se están descarbonizando mediante la adopción de tecnologías más limpias y relativamente caras, como el coche eléctrico o la rehabilitación de edificios, a pesar de tener la capacidad financiera para hacerlo.

Por el contrario, los resultados indican que los hogares más afluentes siguen haciendo un uso intensivo de los vehículos de combustión interna. Esto también significa que existe un gran potencial de reducción de emisiones en la adopción del vehículo eléctrico por parte de los hogares de renta alta, ya que este tipo de gasto aumenta mucho con la renta (aunque puede que parte del aumento se deba a la compra de vehículos caros). La prohibición de los vehículos nuevos de combustión, que estaba prevista para 2035 a nivel europeo, permitiría materializar este potencial de reducción, al tiempo que no afectaría a los segmentos más pobres de la población que suelen comprar vehículos de segunda mano (Amich *et al.*, 2025).

Los resultados indican también que los hogares más afluentes tampoco están consiguiendo disminuir su impacto a través de iluminación, electrodomésticos y viviendas más eficientes. Esto puede significar, bien que no están adoptando masivamente tecnologías que permitan el ahorro energético, o bien que se produce un efecto rebote que compensa lo ahorrado (viviendas adicionales, más aparatos o un menor racionamiento del uso de la energía) (4). Los estándares mínimos de desempeño energético (MEPS, por sus siglas en inglés) introducidos en la regulación europea sobre eficiencia energética en

los edificios (EPBD, por sus siglas en inglés) tienen como objetivo fijar unos requerimientos en el momento de compra o alquiler de viviendas que dejen fuera del mercado inmobiliario las viviendas más ineficientes, lo que obligaría a muchos propietarios a renovar sus viviendas, impulsando reducciones en la huella por este concepto. En cualquier caso, harán falta medidas complementarias (como el aumento del parque de vivienda pública en alquiler) para asegurar que los costes asociados a la renovación sean absorbidos por los segmentos con capacidad financiera para ello, de manera que los MEPS no dificulten en mayor medida el ya difícil acceso a la vivienda.

Este análisis de la distribución de la huella por categorías a lo largo de cuantiles de gasto permite dilucidar la importancia del sesgo introducido por el supuesto de homogeneidad de precios de la metodología *input-output* (o el “efecto calidad”). Los resultados sugieren que este sesgo no parece afectar el hecho de que se produce un pronunciado aumento en la huella en los niveles más altos de gasto, en línea con la literatura que estudia el impacto de los grupos de altos ingresos (Schöngart *et al.*, 2025).

Por otro lado, los resultados permiten concluir que en 2019 era fácil tener un estilo de vida sostenible en España con niveles de gasto per cápita bajos, e imposible con gasto muy alto. En gran medida, esto está relacionado con la renta, si bien es posible que haya hogares de rentas altas con estilos de vida frugales. La literatura ha mostrado que se pueden tener niveles de vida dignos (*decent living standards* en inglés) con huellas de carbono por debajo de la media (Vélez-Henao *et al.*, 2026). Asimismo, existen escenarios de estilos de vida compatibles con el Acuerdo de París, en principio desarrollados en un contexto en el que se cumplan las necesidades humanas básicas (*Hot or Cool Institute*, 2025).

Sin embargo, esto requeriría cambios en los estilos de vida que no son generalizados actualmente y que conllevarían una reducción del gasto per cápita. Lo que no está claro es hasta qué punto la población española que actualmente tiene una huella menor que la considerada sostenible cumple con estos estándares de vida dignos. Asimismo, dada

la reducción de huella anual necesaria de acuerdo al análisis de Cap *et al.* (2024), la proporción de la población española que tiene patrones de consumo sostenibles se reducirá anualmente, ya que, sin cambios significativos en los estilos de vida, las mejoras en los sistemas de producción no son suficientes para mantener una senda de reducción de emisiones sostenible.

De estos resultados también se desprende la conclusión de que se debería limitar el consumo de los grandes consumidores (Tian *et al.*, 2024). Sin embargo, los resultados apuntan también a otra forma de reducir las huellas que no tiene este inconveniente. Existen hogares con estilos de vida bajos en carbono a lo largo de toda la distribución de gasto (con excepción de los que más gastan). Esto sugiere que no sería necesario un empobrecimiento generalizado para alcanzar niveles sostenibles de huella, sino que existe un margen considerable en el cambio de hábitos de consumo sin necesidad de reducción del gasto total. Aunque también se constata que, conforme aumenta la renta, la presencia de hogares con estilos de vida sostenibles disminuye (un 6 por 100 en los hogares del decil 8, por ejemplo).

También se observa que existe un mayor potencial para reducir emisiones moviendo a los hogares con mayores huellas hacia niveles sostenibles dentro de su mismo nivel de gasto, que moviendo a los hogares con huellas promedio hacia niveles de gasto menores. Esto es, consiguiendo que quienes más emiten adopten modos de vida bajos en carbono, se pueden conseguir mayores reducciones en emisiones que manteniendo los estilos de vida constantes y reduciendo el nivel de gasto.

Sin embargo, no se puede descartar que —de igual manera que el nivel de gasto determina su estructura—, la adopción de estilos de vida bajos en carbono pueda tener repercusiones en el propio nivel de gasto total. Esto se ve claramente en el caso del vehículo privado. Tener un vehículo propio, en el presente contexto —en el que la política de transporte ha favorecido la competitividad del vehículo privado frente al transporte colectivo—, aumenta las probabilidades de acceder a un trabajo mejor remunerado (Bastiaanssen *et al.*, 2020). Vivir sin coche, por el contrario, restringe el número de

oportunidades laborales, penalizando económicamente a quienes carecen de vehículo. Cuesta pensar, por tanto, que se renuncie voluntariamente a mejores oportunidades laborales, en beneficio de una causa común, como la del calentamiento global. Para alinear los intereses privados y comunes en este ámbito, se podrían eliminar las ventajas del coche frente a otros medios de transporte (por ejemplo, reduciendo el espacio de aparcamiento, como sugieren Mishra *et al.*, 2024 para eliminar la ventaja del transporte de puerta a puerta) y/o corresponsabilizando a las empresas por la huella del transporte de sus trabajadores. En esta dirección va la inclusión en la recientemente aprobada Ley de movilidad sostenible de los planes de transporte sostenible al trabajo (artículo 26).

Por otro lado, también se pueden encontrar cada vez más propuestas en línea con un redimensionamiento a la baja de los niveles de gasto, sin que ello suponga necesariamente privación material. Por ejemplo, la economía de la suficiencia (Alexander, 2012), aboga por repensar la economía para que sea capaz de proporcionar “suficiente, para todos, para siempre”, haciendo hincapié en la eliminación del consumo innecesario, la garantía universal de acceso a unos niveles mínimos (aunque determinados cultural y contextualmente) y en la consideración del factor limitante ambiental, que implica que todo uso insostenible de los recursos naturales tiene los días contados. De manera similar, la propuesta de la economía del donut consiste en restringir el ámbito material de la satisfacción de necesidades humanas entre un suelo social que asegure una vida digna para todos y un techo ecológico, que salvaguarde la sostenibilidad en el tiempo (Raworth, 2018). Estas propuestas de contención económica (así como otras corrientes de pensamiento, como la economía ecológica o la de/poscrescimiento) parecen reflejar la necesidad de trasladar el marco de los límites planetarios (Rockström *et al.*, 2009) a la esfera económica, poniendo en entredicho que “cuanto más mejor”, no solo por los efectos ambientales colaterales, sino también por los dudosos beneficios en términos de bienestar (Easterlin, 1974).

Una manera de adoptar estilos de vida austeros, en los que la realización personal no pase por la acumulación material, sino de tiempo (Burchardt

y Ickler, 2021), podría pasar por la reducción de la jornada laboral. Reducir el tiempo de trabajo, con una reducción proporcional del sueldo, permitiría avanzar al mismo tiempo en la agenda ambiental y social (De Spiegelaere y Piasna, 2017). Según Wiedenhofer *et al.* (2018), reducir el tiempo de trabajo facilitaría la adopción de estilos de vida sostenibles y daría lugar a sociedades más inclusivas.

Volviendo a los resultados de este estudio, estos también han permitido identificar algunas pistas de factores que pueden facilitar la adopción de estilos de vida sostenibles. Una característica común de los hogares sostenibles es la reducción del peso de la categoría de gasto asociada al uso del vehículo privado, lo que puede indicar que este tipo de hogares vive con mayor frecuencia sin coche o lo utiliza significativamente menos que hogares similares. Esto coincide con estudios previos que han señalado que vivir sin coche es muy efectivo para reducir la huella de carbono (Ivanova *et al.*, 2020a).

También se identifica el papel que pueden jugar los hijos/as, como miembros del hogar que inducen menores aumentos de la huella que otro tipo de miembros. Esto da lugar a especulaciones, como que quizá los hijos/as, si son menores, consumen menos alimentos, generan menos gastos y/o desplazamientos adicionales en comparación con otros miembros adultos o mayores, por un mayor uso de transporte colectivo para desplazamientos diarios (transporte escolar), o por la autonomía limitada de los menores para decidir sobre sus gastos, etc. En cualquier caso, no se debe concluir que los estilos de vida sostenibles pasan porque las parejas tengan más descendencia, ya que el aumento de la población es uno de los factores que está detrás del aumento de las emisiones (Arto y Dietzenbacher, 2014; Wynes y Nicholas, 2017). Más bien, se podría concluir que los hogares con un mayor número de miembros permiten aprovechar economías de escala y generan ahorros por el uso compartido de bienes. De ahí que existan propuestas para reducir las huellas ambientales basadas en el aumento en el número de miembros por hogar, ya sea compartiendo la vivienda (Martinez *et al.*, 2020), formando comunidades intencionales de convivencia (Chatterton, 2013), introduciendo nuevos modelos de consumo comunitario (por ejemplo, cuartos de

lavado) o reduciendo el tamaño de las viviendas (Huebner y Shipworth, 2017).

El problema de la infraocupación en España afecta a cerca del 30 por 100 de las viviendas (Cuchí y Sweatman, 2011), lastrando así la huella de carbono asociada a mantener el confort térmico en la vivienda, limitando las posibles economías de escala de la preparación de alimentos, aumentando el desperdicio alimentario, y multiplicando la compra de utensilios del hogar susceptibles de uso compartido, como electrodomésticos. Ramos-Martín y Matsumoto (2025), tras observar que el aumento de hogares unifamiliares en España (debido al envejecimiento de la población) contrarresta los avances en reducción del consumo energético, llegan también a la conclusión de la necesidad de promover modelos de vivienda eficiente y más pequeñas o compartidas.

Los otros rasgos característicos de los hogares sostenibles apuntarían en dirección a la “liberación por densidad” (que no se veía en las huellas agregadas por zona) y al posible papel de la formación (aunque este ha sido puesto en duda en trabajos específicos sobre el tema, como el de Schleich *et al.*, 2024, o el de Csutora, 2012).

En todo caso, cabe interpretar con cautela estos resultados, puesto que el método de análisis es meramente descriptivo y no permite establecer relaciones de causalidad. Para ello será necesario un análisis econométrico para explicar la variable binaria “hogar con huella sostenible”, sí o no, usando modelos probit o logit. En este análisis convendría incluir diferentes años de estudio para establecer la estabilidad de las relaciones encontradas.

IV. CONCLUSIONES

Dada la urgencia de alinear los estilos de vida de los ciudadanos con la agenda climática, este documento ofrece nuevas estimaciones del impacto de las decisiones de gasto de los hogares. A través del cómputo de huellas de carbono a nivel nacional, regional y para distintas tipologías de hogares españoles para el período 2010-2021, se aborda un análisis en profundidad de las posibilidades y difi-

cultades asociadas a la adopción de estilos de vida bajos en carbono de forma generalizada.

El análisis de la evolución de las huellas permite contrastar el ritmo de descarbonización observado con el que sería necesario para alcanzar los objetivos climáticos. Además, el análisis por cuantiles y categoría de gasto permite contrastar si la descarbonización se está produciendo en los segmentos de la población con capacidad de invertir en tecnologías limpias.

A través del análisis de la heterogeneidad en la huella dentro de niveles similares de gasto total, se evalúa el potencial de mitigación de reducir el gasto frente a cambiar el tipo de bienes en los que se gasta. La tipología propuesta por Creutzig *et al.* (2022) correspondería *grosso modo* a comparar opciones de tipo “evitar” con opciones de “cambiar” o “mejorar”. Además, se analizan las posibles interdependencias que pueden existir entre las decisiones que determinan el nivel de gasto total y las decisiones sobre cómo distribuir este gasto, de forma que en la práctica es posible que los enfoques de evitar, cambiar y mejorar tengan que ir de la mano.

A pesar de poner el foco que se adopta en este estudio en los hogares, como agentes clave en la determinación de su huella, se debe tener en cuenta que, como ya advierten Creutzig *et al.* (2022), Schleich *et al.* (2024) o Ivanova *et al.* (2020a), la adopción de estilos de vida bajos en carbono no depende exclusivamente de la voluntad y conciencia de los individuos y hogares. Existen importantes barreras que explican la baja adopción de estilos de vida sostenibles en niveles altos de ingreso, como la existencia de incentivos económicos que premian los estilos de vida insostenibles y penalizan los estilos de vida sostenibles. Se podría argumentar que, dado el actual sistema de incentivos que rige la sociedad, lo raro sería que los estilos de vida imperantes fueran sostenibles. Creutzig *et al.* (2022) ofrecen una detallada relación de barreras a la adopción de estilos de vida sostenibles, poniendo el foco en las instituciones en lugar de en los individuos. Esto hace patente que son las autoridades públicas las que tienen en

su mano la responsabilidad de hacer factibles estos cambios en la demanda a través de intervenciones que aumenten la conveniencia de las opciones bajas en carbono frente a las alternativas contaminantes. De esta manera, según dichos autores, los poderes públicos pueden cambiar las preferencias de los hogares influyendo en las normas sociales.

En la misma dirección apuntan las conclusiones de Schleich *et al.* (2024) sobre el efecto de la alfabetización climática. En el caso de las elecciones sobre movilidad, estos autores advierten que poner en conocimiento de las personas las consecuencias sobre sus elecciones no las cambia, a menos que se mejore al mismo tiempo la conveniencia de las alternativas limpias. Por este motivo, se puede argumentar que gastar dinero público en campañas de concienciación sobre la huella de carbono al tiempo que se sigue alimentando la economía fósil (con subsidios a estos combustibles, construcción de carreteras, aeropuertos o aparcamientos, etc.) es, en el mejor caso, una estrategia de *greenwashing*, y en el peor caso, malgastar el dinero de los contribuyentes.

En cualquier caso, los resultados empíricos obtenidos apuntan a la necesidad y posibilidad de adoptar estilos de vida buenos y sostenibles. Para facilitar ese proceso a través de políticas públicas, convendría integrar la perspectiva del consumo en el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima para poder explotar el potencial de los cambios de estilos de vida en la mitigación de emisiones. Actualmente, esta perspectiva está infrarrepresentada en las políticas climáticas actuales, ya que en éstas priman los cambios en la producción (Usubiaga-Liaño *et al.*, en revisión). Asimismo, es también importante integrar la perspectiva del consumo a otras escalas, sobre todo con respecto a comunidad autónoma, ya que estas tienen competencias relevantes en materia de transporte y vivienda, dos de las áreas más importantes en la huella de carbono de los hogares. Estas medidas supondrían un primer paso para fomentar cambios en el sistema de consumo que complementen los ya contemplados en los sistemas de producción.

NOTAS

- (1) Aunque se podría argumentar que no son factores totalmente externos al hogar, ya que los hogares pueden moverse y deciden dónde residir precisamente en función de las oportunidades que ofrece el entorno, como oferta de puestos de trabajo, servicios, calidad de vida, oferta de servicios, etc.
- (2) Este trabajo estima que para 2030 la huella tiene que rondar los 2,38 tCO₂e por persona para no sobrepasar el 1,5° C de calentamiento global.
- (3) Cabe quizá matizar que, si en el futuro se generaliza la electrificación del transporte privado entre los hogares más afluentes, esto se reflejaría en una disminución de la huella asociada a la categoría “vehículo privado” (que recoge las emisiones por el uso de los vehículos) para este tipo de hogares. Sin embargo, no disminuiría necesariamente la huella asociada a la compra del vehículo que recoge la categoría “otros transportes”, por no ser los coches eléctricos más limpios en su proceso de producción, de momento (García et al., 2022).
- (4) Esto mismo es lo que podría también estar pasando con los vehículos: que sí se están comprando vehículos eléctricos por parte de hogares de renta alta, pero estos no sustituyen los de combustión, sino que aumentan el parque total de vehículos del hogar.

BIBLIOGRAFÍA

- Akizu-Gardoki, O., Villamor, E. y Lizundia, E. (2024).** Quantifying energy footprint inequalities across different socio-economic segments in Spain. *Cleaner Environmental Systems*, 14, 100213.
- Alexander, S. (2012).** The sufficiency economy: Envisioning a prosperous way down. Disponible en SSRN 2210170. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2210170
- Alonso-Epelde, E. y Rodés-Bachs, C. (2025).** MEDUSA: An R tool to model equity and distributional impacts. *Journal of Open Source Software*, 10(111), 7697. <https://doi.org/10.21105/joss.07697>
- Amich, M., Román, M. V., Moyano-Reina, M., Alonso-Epelde, E., Arto, I. y González-Eguino, M. (2025).** *Leasing social: Una propuesta para un nuevo sistema de movilidad privada ambientalmente sostenible, socialmente justo y territorialmente equilibrado*. Basque Centre for Climate Change (BC3). <https://zenodo.org/records/17225431>
- Arce, G., Zafrilla, J. E., López, L.-A. y Tobarra, M. Á. (2017).** Carbon Footprint of Human Settlements in Spain. En R. Álvarez Fernández, S. Zubelzu, y R. Martínez (eds), *Carbon Footprint and the Industrial Life Cycle*, 307-324. Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-54984-2_14
- Arto, I., y Dietzenbacher, E. (2014).** Drivers of the growth in global greenhouse gas emissions. *Environmental Science and Technology*, 48(10), 5388-5394. <https://doi.org/10.1021/es5005347>
- Bastiaanssen, J., Johnson, D. y Lucas, K. (2020).** Does transport help people to gain employment? A systematic review and meta-analysis of the empirical evidence. *Transport Reviews*, 40(5), 607-628.
- Büchs, M., y Mattioli, G. (2021).** Trends in air travel inequality in the UK: From the few to the many? *Travel Behaviour and Society*, 25, 92-101.
- Burchardt, H.-J. y Ickler, J. (2021).** Time to live well: Well-being and time affluence for sustainable development. *Third World Quarterly*, 42(12), 2939-2955. <https://doi.org/10.1080/01436597.2021.1981761>
- Cap, S., de Koning, A., Tukker, A., y Scherer, L. (2024).** (In) Sufficiency of industrial decarbonization to reduce household carbon footprints to 1.5° C-compatible levels. *Sustainable Production and Consumption*, 45, 216-227.
- Cazcarro, I., Amores, A. F., Arto, I. y Kratena, K. (2022).** Linking multisectoral economic models and consumption surveys for the European Union. *Economic Systems Research*, 34(1), 22-40. <https://doi.org/10.1080/09535314.2020.1856044>
- Chatterton, P. (2013).** Towards an Agenda for Post-carbon Cities: Lessons from Lilac, the UK 's First Ecological, Affordable Cohousing Community. *International Journal of Urban and Regional Research*, 37(5), 1654-1674. <https://doi.org/10.1111/1468-2427.12009>

- Creutzig, F., Niamir, L., Bai, X., Callaghan, M., Cullen, J., Díaz-José, J., Figueroa, M., Grubler, A., Lamb, W. F. y Leip, A. (2022). Demand-side solutions to climate change mitigation consistent with high levels of well-being. *Nature Climate Change*, 12(1), 36–46. <https://doi.org/10.1038/s41558-021-01219-y>
- Csutora, M. (2012). One more awareness gap? The behaviour-impact gap problem. *Journal of Consumer Policy*, 35(1), 145–163.
- Cuchí, A. y Sweatman, P. (2011). Una visión-país para el sector de la edificación en España. Hoja de ruta para un nuevo sector de la vivienda. *Climate Strategy*. http://www.boschbatlle.com/wp-content/themes/BoschBatlle_theme/bb_img/GTR.pdf
- De Spiegelaere, S. y Piasna, A. (2017). *The why and how of working time reduction*. <https://lirias.kuleuven.be/retrieve/479437>
- Duarte, R., Mainar, A. y Sánchez-Chóliz, J. (2010). The impact of household consumption patterns on emissions in Spain. *Energy Economics*, 32(1), 176–185.
- Duarte, R., Mainar, A. y Sánchez-Chóliz, J. (2012a). Social groups and CO₂ emissions in Spanish households. *Energy Policy*, 44, 441–450.
- Duarte, R., Mainar, A. y Sánchez-Chóliz, J. (2012b). Social groups and CO₂ emissions in Spanish households. *Energy Policy*, 44, 441–450. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.02.020>
- Easterlin, R. A. (1974). Does economic growth improve the human lot? Some empirical evidence. *En Nations and households in economic growth*, 89–125. Elsevier. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780122050503500087>
- Eurostat. (2023). FIGARO tables: EU inter-country supply, use, and input-output tables. Eurostat. <https://ec.europa.eu/eurostat/web/esa-supply-use-input-tables/database>
- Eurostat. (2024a). Carbon footprints (FIGARO 2023 edition) [Data set].
- Eurostat. (2024b). [Ds-056120] Sold production, exports and imports. https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ds-056120__custom_18926123/default/table
- Eurostat. (2024c). FIGARO tables: EU inter-country supply, use, and input-output tables [Data set]. <https://ec.europa.eu/eurostat/web/esa-supply-use-input-tables/database#figarotables>
- Eurostat. (2024d). Household final consumption expenditure by purpose (COICOP 1999) (nama_10_co3_p3) [Data set]. https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/product/page/NAMA_10_CO3_P3
- Eurostat. (2025). [Env_air_gge] Greenhouse gas emissions by source sector. https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/env_air_gge/default/table?lang=en
- Friedlingstein, P., O’Sullivan, M., Jones, M. W., Andrew, R. M., Hauck, J., Landschützer, P., Le Quééré, C., Li, H., Luijkx, I. T., Olsen, A., Peters, G. P., Peters, W., Pongratz, J., Schwingshackl, C., Sitch, S., Canadell, J. G., Ciais, P., Jackson, R. B., Alin, S. R., ... Zeng, J. (2024). Global Carbon Budget 2024. *Earth System Science Data Discussions*, 1–133. <https://doi.org/10.5194/essd-2024-519>
- García, A., Monsalve-Serrano, J., Villalta, D. y Tripathi, S. (2022). Electric vehicles vs e-fuelled ICE vehicles: Comparison of potentials for life cycle CO₂ emission reduction. SAE Technical Paper. <https://www.sae.org/gsdownload/?prodCd=2022-01-0745>
- Global Temperature—Earth Indicator—NASA Science. (2025, September 25). <https://science.nasa.gov/earth/explore/earth-indicators/global-temperature/>
- Hot or Cool Institute. (2025). *A Climate for Sufficiency: 1.5-Degree Lifestyles Report*.
- Huebner, G. M. y Shipworth, D. (2017). All about size?—The potential of downsizing in reducing energy demand. *Applied Energy*, 186, 226–233.
- INE. (2019). *Contabilidad regional de España. Base 2010. Gasto en consumo final de los hogares. Precios corrientes* [Data set]. <https://www.ine.es/jaxi/Tabla.htm?tpx=67298>
- INE. (2022). *Encuesta de presupuestos familiares. Base 2006* [Data set]. https://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/operacion.htm?c=Estadistica_Cycid=1254736176806ymenu=resultadosysecc=1254736195147ydp=1254735976608#_tabs-1254736195147
- INE. (2023). *Cifras oficiales de población resultantes de la revisión del Padrón municipal a 1 de enero. Población por comunidades y ciudades autónomas y tamaño de los municipios* [Data set]. <https://www.ine.es/jaxiT3/Tabla.htm?t=2915>

- Ivanova, D., Barrett, J., Wiedenhofer, D., Macura, B., Callaghan, M. y Creutzig, F. (2020a). Quantifying the potential for climate change mitigation of consumption options. *Environmental Research Letters*, 15(9), 093001. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab8589>
- Ivanova, D., Barrett, J., Wiedenhofer, D., Macura, B., Callaghan, M. y Creutzig, F. (2020b). Quantifying the potential for climate change mitigation of consumption options. *Environmental Research Letters*, 15(9), 093001. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab8589>
- Ivanova, D., Vita, G., Steen-Olsen, K., Stadler, K., Melo, P. C., Wood, R. y Hertwich, E. G. (2017). Mapping the carbon footprint of EU regions. *Environmental Research Letters*, 12(5), 054013.
- Lee, J., Shigetomi, Y. y Kanemoto, K. (2023). Drivers of household carbon footprints across EU regions, from 2010 to 2015. *Environmental Research Letters*, 18(4), 044043.
- López, L. A., Arce, G., Morenate, M. y Monsalve, F. (2016). Assessing the Inequality of Spanish Households through the Carbon Footprint: The 21st Century Great Recession Effect. *Journal of Industrial Ecology*, 20(3), 571-581. <https://doi.org/10.1111/jiec.12466>
- Martinez, L., Mirza, R. M., Austen, A., Hsieh, J., Klinger, C. A., Kuah, M., Liu, A., McDonald, L., Mohsin, R. y Pang, C. (2020). More than just a room: A scoping review of the impact of homesharing for older adults. *Innovation in Aging*, 4(2), igaa011.
- Mishra, N. B., Pani, A., Mohapatra, S. S. y Sahu, P. K. (2024). Decoding Private or Commercial Vehicle Ownership Decisions for Low-Carbon Mobility Transitions: A Systematic Review of the Literature. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2678(6), 87-122. <https://doi.org/10.1177/03611981231194346>
- Osorio, P., Tobarra, M.-Á. y Tomás, M. (2024). Are there gender differences in household carbon footprints? Evidence from Spain. *Ecological Economics*, 219, 108130. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2024.108130>
- Oswald, Y., Owen, A. y Steinberger, J. K. (2020). Large inequality in international and intranational energy footprints between income groups and across consumption categories. *Nature Energy*, 5(3), 231-239.
- Pottier, A. (2022). Expenditure elasticity and income elasticity of GHG emissions: A survey of literature on household carbon footprint. *Ecological Economics*, 192, 107251. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2021.107251>
- Ramos Martín, J. y Matsumoto, S. (2025). *Impact of changes in the distribution of household types on residential energy consumption in Spain, 2006-2023*. <https://ddd.uab.cat/record/309169>
- Raworth, K. (2018). *Doughnut economics: Seven ways to think like a 21st century economist*. Chelsea Green Publishing. <https://books.google.com/books?hl=en&lr=yid=bXSrEA AAQBAJ&oi=fnd&ypg=PA1y&dq=doughnuts+economics&ots=r-RUB-W02&sig=umMSRNfh9yrVM1pLKVdu9u5TTac>
- Roca, J. y Serrano, M. (2007). Income growth and atmospheric pollution in Spain: An input-output approach. *Ecological Economics*, 63(1), 230-242. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2006.11.012>
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin, F. S. I., Lambin, E., Lenton, T., Scheffer, M., Folke, C., Schellnhuber, H. J., Nykvist, B., de Wit, C., Hughes, T., van der Leeuw, S., Rodhe, H., Sörlin, S., Snyder, P., Costanza, R., Svedin, U., ... Foley, J. (2009). Planetary Boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity. *Ecology and Society*, 14(2). <https://doi.org/10.5751/ES-03180-140232>
- Román, M. V., Vicedo-Choques, E., Usubiaga-Liaño, A., Van de Ven, D.-J., González-Eguino, M., Sampedro, J. y Arto, I. (2025). *Remaining Carbon Budget Allocation to Mediterranean Countries*. *Basque Centre for Climate Change and OceanCare*. <https://www.oceancare.org/wp-content/uploads/2025/10/Report-Remaining-Carbon-Budget-Allocation-to-Mediterranean-Countries.pdf>
- Sánchez-Chóliz, J., Duarte, R. y Mainar, A. (2007). Environmental impact of household activity in Spain. *Ecological Economics*, 62(2), 308-318. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2006.06.004>
- Sleich, J., Dütschke, E., Kanberger, E. y Ziegler, A. (2024). On the relationship between individual carbon literacy and carbon footprint components. *Ecological Economics*, 218, 108100. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2023.108100>
- Schöngart, S., Nicholls, Z., Hoffmann, R., Pelz, S. y Schleussner, C.-F. (2025). High-income groups disproportionately contribute to climate extremes worldwide. *Nature Climate Change*, 1-7.
- Tian, P., Zhong, H., Chen, X., Feng, K., Sun, L., Zhang, N., Shao, X., Liu, Y. y Hubacek, K. (2024). Keeping the global consumption within the planetary boundaries. *Nature*, 1-6.

- Tomás, M., López, L. A. y Monsalve, F. (2020a).** Carbon footprint, municipality size and rurality in Spain: Inequality and carbon taxation. *Journal of Cleaner Production*, 266, 121798.
- Tomás, M., López, L. A., y Monsalve, F. (2020b).** Carbon footprint, municipality size and rurality in Spain: Inequality and carbon taxation. *Journal of Cleaner Production*, 266, 121798. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121798>
- Usubiaga-Liaño, A., Tomás, M., Román, M. V., Cazcarro, I., Escobar, N., García-Muros, X., Alonso-Epelde, E. y Arto, I. (en revisión).** The carbon footprint of Spain and its regions.
- Vélez-Henao, J., Streeck, J., Kikstra, J. y Pauliuk, S. (2026).** Water, Land, Materials, and Emissions for Providing Decent Living Standards Around the World. *Ecological Economics*, 240(108819). <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2025.108819>
- Wiedenhofer, D., Smetschka, B., Akenji, L., Jalas, M. y Haberl, H. (2018).** Household time use, carbon footprints, and urban form: A review of the potential contributions of everyday living to the 1.5 C climate target. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 30, 7-17.
- Wynes, S. y Nicholas, K. A. (2017).** The climate mitigation gap: Education and government recommendations miss the most effective individual actions. *Environmental Research Letters*, 12(7), 074024. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa7541>

ANEXO

Cálculo de las huellas

La huella de carbono de los hogares españoles se ha calculado anualmente para el período 2010-2021 utilizando las tablas *input-output* multirregionales (MRIO) *FIGARO* producto por producto y la extensión de emisiones de GEI proporcionada por Eurostat (Eurostat, 2024a, 2024c). Dicha extensión se ha convertido del formato industria por industria al formato producto por producto utilizando la estructura de productos de cada industria en la tabla de origen de *FIGARO*. El sistema de clasificación utilizado en *FIGARO* es la Clasificación de productos por actividad o CPA. La huella de carbono se ha calculado utilizando la formulación estándar (1) ecuación

$$cf^{ES} = sLy_{res}^{ES} \pm d^{ES} \quad [1]$$

donde cf^{ES} es un escalar que representa la huella de carbono de los hogares españoles (ES). Se obtiene sumando: i) las emisiones directas de los hogares españoles (d^{ES}), que se extraen de la extensión de GEI y se asocian al uso de combustibles fósiles para vehículos privados, sistemas de calefacción o agua caliente; y ii) las emisiones producidas (a lo largo de la cadena de suministro) por el resto de elementos que forman la cesta de consumo de los hogares, y que normalmente se denominan emisiones indirectas (sLy_{res}^{ES}). Las emisiones indirectas se calculan como el producto de s , un vector fila que representa la intensidad de emisión de las industrias (emisiones por euro de producción), por L , la matriz inversa de Leontief de la tabla MRIO, y por y_{res}^{ES} , el vector de la demanda final de los hogares españoles a precios básicos.

Este vector de demanda final se ha calculado como se muestra en la ecuación [2], donde y_{res}^{ES} es el vector de demanda final incluido en la tabla MRIO, que considera el consumo territorial, el factor de corrección ($y_{res,tot}^{ES}/y_{ter,tot}^{ES}$) representa la relación entre el gasto agregado de los residentes españoles ($y_{res,tot}^{ES}$) (es decir, incluyendo el

consumo de residentes que ha tenido lugar en el extranjero, y excluyendo el consumo de no residentes dentro del territorio) y ($y_{ter,tot}^{ES}$) es el gasto agregado dentro del territorio español (es decir, todo el consumo de residentes y no residentes dentro del territorio español).

$$y_{res}^{ES} = y_{ter}^{ES} \cdot y_{res,tot}^{ES} / y_{ter,tot}^{ES} \quad [2]$$

Por último, el vector de emisiones indirectas por producto (en la clasificación CPA) puede calcularse como:

$$g^{ES} = sLy_{res}^{ES} \quad [3]$$

donde el elemento $g_i^{ES(r)}$ del vector g^{ES} representa las emisiones incorporadas en el consumo final de los hogares españoles del producto i producido en la región r .

La huella de carbono a nivel regional se calcula utilizando los datos de la *EPF*, lo que permite asignar los componentes directos (d^{ES}) e indirectos [ecuación 3] de la huella nacional a las diferentes regiones.

La *EPF* española proporciona datos de gasto por categoría COICOP (Clasificación del consumo individual por finalidad) para entre 20.000 y 24.000 hogares al año. Los datos de gasto son representativos a nivel COICOP de 4 dígitos para las regiones (INE, 2022). El conjunto de datos, elaborado por el Instituto Nacional de Estadística (INE), incluye una descripción detallada de las características socioeconómicas y demográficas de cada hogar, incluida información sobre la región respecto a comunidad autónoma, lo que permite ir más allá del consumidor medio representado en las tablas de *FIGARO*. En este trabajo se han utilizado las *EPF* del período 2010-2021 (INE, 2022).

El componente indirecto de la huella de carbono (g^{ES}) se ha vinculado con las *EPF* gracias al trabajo de Cazarro *et al.* (2022), quienes desarrollaron un método para tender un puente entre las

ANEXO (continuación)

estadísticas de consumo expresadas en precios básicos (tablas *input-output*) y las estadísticas expresadas en precios de adquisición (EPF). Para ello, se aplican las siguientes transformaciones. En primer lugar, las emisiones de GEI asociadas a los márgenes comerciales y de transporte de los sectores mayorista y minorista y de transporte se asignan a los productos que utilizan estos servicios intermedios. Esto se hace con información disponible no publicada sobre los márgenes recibidos y pagados por producto proporcionada por el INE. En segundo lugar, se utiliza una matriz puente (también proporcionada por el INE y no disponible públicamente) para transformar los resultados por producto CPA a las categorías de consumo COICOP utilizadas en las EPF. Las huellas indirectas resultantes se agrupan en 14 categorías COICOP y dan lugar a un vector de huella indirecta por categoría COICOP coherente con los principios de contabilidad de datos adoptados en las EPF.

Las emisiones directas también se vinculan a categorías COICOP de consumo. Para ello, se han tomado las emisiones asociadas al uso residencial de la energía (categoría CRF 1A4b) de Eurostat (Eurostat, 2025) y se han asignado a la categoría CP04_energía. Las emisiones directas relacionadas con CP07_energía se han calculado como la diferencia entre las emisiones directas de los hogares y las de CP04_energía.

Para calcular la huella de cada hogar representado en la EPF, es necesario alinear las EPF con los indicadores monetarios a nivel macroeconómico comunicados por el INE. Para ello, se han reescalado las cifras de población de la EPF para que coincidan con las cifras de población regional (INE, 2023) y se han reescalado las cifras de consumo para que coincidan con el consumo nacional de los hogares por parte de los residentes y las estructuras de consumo nacional a nivel COICOP de 3 dígitos (Eurostat, 2024d; INE, 2019). La huella de carbono española se ha distribuido entre los cerca de 20,000 hogares utilizando las cuotas de gasto resultantes de las EFP agregadas a las 14

categorías COICOP, tal como se representa en la ecuación

$$cf^{HOG} = \sum_n^{14} cf_n^{ES} \frac{y_n^h}{\sum_{20000} y_n^h} \quad [4]$$

En esta ecuación, cf^h representa un escalar de la huella a nivel de hogar, cf_n^{ES} es un escalar de la huella total (directa más indirecta) a nivel nacional para cada categoría COICOP n , y y_n^c representa la demanda final de la categoría COICOP n del hogar h .

La mayoría de las variables socioeconómicas utilizadas existen en la EPF, si bien hay otras que han sido creadas con el paquete MEDUSA (Alonso-Epelde y Rodés-Bachs, 2025).

Esta metodología tiene una serie de limitaciones, propias del análisis *input-output*, como el supuesto de precios homogéneos (que se ha llamado “efecto calidad”) y el escaso nivel de detalle (64) a nivel de producto. Esto no solo afecta especialmente a ciertas categorías de gasto donde hay una gran heterogeneidad de calidades y precios, sino también a que no se capturan diferencias de precio entre las CC. AA., que pueden ser importantes. De esta manera, se sobreestima la huella en aquellas regiones con mayores niveles de precios, y se infravalora la huella de las regiones relativamente baratas. Además, la corrección de la demanda final para incluir solo el consumo de residentes (fuera y dentro del país), solo afecta al total de gasto y no a la estructura del mismo.

Existen otras limitaciones, como la falta de series temporales de matrices puente disponibles públicamente, el uso de datos de márgenes comerciales y matrices puente de productos a COICOP de un solo año (proporcionadas por el INE). Aparte, el análisis que se hace de los resultados, de tipo descriptivo, no permite inferir relaciones de causalidad entre las variables sociodemográficas y las estimaciones de huellas. Para poder evaluar mejor la influencia de las diferentes variables en la huella se debería realizar un análisis econométrico.

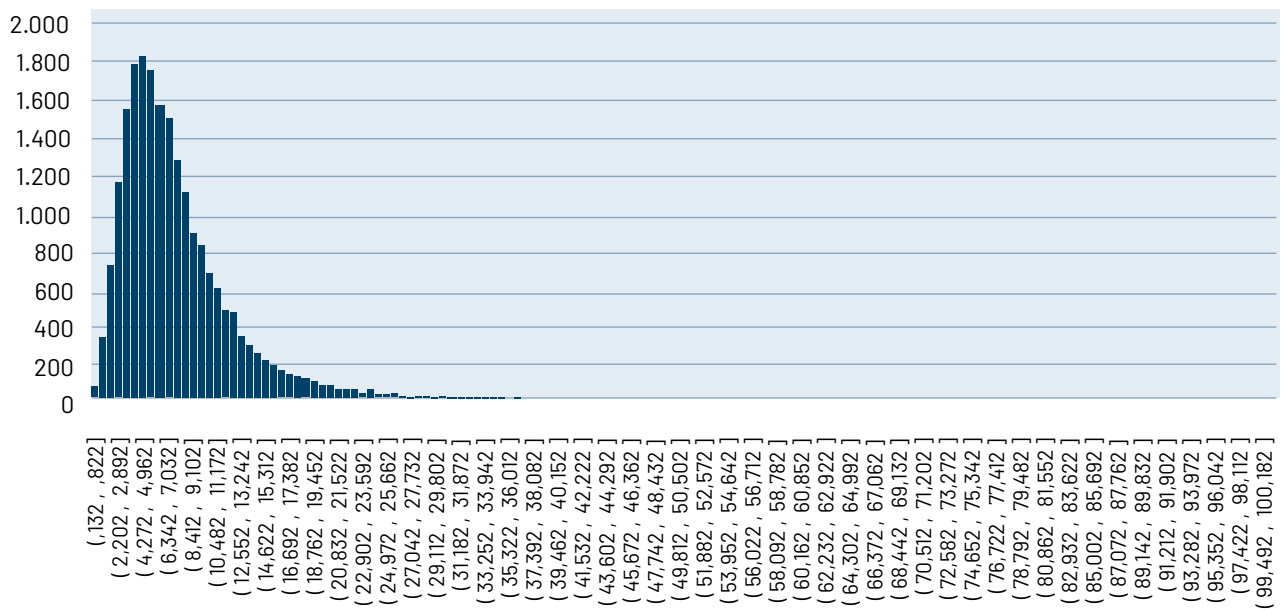
ANEXO (continuación)

Limpieza de los datos

Para eliminar los posibles datos anómalos que pudieran desvirtuar las conclusiones se realiza un procedimiento de limpieza de los datos. Dado que la distribución de las estimaciones de huella es asimétrica por la derecha (como muestra el

gráfico A1), se utiliza el método de rango intercuartílico para eliminar las observaciones que están a más de tres desviaciones estándar de la media por la parte derecha para cada percentil. Se muestra la distribución para el conjunto de los datos, pero también se observa la misma forma para los distintos percentiles de gasto.

GRÁFICO A1
DISTRIBUCIÓN DE LAS ESTIMACIONES DE LA HUELLA PER CÁPITA



Fuente: Elaboración propia.