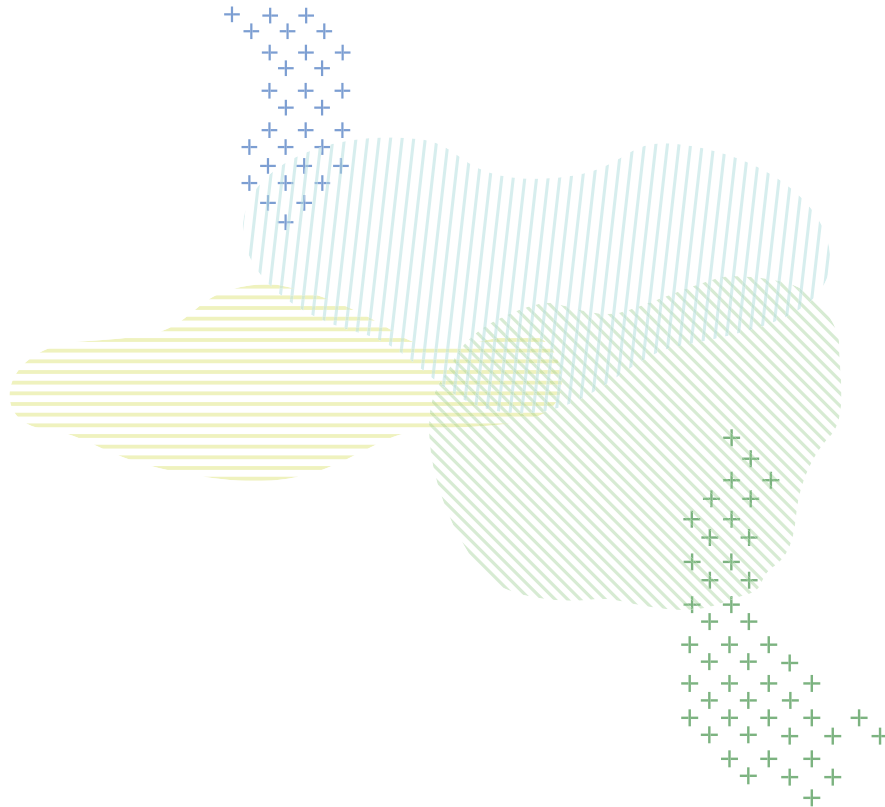


Cálculo de la huella de carbono de Euskadi

INFORME COMPLETO





© Ihobe S.A., abril de 2025

Edita:

Ihobe, Sociedad Pública de Gestión Ambiental
Departamento de Industria, Transición Energética y
Sostenibilidad. Gobierno Vasco

Alameda de Urquijo 36, 6ª - 48011 Bilbao
Tel.: 94 423 07 43
www.ihobe.eus
www.euskadi.eus
[@Ihobe_Eus](https://twitter.com/Ihobe_Eus)

Contenido: Este documento ha sido elaborado por BC3,
Basque Centre for Climate Change-Klima Aldaketa
Ikergai con la colaboración de Ihobe.

Índice

Resumen Ejecutivo	
1. Introducción	4
2. Conceptos básicos	5
2.1. Tablas de origen, destino e input-output nacionales	5
2.2. Tabla input-output multirregional (MRIO)	6
2.3. Extensiones de emisiones de GEI	8
2.4. Modelo input-output de demanda	8
3. Resultados	11
4. Interpretación de los resultados y limitaciones	18
4.1. Interpretación de resultados	18
4.2. Limitaciones	20
5. Conclusiones y trabajo futuro	21
6. Metodología	21
6.1. Cálculo de la huella de carbono española	22
6.2. Cálculo de la huella de carbono española por categoría de consumo	22
6.3. Cálculo de la huella de carbono de los hogares vascos	24
6.4. Cálculo de la huella de carbono de los elementos de la demanda final vasca restantes ...	24
Referencias	26
Anexo 1: Clasificaciones	29
Anexo 2: Resultados por países	32

1. Introducción

La huella de carbono de una región es un indicador que mide las emisiones generadas en todo el mundo para satisfacer su demanda final (consumo privado, consumo público e inversión) de bienes y servicios. El número de estudios que calculan la huella de carbono nacional ha crecido sustancialmente en los últimos años. Aunque a menor escala, este también es el caso a nivel regional. Esto ha sido posible gracias al desarrollo de bases de datos multirregionales input-output (MRIO) con extensiones de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).

A pesar del incremento de la popularidad de la huella de carbono como indicador para medir la evolución de las emisiones desde la perspectiva del consumo, su integración en políticas ambientales sigue siendo limitada. Más allá del interés que existe en cada país para desarrollar medidas que reduzcan la huella de sus ciudadanos y ciudadanas, una traba es que la mayoría de resultados no se consideran lo suficientemente precisos para su uso en políticas públicas. Esto se debe a que la mayoría de modelos MRIO se han desarrollado en el ámbito académico y han tenido que combinar y reconciliar diversas fuentes de datos, lo cual ha resultado en desviaciones de los datos oficiales producidos por los institutos nacionales de estadística. EXIOBASE (Stadler et al., 2018), WIOD (Timmer et al., 2015) o EORA (Lenzen et al., 2013) son algunos ejemplos de las bases de datos MRIO más utilizadas en la actualidad. Cabe resaltar que en los últimos años, algunas entidades internacionales como la OCDE y Eurostat (Eurostat, 2023; OECD, 2023) han realizado un importante esfuerzo para el desarrollo de bases de datos MRIO dando como resultado las bases de datos ICIO y FIGARO. Esta última es una operación estadística oficial de Eurostat que está basada en su mayor parte en datos proporcionados por institutos de estadística, y es consistente con las estadísticas oficiales de los estados miembro de la Unión Europea.

Este informe presenta una metodología para el cálculo de la huella de carbono de Euskadi basada en estadísticas oficiales. El informe también incluye los resultados del cálculo de huella de carbono en Euskadi para el periodo 2010-2021. Para ello se combinan la base de datos FIGARO de Eurostat y los microdatos de la Encuesta de Presupuestos Familiares (EPF) publicados por el Instituto Nacional de Estadística¹. Si bien en Euskadi se han calculado previamente la huella de materiales (Arto, 2003) y la huella ecológica (Arto, 2005; Ihobe, 2019), esta es la primera vez que se calculan series temporales de la huella de carbono, un indicador que reportan periódicamente los institutos nacionales de estadística de países como Reino Unido, Suecia o por otros organismos oficiales como en el caso de Dinamarca y Francia (Axelsson et al., 2024; ONS, 2023).

El informe está organizado de la siguiente manera. La sección 2 presenta conceptos básicos sobre bases de datos y modelos MRIO. La sección 6 describe la metodología empleada para el cálculo de la huella de carbono de Euskadi. Las secciones 3 y 4 presentan y describen los resultados principales. La sección 5 concluye.

¹ Cabe señalar que los datos de Euskadi de la EPF son recopilados por el Instituto Vasco de Estadística (Eustat).

2. Conceptos básicos

2.1. Tablas de origen, destino e input-output nacionales

Las tablas de origen y destino forman parte, junto con las tablas input-output, de la contabilidad nacional, de cuya compilación se encargan los institutos de estadística nacionales (en el caso de España, el Instituto Nacional de Estadística (INE)) o regionales (en el caso de Euskadi, el Instituto vasco de Estadística (Eustat)). Dicha compilación se lleva a cabo en la práctica a través de censos o encuestas que abarcan el conjunto de actividades económicas de una determinada economía, y que permiten recoger datos detallados de las transacciones entre diferentes industrias, y entre industrias y demanda final, de los distintos productos y servicios. Al tratarse de datos sobre transacciones económicas, estas tablas están expresadas en unidades monetarias (miles o millones de euros). El fin último de la construcción de estas tablas es la estimación de Producto Interior Bruto (PIB), pero como veremos, estas tablas permiten además una amplia variedad de ejercicios de análisis económico, como el cálculo de huellas o la estimación de impactos económicos asociados a un determinado shock, entre otros.

La primera de las tablas que nos encontramos en la contabilidad nacional es la tabla de origen, que proporciona información sobre el origen de los bienes, es decir, qué industria los produce. Cada columna de la tabla de origen representa una industria y cada fila un bien o servicio. De esta manera, por filas podemos ver qué industrias están produciendo un determinado bien, y por columnas, qué bienes produce una determinada industria (ver esquema en la Figura 6). Como la tabla de destino, la tabla de origen no tiene por qué ser simétrica, ya que, si, por ejemplo, hay más productos que industrias, tendrá más filas que columnas.

Figura 1: Esquema de una tabla de origen

Productos	Industrias			Total Producción interior	Importaciones	Total Oferta
	Agricultura	Industria	Servicios			
Productos agrícolas						
Productos de la industria						
Servicios						
Producción por industria						

La siguiente tabla es la de destino, que proporciona información anual sobre el consumo o el uso de los productos por parte de las industrias o la demanda final en una economía concreta (Figura 7). Cada columna de la tabla de destino representa una industria o un componente de la demanda final (hogares, gobierno, inversión o exportaciones). Cada fila de la tabla de destino representa uno de los productos o servicios producidos en la economía. Las últimas filas de la tabla representan los componentes del valor añadido (esto es, los factores de producción utilizados), entre los cuales están los sueldos y salarios (compensación a los trabajadores), los beneficios empresariales (compensación al capital) y los impuestos netos a la producción y a los productos.

De esta manera, la tabla de destino nos muestra por columnas la "receta" productiva de cada industria: cuánto de cada producto y de cada factor de producción necesita esa industria en su proceso de producción. O en el caso de los componentes de la demanda final, cuánto de cada producto consumen para su normal funcionamiento (cuánto consumen los hogares de cada uno de los productos y servicios de la economía, cuánto el gobierno, etc.). Por filas, la tabla de destino

nos muestra, para un determinado producto, quiénes lo están utilizando y en qué medida, es decir, cómo se distribuye la oferta de un determinado bien entre sus usuarios, incluyendo industrias y demanda final. Existen tablas de destino para los productos domésticos e importados por separado.

Figura 2: Esquema de una tabla de destino total (productos domésticos e importados)

Productos	Industrias			Demanda final			Total Empleos
	Agricultura	Industria	Servicios	Hogares	Gobierno	Exportaciones	
Productos agrícolas							
Productos de la industria							
Servicios							
Valor añadido							
Sueldos y salarios							
Beneficios empresariales							
Impuestos							
Producción							

Las tablas de destino no tienen por qué ser simétricas en la parte de transacciones entre industrias, ya que el número de productos e industrias no tiene por qué ser el mismo. Si, por ejemplo, el número de productos es mayor que el de industrias, tendríamos una tabla con más filas que columnas en el bloque de transacciones entre industrias.

Por último, encontramos las tablas simétricas input-output, que se obtienen combinando la información de las tablas de origen y destino. A diferencia de estas, las tablas input-output son siempre simétricas porque tienen el mismo número de filas y columnas en la parte de transacciones al mostrar la información agregada, ya sea nivel de industria o de producto. La ventaja de las estas tablas reside precisamente en su simetría, que permite ciertas operaciones y análisis, pero como contrapartida se pierde una dimensión (productos o industrias) y se hacen necesarios ciertos supuestos. Esto es, para calcular la tabla input-output industria por industria, se asume habitualmente que las cuotas de mercado de cada industria para cada producto son las reflejadas en la tabla de origen del país en cuestión, independientemente del país de origen de los productos (p.ej. en Euskadi, en el año 2018 el 90% de los productos forestales los produjo la propia rama de la silvicultura y el restante 10% la Administración pública; esta proporción se aplica por igual a productos domésticos como importados).

Figura 3: Esquema de una tabla simétrica input-output industria por industria

Industrias	Industrias			Demanda final			Producción
	Agricultura	Industria	Servicios	Hogares	Gobierno	Exportaciones	
Agricultura							
Industria							
Servicios							
Valor añadido							
Sueldos y salarios							
Beneficios empresariales							
Impuestos							
Producción							

2.2. Tabla input-output multirregional (MRIO)

Las tablas input-output nacionales descritas en la sección anterior tienen como objetivo reflejar con cierto detalle las transacciones entre los agentes dentro de un país o región concreta, de forma que las transacciones con agentes de otros países/regiones se presentan de manera agregada (sin el detalle del país implicado) en la tabla de destino (en la columna de exportaciones) y en la tabla de origen (en la columna de importaciones).

Para poder analizar cuestiones como huellas ambientales, fuertemente determinadas por la configuración de las cadenas de suministro actuales, que trascienden las fronteras nacionales involucrando empresas de diferentes países, es necesario contar con tablas MRIO a escala global. Este tipo de tablas combinan información del comercio internacional con las tablas input-output nacionales de cada país para reflejar las transacciones entre industrias de distintos países.

La Figura 9 muestra la estructura de una tabla MRIO para un determinado año, en la que se describen los flujos de bienes y servicios de todas las industrias a todos los usuarios intermedios y finales, desglosados explícitamente por países de origen y por países de destino en cada flujo.

Figura 4: Esquema de una tabla MRIO

		Demanda intermedia			Demanda final			Producción
		País r	País s	País t	País r	País s	País t	
Insumos	País r	Z^{rr}	Z^{rs}	Z^{rt}	y^{rr}	y^{rs}	y^{rt}	x^r
	País s	Z^{sr}	Z^{ss}	Z^{st}	y^{sr}	y^{ss}	y^{st}	x^s
	País t	Z^{tr}	Z^{ts}	Z^{tt}	y^{tr}	y^{ts}	y^{tt}	x^t
Valor añadido		$(v^r)'$	$(v^s)'$	$(v^t)'$				
Producción		$(x^r)'$	$(x^s)'$	$(x^t)'$				
Extensión de emisiones		$(e^r)'$	$(e^s)'$	$(e^t)'$				

El elemento Z^{rs} de la tabla MRIO² es una matriz $m \times m$ cuyo elemento z_{ij}^{rs} representa las ventas de la industria i de la región r a la industria j de la región s ; y^{rs} es un vector columna $m \times 1$ cuyo elemento y_i^{rs} representa la demanda final agregada (i.e. consumo de los hogares, consumo del gobierno y formación bruta de capital) en el país s de bienes producidos por la industria i de la región r ; x^r es un vector columna $m \times 1$ cuyo elemento x_i^r representa la producción total de la industria i del país r ; w^r es un vector columna $m \times 1$ cuyo elemento w_i^r representa el valor añadido en la industria i del país r .

Estas tablas se pueden completar con extensiones ambientales (emisiones, uso de energía, etc.) añadiendo filas adicionales con datos a nivel sectorial para cada uno de los países. A continuación, se explican con más detalle las extensiones ambientales relevantes para este trabajo.

² Notación: Las letras minúsculas en negrita representan vectores, las mayúsculas en negrita matrices, las minúsculas en cursiva escalares (incluyendo los elementos de un vector o matriz). Los sub-índices representan industrias y los super-índices regiones. Los vectores son columnas por definición y los vectores filas se obtienen por transposición y se denotan por una "prima" (p.ej. x'). Las matrices diagonales se denotan $\langle \cdot \rangle$ (p.ej. $\langle x \rangle$ o $\langle Ab \rangle$ si $x = Ab$). Los sumatorios múltiples como $\sum_{r=1}^n \sum_{s=1}^n y^{rs}$ están abreviados de la siguiente forma $\sum_{r,s} y^{rs}$.

2.3. Extensiones de emisiones de GEI

Las extensiones de emisiones de GEI muestran las cantidades de GEI emitidas de manera directa por los sectores de la economía y los consumidores finales. Si bien las extensiones de emisiones GEI están relacionadas con los inventarios de emisiones, se rigen por principios de contabilidad diferentes. Esto es particularmente relevante en este caso, ya que las emisiones de Euskadi se recopilan sólo en forma de inventario.

Como describe Usubiaga & Acosta-Fernández (2015), los inventarios de emisiones siguen el principio territorial. De esta forma, representan las emisiones que ocurren dentro de un territorio. Al contrario, las extensiones de emisiones del marco Input-Output siguen el principio de residencia. Bajo este principio, se pone el foco en el país de residencia del agente económico (ya sea una empresa o un hogar). En la práctica, la diferencia entre ambos se refleja en cómo se tratan varios elementos del transporte. Por ejemplo, los inventarios de emisiones no consideran el transporte internacional marítimo y aéreo porque el combustible proviene de búnkeres internacionales. Las extensiones de emisiones, por otro lado, computan qué porcentaje de ese transporte es responsabilidad de los agentes económicos de cada país. En el transporte terrestre, los inventarios recogen las emisiones del combustible vendido en el país, independientemente de la nacionalidad del usuario. En las extensiones, se aplican factores de corrección en función de la nacionalidad del usuario. Por ejemplo, Luxemburgo es un país que vende un volumen de carburantes mayor que el que usan sus residentes, pues una parte de esos carburantes son repostados por vehículos de paso (p.ej., residentes en países limítrofes o camiones que se dirigen a otros países europeos).

2.4. Modelo input-output de demanda

El modelo input-output de demanda permite asociar una serie de impactos aguas arriba (como por ejemplo las emisiones producidas por un proceso productivo) con la demanda final de un agente concreto (como son los hogares) de un producto concreto (p.ej. transporte por carretera). Se trata de utilizar información de las dependencias entre industrias contenidas en las tablas input-output para ofrecer estimaciones de los impactos en todas las industrias directa o indirectamente relacionadas con la demanda que se quiera analizar. Según este modelo, la producción es igual a la suma de la demanda intermedia de bienes y servicios por parte de las distintas ramas de actividad, y la demanda final de los usuarios finales. Podemos distinguir estos elementos en la tabla MRIO: el bloque de transacciones intermedias representado por la matriz Z de dimensión $nm \times nm$, el bloque de demandas finales representado por la matriz Y ($nm \times n$), el vector de producción total x ($nm \times 1$), y el vector de emisiones e ($nm \times 1$). Estos componentes se pueden representar como,

$$Z = \begin{bmatrix} Z^{11} & \dots & Z^{1s} & \dots & Z^{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ Z^{r1} & \dots & Z^{rs} & \dots & Z^{rn} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ Z^{n1} & \dots & Z^{ns} & \dots & Z^{nn} \end{bmatrix}, Y = \begin{bmatrix} y^{11} & \dots & y^{1s} & \dots & y^{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ y^{r1} & \dots & y^{rs} & \dots & y^{rn} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ y^{n1} & \dots & y^{ns} & \dots & y^{nn} \end{bmatrix}, x = \begin{pmatrix} x^1 \\ \vdots \\ x^r \\ \vdots \\ x^n \end{pmatrix}, e = \begin{pmatrix} e^1 \\ \vdots \\ e^r \\ \vdots \\ e^n \end{pmatrix}$$

La relación entre x , Z and Y está definida por la ecuación contable $x = Z\mathbf{u}_{(nm)} + Y\mathbf{u}_{(n)}$, donde $\mathbf{u}_{(nm)}$ y $\mathbf{u}_{(n)}$ son vectores de unos de dimensiones nm y n respectivamente. La matriz de coeficientes técnicos se define como $A = Z(x)^{-1}$, que en forma particionada se presenta como,

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} \mathbf{A}^{11} & \dots & \mathbf{A}^{1s} & \dots & \mathbf{A}^{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \mathbf{A}^{r1} & \dots & \mathbf{A}^{rs} & \dots & \mathbf{A}^{rn} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \mathbf{A}^{n1} & \dots & \mathbf{A}^{ns} & \dots & \mathbf{A}^{nn} \end{bmatrix}$$

donde el elemento a_{ij}^{rs} de \mathbf{A}^{rs} representa los bienes intermedios producidos por la industria i en la región r que son requeridos por la industria j en la región s para producir una unidad de su producción.

Por tanto, la matriz de transacciones intermedias se puede expresar como $\mathbf{Z} = \mathbf{A}(\mathbf{x})$ y la ecuación contable ahora se puede escribir como la ecuación estándar del modelo input-output: $\mathbf{x} = \mathbf{Ax} + \mathbf{Yu}_{(n)}$. Para una demanda final arbitraria \mathbf{Y} , la solución del modelo está dada por $\mathbf{x} = \mathbf{LYu}_{(n)}$, donde \mathbf{L} es la matriz inversa de Leontief:

$$\mathbf{L} \equiv (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} = \begin{bmatrix} \mathbf{L}^{11} & \dots & \mathbf{L}^{1s} & \dots & \mathbf{L}^{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \mathbf{L}^{r1} & \dots & \mathbf{L}^{rs} & \dots & \mathbf{L}^{rn} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \mathbf{L}^{n1} & \dots & \mathbf{L}^{ns} & \dots & \mathbf{L}^{nn} \end{bmatrix}$$

Los elementos de la matriz \mathbf{L} representan los multiplicadores de producción y el elemento l_{ij}^{rs} representa la producción total (directa e indirecta) de la industria i en la región r que se requiere para satisfacer una unidad de demanda final de los bienes producidos por la industria j en la región s . Con estos elementos se puede calcular la huella de emisiones como se explicará más adelante.

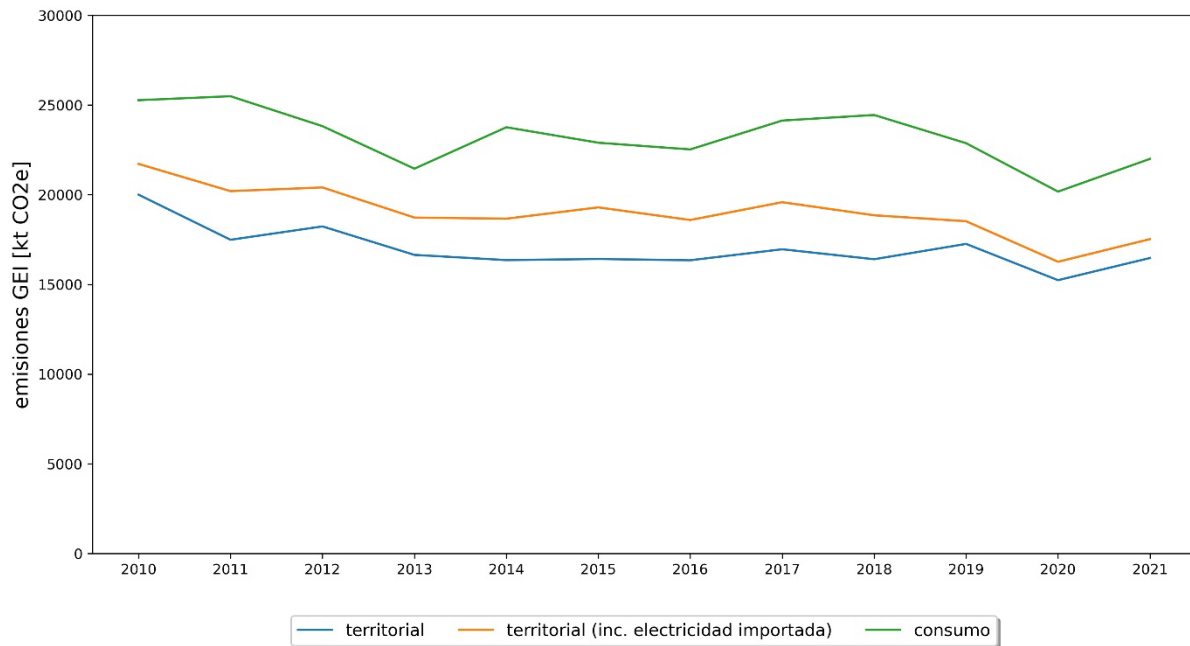
3. Resultados

Como se ha explicado anteriormente, el cálculo de la huella de Euskadi se ha hecho para el periodo 2010 – 2021, siendo los dos años más recientes bastante anómalos en términos de consumo (y por tanto de emisiones) por el confinamiento y restricciones impuestas para paliar la pandemia de COVID-19. Por esta razón, nos fijamos en los resultados del año 2019 como último año representativo a la hora de evaluar la situación actual y las tendencias que se observan.

Dicho esto, con los datos obtenidos en este ejercicio se puede hacer una primera comparación entre las emisiones totales de Euskadi desde el enfoque territorial (esto es, las que refleja las emisiones GEI que ocurren en Euskadi según los inventarios de emisiones (Ihobe, 2021)). Esta comparación es la que muestra la Figura 10, donde se aprecia que la huella del consumo (incluyendo consumo de los hogares, consumo de las Administraciones públicas e inversiones) es superior a las emisiones territoriales durante todo el periodo. Es decir, las emisiones asociadas a la demanda final vasca son mayores que las emisiones generadas en Euskadi. Esta diferencia hace que Euskadi sea una región importadora neta de emisiones. Más concretamente, las emisiones del consumo vasco son entre un 27% (2010) y un 49% (2018) mayores que las emisiones territoriales, según el año que se mire durante este periodo.

En 2019, las emisiones del consumo eran un 33% mayores que las de las territoriales. Esto muestra la magnitud de la dependencia de la economía vasca del exterior. Si se incluyen las emisiones asociadas a la importación de electricidad, la huella de Euskadi es un 15-30% más alta dependiendo del año. En este contexto, hay que interpretar las cifras ofrecidas con cautela porque los inventarios estiman las emisiones del transporte marítimo en base a las ventas de combustible en puertos. En cuanto a las emisiones de transporte terrestre, se calculan también por ventas de combustible, no considerando el “efecto frontera”, es decir, el combustible vendido en Euskadi a vehículos que posteriormente lo consumirán fuera de Euskadi y viceversa. Considerando la diferencia de precios entre Euskadi y Francia, se estima que las emisiones reales del transporte dentro de Euskadi serán menores que las reflejadas en el inventario. La huella de carbono, por su parte, no adolece de estos problemas.

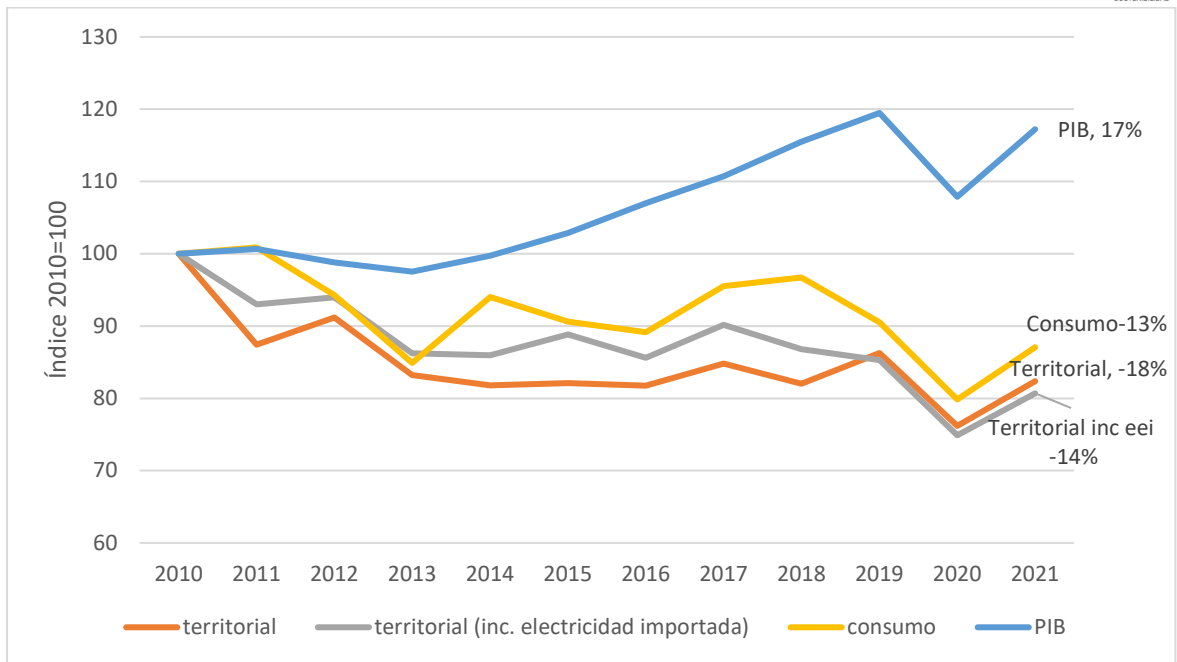
Figura 5: Emisiones del consumo y territoriales



En cuanto a la evolución de las emisiones, se aprecia una reducción desde 2010 a 2019 en ambas series, siendo mayor en las emisiones territoriales (-14%) que las asociadas al consumo (-10%). En los resultados, se ve claramente el efecto del COVID-19, que implicó una reducción de la huella de carbono y de las emisiones territoriales interanuales sin precedentes de un 12% entre 2019 y 2020. En este último caso, la caída de la actividad de la industria llevó a una reducción de sus emisiones directas, así como de las emisiones asociadas a la producción eléctrica. Además, cayeron significativamente las emisiones del transporte aéreo y las del transporte privado.

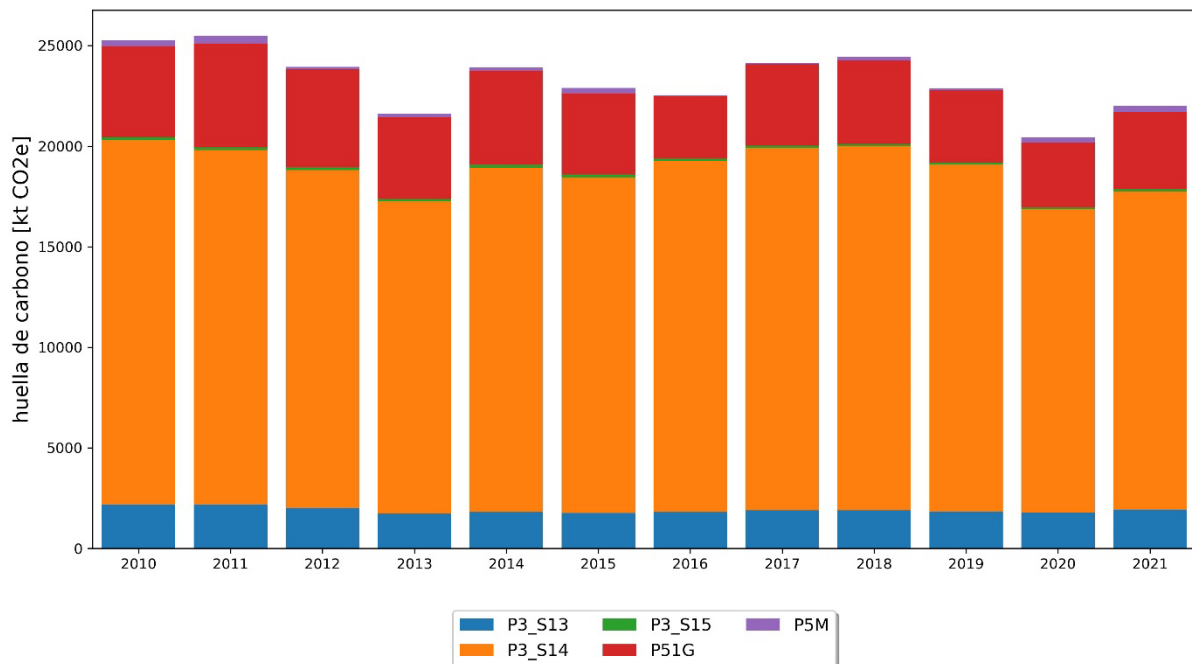
Puesto que uno de los objetivos de la política climática suele ser el desacoplamiento de las emisiones (y otros impactos ambientales) de la actividad económica, comparamos la senda de emisiones tanto del consumo como de la producción vasca con el producto interior bruto (PIB) en la Figura 11. Se observa que, mientras que la actividad económica ha aumentado a lo largo del periodo, las emisiones han disminuido, lo que indica un desacoplamiento absoluto de las emisiones respecto del crecimiento económico, tanto si observamos las asociadas al consumo como a las territoriales. Incluso la caída ocasionada por el COVID-19 fue ligeramente más acusada en términos de emisiones que de PIB. Si bien esta tendencia generalizada de desacoplamiento es positiva, como ya indica el inventario de emisiones de 2022 (Ihobe, 2024), es necesario hacer esfuerzos adicionales en reducir las emisiones territoriales para alcanzar los objetivos de reducción a 2030 y 2050.

Figura 6: Índice de evolución de las emisiones y el PIB (2010=100)



A continuación, se desagregan las emisiones asociadas al consumo vasco, esto es, la huella de Euskadi, entre los distintos componentes de la demanda final (ver Figura 12). El peso relativo de cada uno de los componentes en la huella está directamente relacionado con el peso de los mismos en la demanda final. Esto es, la mayor parte de la huella proviene del gasto de los hogares, de la misma manera que la mayor parte de la demanda final proviene de los mismos. Más concretamente, en 2019, el 75% de las emisiones estaban asociadas al gasto de los hogares. En orden de importancia, tras la huella del gasto de los hogares encontramos la huella asociada a las inversiones, que en 2019 representaron el 16% del total. El consumo de las Administraciones públicas en el mismo año supuso el 8% del total. El peso relativo de los diferentes componentes es bastante estable durante todo el periodo analizado, por lo que los datos de 2019 son representativos de lo ocurrido en el periodo.

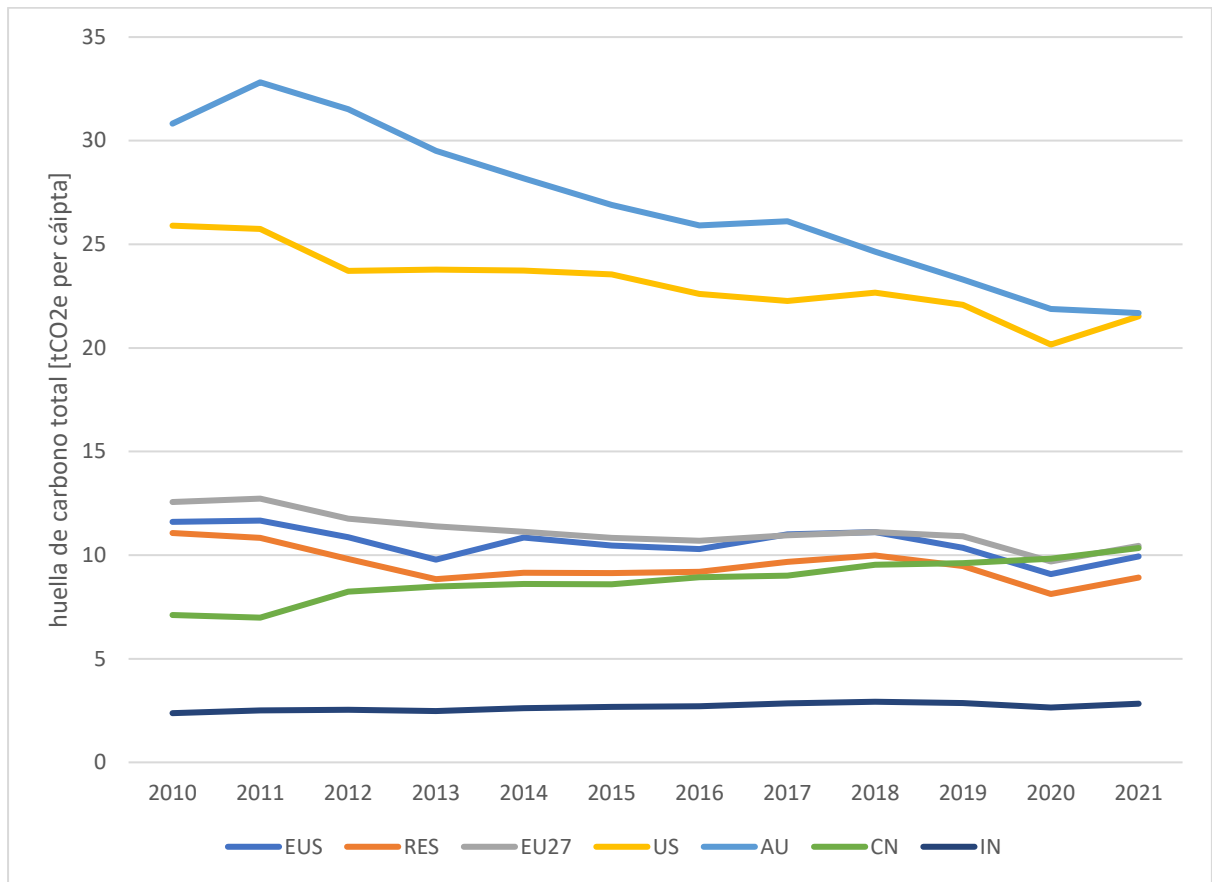
Figura 7: Huella de carbono de Euskadi por componente de la demanda final

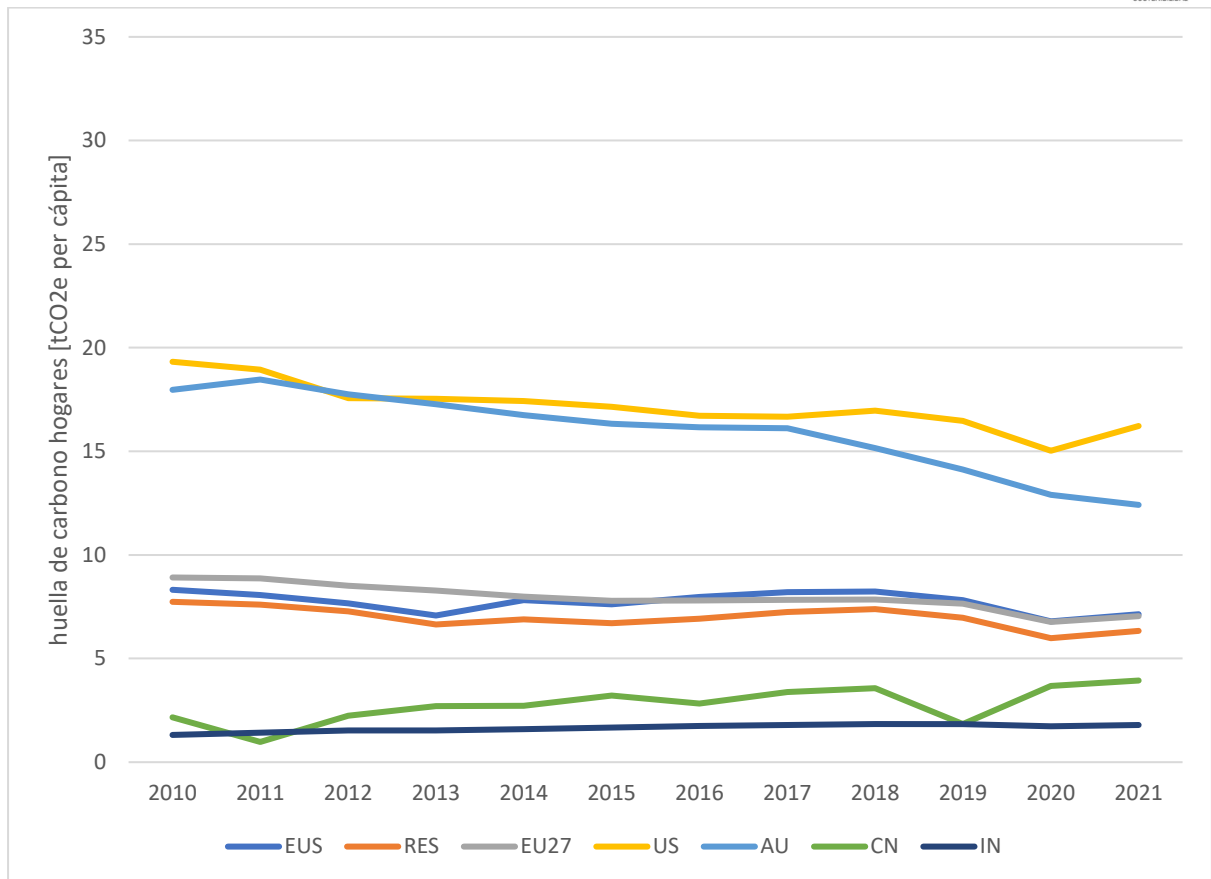


Nota: P3_S13: Administraciones públicas, P3_S14: hogares, P3_S15: instituciones privadas sin fines de lucro, P51G: Formación bruta de capital fijo (inversiones), P5M: Variación de existencias y adquisiciones menos cesiones de objetos valiosos

A continuación, se puede comparar la huella total y la huella de los hogares con la de otros países en términos per cápita. Como se observa en la Figura 13, en 2019 Euskadi se encontraba en una posición intermedia en ambos casos. La huella total de Euskadi se situó en 10,36 toneladas (t) de CO₂eq por habitante, de las cuales 7,81 t CO₂eq correspondían a los hogares. En la huella total, Australia y Estados Unidos tuvieron una huella superior a las 22 t CO₂eq, mientras que la India tuvo una huella per cápita de menos de 3 t CO₂eq. La huella total de Euskadi fue ligeramente inferior a la europea y 1 t CO₂eq mayor que la del resto del Estado. Los valores de todos los países están disponibles en el Anexo 2. El panorama no es muy diferente en las huellas de los hogares. Euskadi también se sitúa en un término intermedio entre países cuyas emisiones alcanzaban más de 14 t CO₂eq (como es el caso de Australia y Estados Unidos) y otros que no llegaban a las 2 t CO₂eq (como la India). En comparación con el resto del Estado, la huella del habitante vasco era casi 1 t CO₂eq mayor en 2019. En cuanto a la evolución, se aprecia cierta convergencia, con una disminución progresiva de la huella de los países con mayores huellas, incluyendo Euskadi y el resto del Estado, y un tímido aumento de los países con menores huellas (incluyendo India o China). Cabe resaltar que, en países como China, si bien la huella de los hogares es relativamente pequeña, tiene una huella muy grande asociada a las inversiones.

Figura 8: Huella de carbono total y de los hogares en términos per cápita

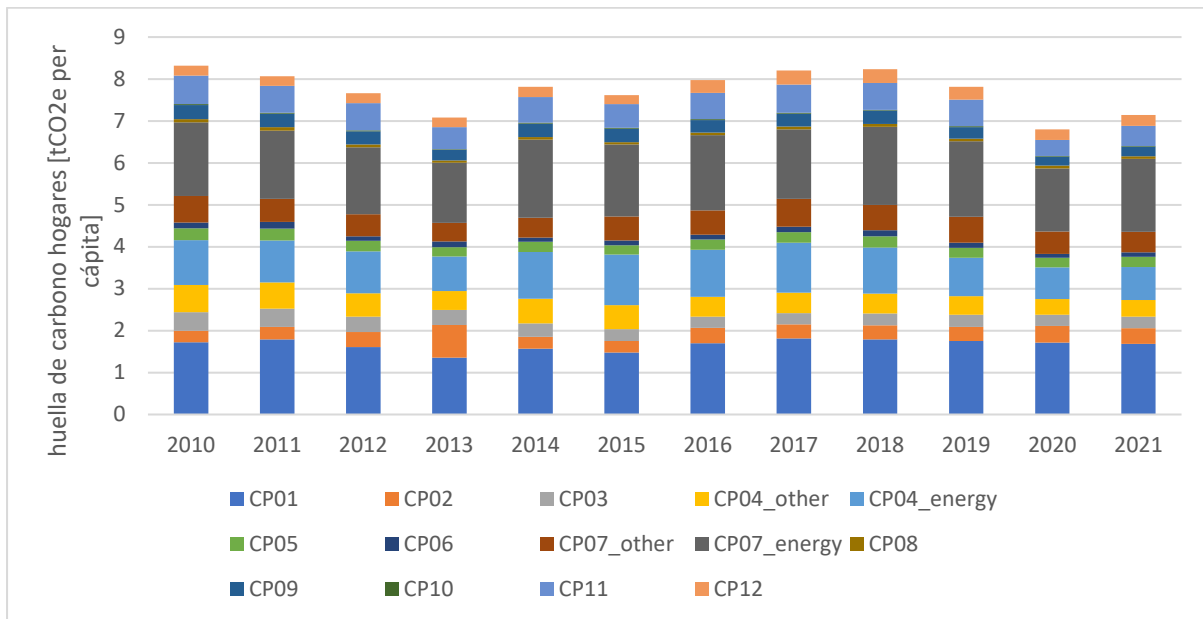




Abreviaturas: EUS: Euskadi, RES: Resto del Estado, EU27: Unión Europea, US: Estados Unidos, AU: Australia; CN: China; IN: India. En el Anexo II se muestran los valores de emisiones por habitante para diferentes países.

Por último, se muestra en la huella de los hogares vascos desagregada por categoría de consumo. En 2019, la parte más importante de esta huella proviene del transporte (31%). De las 2,42 t CO₂eq per cápita que este representa, 1,80 se deben al uso de carburantes asociado a uso del vehículo privado por los hogares (que incluye, no solo el uso de carburantes, sino también el mantenimiento y reparaciones y la compra de piezas de repuesto). El resto se debe a la compra de vehículo privado y a otros modos de transporte. Al transporte le siguen, en este orden, la alimentación y bebida (CP01+CP02, 2,09 t CO₂eq, 27%), la vivienda (CP04_otros+CP04_energía, 1,36 t CO₂eq, 18%), y la restauración y hoteles (0,64 t CO₂eq, 8%). La vivienda no solo incluye electricidad, gas y otros combustibles líquidos y sólidos no utilizados para el transporte (que representan el 12% de la huella), sino también el mantenimiento, alquiler y compra de la vivienda, así que como el consumo de agua (6% de la huella). Las cuatro categorías descritas arriba ya representan el 83% de la huella total. Después, con un 4% cada uno, están los servicios varios (que incluyen el cuidado personal, servicios financieros, profesionales, y personales), vestido y calzado, y ocio y cultura. Con un 3% están las categorías de mobiliario y electrodomésticos, con un 2% salud, y con 1% comunicaciones. Enseñanza, con menos de un 1% representa una parte marginal de la huella total.

Figura 9: Huella de los hogares por categoría de consumo



Nota: CP01: Alimentos y bebidas no alcohólicas; CP02: Bebidas alcohólicas, tabaco y narcóticos; CP03: Vestido y calzado; CP04_energía: Electricidad, gas y otros combustibles en la vivienda; CP04_otros: Alquiler, mantenimiento y agua en la vivienda; CP05: Mobiliario y equipamiento del hogar; CP06: Salud; CP07_energía: Uso de vehículos personales; CP07_otros: Adquisición de vehículos y servicios de transporte; CP08: Comunicaciones; CP09: Ocio y cultura; CP10: Enseñanza; CP11: Hoteles y restaurantes; CP12: Otros bienes y servicios

4. Interpretación de los resultados y limitaciones

4.1. Interpretación de resultados

El presente estudio está motivado por la necesidad de completar el diagnóstico sobre el impacto de la economía vasca en el cambio climático desde la perspectiva del consumo. En un mundo tan globalizado como el actual, las emisiones territoriales recogidas en los inventarios no reflejan el impacto de las decisiones de consumo de la ciudadanía vasca. Los resultados muestran la importancia de considerar esta perspectiva al señalar que la huella del consumo vasco (en el periodo estudiado) es un tercio mayor que las emisiones territoriales.

Este diagnóstico ampliado permite contemplar medidas de acción climática a nivel regional que complementen las dirigidas a descarbonizar los procesos productivos, tales como la Estrategia de Cambio Climático Klima 2050, la Estrategia Energética de Euskadi 2030, el Plan de Transición Energética y Cambio Climático 2021 – 2024 o, las derivadas de la Ley 1/2024, de 8 de febrero, de Transición Energética y Cambio Climático, la Hoja de Ruta a Largo Plazo, y la Estrategia de Transición Energética de Cambio Climático a 2030. Estos instrumentos de planificación tienen como objetivo reducir las emisiones territoriales de Euskadi, por lo que incluyen medidas que se podrían traducir en una menor huella por el consumo en bienes de producción local, como pueden ser la electricidad, parte de la alimentación, la construcción o la restauración. Además, en la medida en que abordan el cambio modal (hacia modos de movilidad activa y transporte público), la eficiencia energética de las viviendas y la electrificación del transporte y la calefacción, podrían también disminuir la huella directa de los hogares por el uso de combustibles.

No obstante, los resultados hay que interpretarlos teniendo en cuenta la elevada integración de la economía vasca en las cadenas globales de suministro y, por tanto, las limitaciones de las políticas a nivel regional para disminuir un impacto que se produce en gran parte fuera de Euskadi. Para la reducción de la huella vasca serán claves las decisiones que tomen los productores de otras regiones con las que Euskadi mantiene estrechos vínculos comerciales. Entre ellas, se podría esperar la progresiva descarbonización del resto del Estado y el resto de la Unión Europea, que hasta el momento presente tienen ambiciosas agendas climáticas. Sin embargo, una parte de la huella vasca la forman emisiones de otros países con diferentes niveles de compromiso con la descarbonización.

De ahí la importancia de plantear el potencial de reducción de la huella vasca de medidas que aborden los hábitos de consumo de los y las consumidoras vascas, así como del papel que desempeñan las Administraciones públicas. Preguntas como qué consumir y cuánto para reducir la huella individual o institucional (en el caso de las Administraciones públicas) siguen siendo comunes, y este informe da algunas respuestas:

- El transporte es la categoría de consumo más relevante en términos de huella de carbono de la ciudadanía vasca. Medidas diseñadas a reducir el uso del vehículo privado o hacer un uso más racional del avión conllevarían una reducción importante de la huella de carbono. En el primer caso, cabe señalar que la iniciativa del sector público puede ser de ayuda o, por el contrario, contraproducente. Por ejemplo, Mishra et al. (2024) advierte que el desarrollo urbanístico descontrolado, así como la construcción de carreteras y aparcamientos ejercen un efecto llamada que aumentan el uso y la compra de vehículos. Por el contrario, la inversión en sistemas de transporte colectivo (tanto por carretera como por ferrocarril) que redunden en una alta calidad, una elevada frecuencia y una adecuada

conectividad con centros de trabajo, generan un trasvase de pasajeros del vehículo privado al colectivo. Igualmente, un diseño urbanístico que apueste por la compacidad de los núcleos de población, reduce la distancia de los desplazamientos, y con ello, facilita el cambio modal hacia modos activos y de bajo impacto. En el segundo punto, cabe destacar que el uso del avión es muy desigual entre la población y se concentra principalmente en las rentas más altas.

- Una manera de reducir la huella de los bienes de consumo es promover el consumo de productos con menor transporte, esto es, producidos en cadenas de suministro más cercanas y cortas. En esta dirección van las campañas a favor de los productos de cercanía, que normalmente se realizan para alimentos, pero que podría extenderse a otros bienes de consumo para así reducir la huella asociada al transporte de mercancías por carretera.
- La alimentación es otra parte importante de la huella, y en este aspecto, medidas como la lucha contra el desperdicio alimentario, o incluso la promoción de una dieta saludable (que tiende a ser menos intensiva en carbono), podrían redundar positivamente en la huella.
- La vivienda, otra de las categorías que más contribuyen a la huella vasca, está relacionada con el impacto de los sectores de la construcción, de la electricidad y el gas. En este sentido, las políticas que fomenten la eficiencia energética de los edificios, así como un mayor uso y aprovechamiento del parque ya construido y eviten la construcción de viviendas nuevas, podrían tener beneficios ambientales, no solo por la conservación de suelos naturales, sino por la reducción de la huella vasca.
- Asimismo, el aumento de la cuota de renovables en la generación eléctrica, así como la sustitución del gas por fuentes renovables para la calefacción y el agua caliente sanitaria son medidas con un alto potencial de reducción de la huella de los hogares vascos asociada a la vivienda.
- Se identifica también la restauración y los hoteles como una fuente importante en la huella vasca de los hogares. La descarbonización de esta actividad, y de otros servicios cuyas emisiones directas suelen pasar desapercibidas, podría redundar en una disminución significativa de la huella vasca.

Algunas de las medidas propuestas podrían tener beneficios económicos y ambientales adicionales a la reducción de las emisiones del consumo. Por ejemplo, la promoción de las cadenas de suministro de cercanía puede redundar en la creación de empleos verdes locales, ahondando en la actual tendencia de desacoplamiento. Lo mismo ocurre con medidas que fomenten la reparación y reutilización de los bienes de consumo, que al evitar la producción de bienes nuevos evitan las emisiones asociadas también a su transporte, y que suponen nichos de empleo local verde en el sector del alquiler, la venta de bienes de segunda mano, el mantenimiento y la reparación. Estas medidas además están plenamente alineadas con la economía circular.

Por último, es preciso señalar la importancia de seguir reduciendo la huella de carbono vasca desde el punto de vista de la justicia climática. Un reparto equitativo entre todos los habitantes del planeta del presupuesto de carbono remanente para cumplir los compromisos climáticos implica una fuerte y rápida reducción de las huellas de los consumidores del Norte Global (entre los que se encuentran los habitantes de Euskadi), que son, como se ha mostrado en este informe, desproporcionadamente grandes en comparación con los países empobrecidos. Si fuera posible asegurar que no se excederá dicho presupuesto de carbono, la acumulación por parte de algunos de emisiones de carbono impediría a otros la posibilidad de generar las emisiones necesarias para alcanzar los estándares de vida digna. Por esta razón, y puesto que en Euskadi nos encontramos desde hace años acaparando más de lo que correspondería con un reparto equitativo, cabe apelar al sentido de justicia para acelerar en el descenso de la huella de carbono de Euskadi.

4.2. Limitaciones

El método empleado calcula la huella española a través de la base de datos MRIO FIGARO y la regionaliza a partir de la EPF. A la hora de calcular la huella española, las limitaciones principales se refieren a la asunción de precios homogéneos (es decir, que las industrias y consumidores finales pagan el mismo precio por el mismo bien) y al nivel de detalle representado en FIGARO. La asunción de precios homogéneos es inherente al análisis IO. En cuanto al nivel de resolución de FIGARO, la literatura muestra que el cálculo de la huella de carbono es más robusto cuando se añade detalle a los productos que tienen perfiles de emisiones muy diferentes (p.ej. agricultura, industria manufacturera, producción de electricidad, etc.). Aunque existen bases de datos MRIO con más detalle, éstas no son consistentes con las estadísticas oficiales, algo que sí cumple FIGARO. Ahora mismo, sólo FIGARO-E3 (Cazcarro et al., in review) cumple con ambos requisitos, pero la base de datos sólo está disponible para el año 2015.

En relación a la regionalización, el uso de las EPFs también arrastra ciertas limitaciones. Primero, la asunción de precios homogéneos también se aplica al gasto de los hogares de las diferentes comunidades autónomas, a pesar de que en realidad el coste de la vida difiere entre ellas (Costa et al., 2019). Así mismo, dado que el punto de partida es la huella española, los resultados no incorporan la diferencia entre la intensidad de emisiones de la producción española y la vasca. Esto requeriría integrar la información de las tablas Input-Output de las diferentes comunidades autónomas y de sus inventarios de emisiones en FIGARO para representar Euskadi y el resto de comunidades autónomas como regiones independientes. Sin embargo, la suma de los datos regionales no es consistente con las tablas españolas, lo que llevaría a diversas inconsistencias, suponiendo que todos los datos regionales estuviesen disponibles (que no es el caso). Además, las tablas regionales existentes para el periodo 2010-2021 se han recopilado en base a diferentes revisiones del Sistema de Cuentas Económicas, y por lo tanto no todas las tablas son comparables en todo el periodo temporal.

Por último, cabe resaltar que los componentes de la demanda final vasca han sido estimados de forma diferente. Así, la demanda final de los hogares vascos (en precios de adquisición) proviene de la EPF reescalada a los totales de las comunidades autónomas proporcionados por el INE. Al convertir esta demanda final a precios básicos se aprecian diferencias relevantes con la demanda final de las tablas IO de Eustat. Si bien existen diferentes razones técnicas para que esto sea así, hemos considerado más importante asegurar que los datos de la demanda final de los hogares utilizados para el cálculo de la huella de Euskadi sean consistentes con los de las comunidades autónomas y los nacionales. Por eso no se han utilizado los datos de Eustat, que además tienen el inconveniente de no ser comparables en todo el periodo de análisis. En cuanto a la demanda final de las inversiones (que es la segunda categoría con mayor huella de la demanda final), esta también se ha estimado con datos autonómicos del INE. El gasto del gobierno (que no está disponible en el INE a nivel autonómico) se ha cogido directamente de Eustat, ya que este está auditado.

5. Conclusiones y trabajo futuro

Se ha combinado la base de datos MRIO FIGARO y la EPF para hacer el cálculo de la huella de carbono de Euskadi. FIGARO y la EPF son productos estadísticos oficiales de Eurostat y el INE, por lo que son a día de hoy las fuentes más fiables que se pueden utilizar para calcular la huella de carbono a nivel regional. Con la metodología actual, los cálculos de la huella de carbono se podrían actualizar anualmente con recursos limitados.

Más allá de los desarrollos metodológicos presentados en este informe, los resultados del cálculo de la huella de carbono representan una información útil de cara a desplegar medidas de concienciación ciudadana sobre el impacto de los hábitos de consumo, y políticas públicas que faciliten la reducción de la huella de la ciudadanía vasca. La información rigurosa sobre los impactos “invisibles” de las decisiones cotidianas de las y los consumidores vascos, como la que se ofrece en este informe, puede ser útil para concienciar a la ciudadanía sobre los impactos globales de sus decisiones cotidianas de consumo y servir de palanca para cambiar esos hábitos de consumo. Esto puede llegar a jugar un papel importante en la descarbonización de la economía ya que es, en última instancia, la demanda de bienes y servicios la que pone en marcha toda la maquinaria productiva con sus impactos ambientales asociados.

Existen también otros aspectos más experimentales que se pueden abordar para extender el alcance de este ejercicio. Por una parte, se podría combinar la información contenida en la EPF con la de otras bases de datos para proporcionar información a una escala geográfica más detallada (provincia, municipio o incluso sección censal) y para ir más allá del consumidor medio que se ha representado en este informe. Esto último permitiría hacer distinciones entre las huellas de carbono de diferentes hogares atendiendo a su nivel de renta (p.ej. por deciles), el género, el tamaño y la estructura del hogar, el tipo de asentamiento (rural o urbano) y otros factores relevantes. En estos casos, también existe información en la EPF que permitiría distinguir entre la huella directa e indirecta, es decir, calcular las emisiones de los diferentes hogares en función del uso de combustibles fósiles para calefacción y transporte privado. Así mismo, se podrían realizar un análisis econométrico que permita identificar los determinantes más relevantes de la huella de los hogares vascos.

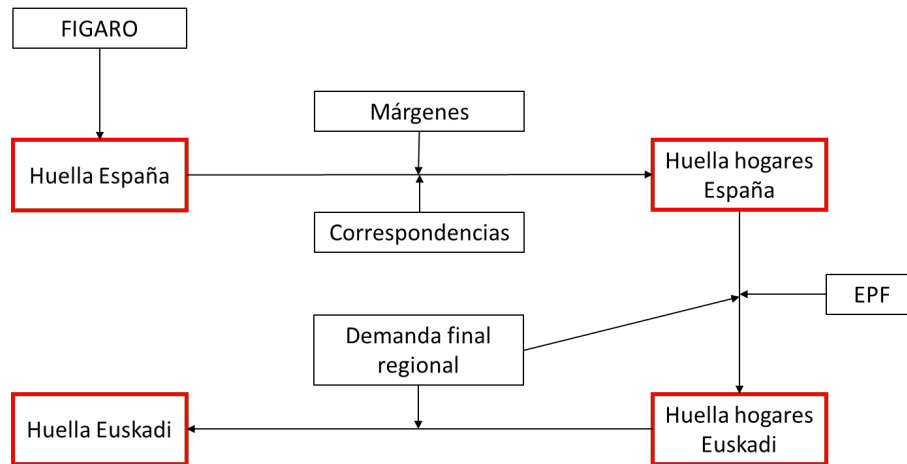
6. Metodología

La base de datos FIGARO contiene tablas MRIO de 45 países más una región denominada resto del mundo (Eurostat, 2023). Estas están dadas a una resolución de 64 grupos de productos (denominados productos de ahora en adelante), y cinco categorías de demanda final. Estos se muestran en la Tabla 1, Tabla 2 y Tabla 3 en el Anexo 1. Así mismo, FIGARO tiene extensiones ambientales que representan las emisiones GEI por sector y las emisiones directas de los hogares. Las cuentas ambientales incluyen seis tipos de GEI: CO₂, CH₄, N₂O, HFCs, PFCs y NF₃-SF₆, que están dados en miles de toneladas de CO₂ equivalente (kt CO₂eq). Para ello se han usado los factores de potencial de calentamiento global (GWP100) del cuarto informe del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, 2007).

El cálculo de la huella de carbono de Euskadi se ha realizado en varios pasos como se describe en la Figura 15. Primero se calcula la huella de carbono española por categoría de demanda final, la cual incluye hogares, Administraciones públicas, instituciones sin fines de lucro, formación de capital y variaciones de stocks de capital. Tras este paso, se transforma la huella de los hogares

españoles dada por categoría de producto CPA a categoría de consumo COICOP. Después la huella de los hogares española se desagrega por comunidad autónoma usando la EPF, si bien aquí sólo se reportan los resultados para Euskadi. Finalmente se calcula la huella de carbono del resto de componentes de la demanda final vasca más allá de los hogares.

Figura 10: Proceso de cálculo de huella de carbono



6.1. Cálculo de la huella de carbono española

Primero se ha calculado la huella de carbono de España empleando la siguiente ecuación,

$$hc_{ID}^{ESP} = sLY^{ESP}$$

$$hc^{ESP} = hc_{ID}^{ESP} + e_Y^{ESP}$$

donde hc_{ID}^{ESP} es el vector fila de la huella de carbono indirecta de España por categoría de demanda final, s es el vector fila de coeficientes de emisiones obtenido como ratio del vector fila de emisiones por producto (e_Z^{-1}) y su producción (x^{-1}), esto es: $s = e(x)^{-1}$, L la inversa de Leontief y Y^{ESP} la matriz de demanda final española por producto y categoría de demanda final. La demanda final de los hogares españoles, que es un elemento de la demanda final, se ha corregido para excluir la demanda de los turistas en el interior e incluir la demanda de los hogares españoles en el exterior.

En el caso de los hogares, para el cálculo de la huella de carbono hc^{ESP} es necesario sumar las emisiones de carbono directas asociadas al uso de combustibles para el transporte o calefacción. Así, el vector e_Y^{ESP} representa las emisiones directas de las categorías de consumo final. Como muestra la ecuación, la huella de carbono representa todas las emisiones directas e indirectas que ocurren en la cadena de valor de un producto desde que se extraen los materiales primarios hasta que es utilizado. Esta huella se puede calcular por tipo de producto o por categoría de consumo.

6.2. Cálculo de la huella de carbono española por categoría de consumo

Como ya se ha comentado anteriormente, para el cálculo de la huella de carbono de Euskadi se va a combinar los datos de la tabla MRIO con los microdatos de la EPF. Sin embargo, para enlazar ambas fuentes estadísticas es necesario realizar dos ajustes. Esto se debe a que estas estadísticas utilizan diferentes métodos de valoración y clasificaciones.

En primer lugar, los gastos por categoría de consumo reportados por la EPF están expresados a precios de adquisición y por tanto incluyen márgenes del transporte y distribución e impuestos netos a los productos. Por el contrario, los datos de consumo de los hogares de la tabla MRIO están expresados a precios básicos (no incluyen márgenes e impuestos). De cara a alinear las emisiones por producto calculadas con el modelo MRIO con los datos de la EPF es necesario distribuir las emisiones asociadas a transporte y distribución entre los diferentes productos (por ejemplo, las emisiones asociadas a la energía consumida por los supermercados se asignan a los productos vendidos en esos supermercados).

Para pasar de precios básicos y precios de adquisición, se calculan las emisiones asociadas a los márgenes recibidos por los sectores intermediarios y las asociadas a los márgenes pagados por el resto de sectores. Para ello utilizamos información del INE sobre los márgenes pagados y recibidos a nivel de producto. Los elementos de los vectores de la huella de carbono asociada a los márgenes recibidos y pagados son los siguientes:

$$\mathbf{hc}^{\text{MR}} = \mathbf{hc}_{\text{HH,ID}}^{\text{ESP}} \odot \mathbf{pct}^{\text{MR}}$$

$$\mathbf{hc}^{\text{MP}} = \sum \mathbf{hc}^{\text{MR}} * \mathbf{dist}^{\text{MP}}$$

Donde \mathbf{hc}^{MR} es la huella correspondiente a los márgenes recibidos, $\mathbf{hc}_{\text{HH,ID}}^{\text{ESP}}$ es el componente indirecto de la huella de los hogares españoles (es decir, sin las emisiones directas de los hogares), que se calcula igual que la primera ecuación, pero diagonalizando el vector $\langle \mathbf{s} \rangle$ y utilizando sólo la demanda final de los hogares. Finalmente, \mathbf{pct}^{MR} representa el porcentaje de márgenes recibidos en cada producto respecto al total a precios básicos. En la segunda ecuación, el vector \mathbf{hc}^{MP} es la huella de carbono asociada a los márgenes pagados y el vector $\mathbf{dist}^{\text{MP}}$ representa la distribución de los márgenes pagados por cada producto respecto del total de márgenes.

A partir de aquí calculamos los elementos del vector de huella de carbono indirecta de los hogares a precios de adquisición por producto (indicado con un asterisco) de la siguiente manera:

$$\mathbf{hc}_{\text{HH,ID}}^{*\text{ESP}} = \mathbf{hc}_{\text{HH,ID}}^{\text{ESP}} + \mathbf{hc}^{\text{MP}} - \mathbf{hc}^{\text{MR}}$$

Así asignamos parte de las emisiones asociadas originalmente a servicios de transporte y distribución a los productos finalmente consumidos por la demanda final (p.ej. las emisiones del transporte de una prenda de vestir desde la fábrica hasta la tienda se restan de servicios de transporte y se suman a prendas de vestir). Tras esta corrección tenemos la huella de los hogares por cada producto a precios de adquisición.

El segundo ajuste consiste en transformar las emisiones reportadas a nivel de 64 productos por el modelo MRIO (clasificación CPA) en emisiones por categoría de consumo en la clasificación COICOP, que es la utilizada por la EPF. Para ello se utiliza una matriz proporcionada por el INE que establece la correspondencia entre los 64 tipos de productos CPA y las 14 categorías COICOP. De esta forma es posible calcular los elementos del vector de huella de carbono de los hogares españoles por categoría de consumo COICOP (indicado con el símbolo $\langle \cdot \rangle$) de la siguiente manera:

$$\mathbf{hc}_{\text{HH,ID}}^{\text{ESP}} = \sum \langle \mathbf{hc}_{\text{HH,ID}}^{*\text{ESP}} \rangle \mathbf{DIST}_{\text{CPA-COICOP}}$$

Donde **DIST_{CPA-COICOP}** es una matriz de paso que indica el porcentaje de cada producto que se destina a cada categoría COICOP (por ejemplo, porcentaje de productos de la industria química que se destina diferentes categorías de consumo: mantenimiento del hogar, medicinas, etc.). El resultado final es la huella de los hogares (excluyendo las emisiones directas) desagregada por categorías de consumo.

Las emisiones directas de los hogares también hay que asignarlas a categorías de consumo COICOP. Para ello, se han asignado las emisiones de CO₂ del sector residencial obtenidas de los inventarios de emisiones españoles (Eurostat, 2024) a la categoría de consumo del uso de energía residencial. La diferencia entre las emisiones directas de los hogares de FIGARO y el ítem residencial se ha asignado a la categoría de consumo de transporte privado.

6.3. Cálculo de la huella de carbono de los hogares vascos

Para regionalizar la huella de carbono de los hogares nacionales se ha utilizado la EPF española (INE, 2021). Esta contiene información detallada de los hogares españoles por categoría de consumo y características geográficas, socioeconómicas y demográficas. Para este ejercicio se ha utilizado la información de gasto por comunidad autónoma de la EPF.

Para regionalizar la huella, los datos de los 20.000-24.000 hogares representados en la EPF han sido escalados con los factores de representatividad de la encuesta y con los totales de población regional (INE, 2023). Así mismo, se ha asegurado la consistencia con la estructura de consumo de la encuesta original y con los totales de gasto de los residentes de las comunidades autónomas (INE, 2024b). Una vez consolidada la información de la EPF, la huella de los hogares de Euskadi se ha estimado a través de la siguiente ecuación:

$$hc_{HH}^{EUS} = \langle hc_{HH}^{EUS} \rangle pct^{EUS}$$

Donde hc_{HH}^{EUS} representa la huella de carbono de los hogares vascos por categoría de consumo y pct^{EUS} representa el porcentaje de gasto de los hogares españoles que es realizado por hogares vascos por categoría de consumo.

6.4. Cálculo de la huella de carbono de los elementos de la demanda final vasca restantes

FIGARO representa cinco categorías de demanda final: hogares, Administraciones públicas, instituciones sin fines de lucro, formación de capital y variaciones de stocks de capital. Cada una tiene una huella de carbono y juntas representan la huella de carbono de un país. El cálculo de la huella de cada uno de estos elementos se realiza como en la primera ecuación en la que en vez de utilizar la matriz de demanda final, se usan los vectores de cada uno de los componentes de la demanda final vasca (excepto el de hogares, dado que esa huella ha sido estimada como se describe en la sección anterior).

Para la demanda del gobierno se han utilizado datos de la tabla de destino de Eustat (Eustat, 2021), ya que las cuentas del gobierno están auditadas y son consistentes con los totales nacionales. Para calcular el componente de la inversión en capital, se ha estimado el porcentaje correspondiente a Euskadi de INE (2024) y multiplicado por la estructura de la inversión en capital de España en las tablas MRIO de FIGARO. Para los cambios de stock se ha calculado el porcentaje de la inversión en

capital en Euskadi sobre la inversión española y se ha multiplicado por la estructura de cambios de stock española.

Por último, se ha calculado el porcentaje que representan la demanda final de los hogares vascos en Eustat sobre el total español en FIGARO y se ha multiplicado por el vector de demanda final de las instituciones sin fines de lucro de España en FIGARO.

Referencias

- Arto, I. (2003). Requerimientos totales de materiales en el País Vasco. *Economía Industrial*, 351, 115–128.
- Arto, I. (2005). *Huella ecológica de la Comunidad Autónoma del País Vasco* (43; Serie Programa Marco Ambiental). Ihobe.
- Axelsson, K., Gong, J., Dugast, C., Lambe, F., Maquet, P., & Suljada, T. (2024). *Consumption-based emissions: A new frontier for EU climate policy*. Stockholm Environment Institute.
- Cazcarro, I., Usubiaga-Liaño, A., Román, M. V., Piñero, P., Dietzenbacher, E., Rueda-Cantuche, J. M., & Arto, I. (in review). FIGARO-E3: A high resolution extended multi-regional input-output database consistent with official statistics. *Scientific Data*.
- Costa, A., García, J., Raymond, J. L., & Sanchez-Serra, D. (2019). *Subnational purchasing power of parity in OECD countries: Estimates based on the Balassa-Samuelson hypothesis* (OECD Regional Development Working Papers 2019/12). Organisation for Economic Co-operation and Development.
- 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. (2024). *Greenhouse gas emissions by source sector (env_air_gge)*. Eurostat.
- Eustat. (2021). *Tabla destino de la C.A. de Euskadi por producto y componente del valor añadido, origen geográfico y rama y componente de la demanda (miles de euros) (SEC 2010. Base 2015)*. Instituto Vasco de Estadística.
- Ihobe. (2019). *Huella Ecológica de Euskadi 2019*. Ihobe.
- Ihobe. (2021). *Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero del País Vasco 2020*. Ihobe.
- Ihobe. (2024). *Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero del País Vasco 2022*. Ihobe.
- INE. (2021). *Encuesta de presupuestos familiares, 2021 [Household Budget Survey, 2021]*. Instituto Nacional de Estadística.
- 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*.

- [Official population figures from municipal census in January 1st. Population by region, city and municipal size]. Instituto Nacional de Estadística.
- INE. (2024a). *Contabilidad Regional de España. Revisión Estadística 2019. Formación Bruta de Capital Fijo* [Spanish Regional Accounting, 2019 Statistical Revision. Gross Fixed Capital Formation]. Instituto Nacional de Estadística.
- INE. (2024b). *Contabilidad Regional de España. Revisión Estadística 2020. Gasto en Consumo Final de los Hogares. Precios corrientes* [Spanish Regional Accounting, 2020 Statistical Revision. Household Final Consumption Expenditure. Current prices]. Instituto Nacional de Estadística.
- IPCC. (2007). *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Lenzen, M., Moran, D., Kanemoto, K., & Geschke, A. (2013). BUILDING EORA: A GLOBAL MULTI-REGION INPUT-OUTPUT DATABASE AT HIGH COUNTRY AND SECTOR RESOLUTION. *Economic Systems Research*, 25(1), 20–49.
<https://doi.org/10.1080/09535314.2013.769938>
- Mishra, N. B., Pani, A., Mohapatra, S. S., & 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*, 2678(6), 87–122.
<https://doi.org/10.1177/03611981231194346>
- OECD. (2023). *OECD Inter-Country Input-Output Database*. Organisation for Economic Co-operation and Development. <http://oe.cd/icio>
- ONS. (2023). *Measuring UK greenhouse gas emissions*. Office for National Statistics.
- Stadler, K., Wood, R., Bulavskaya, T., Södersten, C.-J., Simas, M., Schmidt, S., Usubiaga, A., Acosta-Fernández, J., Kuenen, J., Bruckner, M., Giljum, S., Lutter, S., Merciai, S., Schmidt, J. H., Theurl, M. C., Plutzar, C., Kastner, T., Eisenmenger, N., Erb, K.-H., ... Tukker, A. (2018). Developing a time series of detailed Environmentally Extended Multi-Regional Input-Output tables. *Journal of Industrial Ecology*, 22(3), 502–515.

- Timmer, M. P., Dietzenbacher, E., Los, B., Stehrer, R., & de Vries, G. J. (2015). An Illustrated User Guide to the World Input–Output Database: The Case of Global Automotive Production. *Review of International Economics*, 23(3), 575–605. <https://doi.org/10.1111/roie.12178>
- Usubiaga, A., & Acosta-Fernández, J. (2015). CARBON EMISSION ACCOUNTING IN MRIO MODELS: THE TERRITORY VS. THE RESIDENCE PRINCIPLE. *Economic Systems Research*, 27(4), 458–477. <https://doi.org/10.1080/09535314.2015.1049126>

Anexo 1: Clasificaciones

Tabla 1: Países representados en FIGARO

Código	Nombre	Código	Nombre	Código	Nombre
ESP	España	FIGW1	Resto del mundo	MX	México
AR	Argentina	FR	Francia	NL	Países Bajos
AT	Austria	GB	Reino Unido	NO	Noruega
AU	Australia	GR	Grecia	PL	Polonia
BE	Bélgica	HR	Croacia	PT	Portugal
BG	Bulgaria	HU	Hungría	RO	Rumania
BR	Brasil	ID	Indonesia	RU	Rusia
CA	Canadá	IE	Irlanda	SA	Arabia Saudí
CH	Suiza	IN	India	SE	Suecia
CN	China	IT	Italia	SI	Eslovenia
CY	Chipre	JP	Japón	SK	Eslovaquia
CZ	Republica Checa	KR	Corea	TR	Turquía
DE	Alemania	LT	Lituania	US	Estados Unidos
DK	Dinamarca	LU	Luxemburgo	ZA	Sudáfrica
EE	Estonia	LV	Letonia		
FI	Finlandia	MT	Malta		

Tabla 2: Sectores representados en FIGARO

Código	Nombre	Código	Nombre
A01	Agricultura, ganadería y caza	H51	Transporte aéreo
A02	Silvicultura y explotación forestal	H52	Almacenamiento y actividades anexas al transporte
A03	Pesca y acuicultura	H53	Actividades postales y de mensajería
B	Industrias extractivas	I	Servicios de alojamiento; servicios de comidas y bebidas
C10T12	Industria de la alimentación, fabricación de bebidas e industria del tabaco	J58	Edición
C13T15	Industria textil, confección de prendas de vestir e industria del cuero y del calzado	J59_60	Actividades de producción cinematográfica, de vídeo y de programas de televisión, grabación de sonido y edición musical; actividades de programación y emisión de radio y televisión
C16	Industria de la madera y del corcho	J61	Telecomunicaciones
C17	Industria del papel	J62_63	Programación, consultoría y otras actividades relacionadas con la informática; servicios de información
C18	Artes gráficas y reproducción	K64	Servicios financieros, excepto seguros y fondos de pensiones
C19	Coquerías y refino de petróleo	K65	Seguros, reaseguros y fondos de pensiones, excepto seguridad social obligatoria
C20	Industria química	K66	Actividades auxiliares a los servicios financieros y a los seguros

C21	Fabricación de productos farmacéuticos básicos y preparados farmacéuticos	L	Actividades inmobiliarias
C22	Fabricación de productos de caucho y plástico	M69_70	Actividades jurídicas y de contabilidad; actividades de las sedes centrales; actividades de consultoría de gestión empresarial
C23	Fabricación de otros productos minerales no metálicos	M71	Servicios técnicos de arquitectura e ingeniería; ensayos y análisis técnicos
C24	Fabricación de productos de hierro, acero y ferroaleaciones	M72	Investigación científica y desarrollo
C25	Fabricación de productos metálicos, excepto maquinaria y equipo	M73	Publicidad y estudios de mercado
C26	Fabricación de productos informáticos, electrónicos y ópticos	M74_75	Otras actividades profesionales, científicas y técnicas; actividades veterinarias
C27	Fabricación de material y equipo eléctrico	N77	Actividades de alquiler
C28	Fabricación de maquinaria y equipo n.c.o.p.	N78	Actividades relacionadas con el empleo
C29	Fabricación de vehículos de motor, remolques y semirremolques	N79	Actividades de agencias de viajes, operadores turísticos, servicios de reservas y actividades relacionadas con los mismos
C30	Fabricación de otro material de transporte	N80T82	Actividades de seguridad e investigación; servicios a edificios y actividades de jardinería; actividades administrativas de oficina y otras actividades auxiliares a las empresas
C31_32	Fabricación de muebles; otras industrias manufactureras	O84	Administración pública y defensa; seguridad social obligatoria
C33	Reparación e instalación de maquinaria y equipo	P85	Educación
D35	Suministro de energía eléctrica, gas, vapor y aire acondicionado	Q86	Actividades sanitarias
E36	Captación, depuración y distribución de agua	Q87_88	Actividades de servicios sociales
E37T39	Recogida y tratamiento de aguas residuales; recogida, tratamiento y eliminación de residuos; servicios de aprovechamiento; actividades de descontaminación y otros servicios de gestión de residuos"	R90T92	Actividades de creación, artísticas y espectáculos; actividades de bibliotecas, archivos, museos y otras actividades culturales; actividades de juegos de azar y apuestas
F	Construcción	R93	Actividades deportivas, recreativas y de entretenimiento
G45	Venta y reparación de vehículos de motor y motocicletas	S94	Actividades asociativas
G46	Comercio al por mayor e intermediarios del comercio, excepto de vehículos de motor y motocicletas	S95	Reparación de ordenadores, efectos personales y artículos de uso doméstico
G47	Comercio al por menor, excepto de vehículos de motor y motocicletas	S96	Otros servicios personales
H49	Transporte terrestre y por tubería	T	Actividades de los hogares como empleadores de personal doméstico o como productores de bienes y servicios para uso propio

H50	Transporte marítimo y por vías navegables interiores	U	Actividades de organizaciones y organismos extraterritoriales
-----	--	---	---

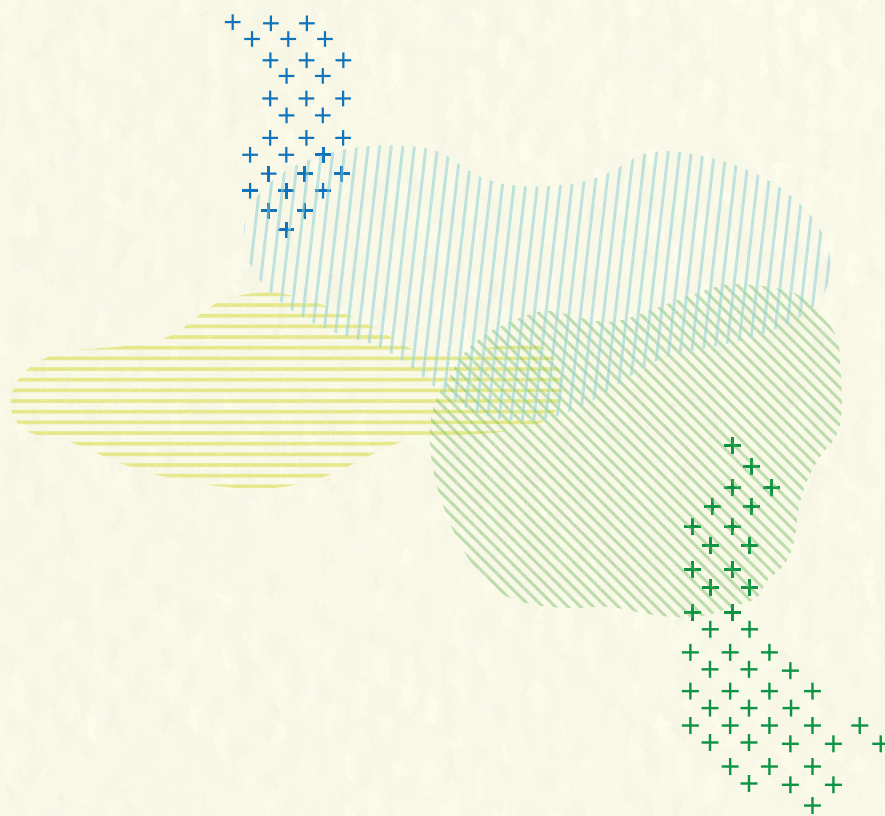
Tabla 3: Categorías de demanda final representados en FIGARO

Código	Nombre	Código	Nombre
P3_S13	Gasto en consumo final de las Administraciones públicas	P51G	Formación bruta de capital fijo
P3_S14	Gasto en consumo final de los hogares	P5M	Variación de existencias y adquisiciones menos cesiones de objetos valiosos
P3_S15	Gasto en consumo final de las instituciones privadas sin fines de lucro		

Anexo 2: Resultados por países

Tabla 4: Huella por países (t CO₂eq per cápita) en 2019

Código	Total	Hogares	Código	Total	Hogares	Código	Total	Hogares
EUS	10,36	7,81	FI	13,39	8,43	MT	8,62	5,31
RES	9,48	6,97	FIGW1	3,19	2,25	MX	6,88	5,32
AR	7,46	5,61	FR	10,47	7,44	NL	12,34	7,88
AT	12,47	7,97	GB	12,34	9,59	NO	9,48	10,08
AU	23,31	14,13	GR	9,90	8,26	PL	10,25	7,70
BE	13,20	8,71	HR	7,92	5,21	PT	7,86	5,72
BG	6,79	4,68	HU	8,01	5,18	RO	7,25	4,99
BR	5,52	4,60	ID	4,24	2,75	RU	12,90	9,02
CA	20,72	14,61	IE	27,64	11,78	SA	19,49	11,12
CH	18,57	11,38	IN	2,86	1,84	SE	9,00	5,29
CN	9,62	1,85	IT	10,11	7,68	SI	11,13	7,34
CY	11,87	8,74	JP	14,66	8,66	SK	8,89	5,95
CZ	11,14	7,69	KR	18,63	10,98	TR	6,87	4,77
DE	13,50	9,43	LT	9,47	7,53	US	22,09	16,48
DK	11,80	7,71	LU	15,06	9,31	ZA	8,44	6,26
EE	12,69	8,78	LV	8,81	6,32	UE27	10,90	7,65



EUSKO JAURLARITZA
GOBIERNO VASCO

INDUSTRIA, TRANTSIZIO
ENERGETIKO ETA
JASANGARRITASUN SAILA

DEPARTAMENTO DE INDUSTRIA,
TRANSICIÓN ENERGÉTICA Y
SOSTENIBILIDAD