

## CARBONÓMETRO: UNA ACTIVIDAD PARA EL CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO MEDIA DE UN GRUPO | CARBON METER: AN ACTIVITY FOR CALCULATING THE AVERAGE CARBON FOOTPRINT OF A GROUP

Recibido: 28/5/2024

Aceptado: 20/12/2024

<https://doi.org/10.46661/rec.12254>

María Victoria Román de Lara

BC3 Basque centre for climate change

[mavi.roman@bc3research.org](mailto:mavi.roman@bc3research.org)

ORCID <https://orcid.org/0000-0003-1442-0287>

Arkaitz Usubiaga-Liaño

BC3 Basque centre for climate change

[arkaitz.usubiaga@bc3research.org](mailto:arkaitz.usubiaga@bc3research.org)

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-2352-5489>

### RESUMEN

Este artículo describe una actividad divulgativa orientada a sensibilizar a un público amplio (a partir de los 10 años) sobre la relación entre las decisiones de consumo individuales y el cambio climático. El diseño de esta actividad parte de la desarrollada por Ecologistas en Acción (2018), y ofrece a los participantes una representación visual y accesible del impacto ambiental de algunos de sus hábitos de consumo, fomentando una reflexión informada sobre el impacto de las decisiones individuales y las opciones más efectivas para reducirlo. El valor añadido de esta propuesta es que permite involucrar a un público más diverso en términos de concienciación ambiental, formación y edad. Su versatilidad facilita su adaptación e implementación en entornos educativos y en eventos de divulgación para adultos, generando una experiencia colectiva más amplia y plural de reflexión crítica sobre nuestros estilos de vida. En este artículo, se detallan la metodología y las fuentes de datos utilizadas para la creación del cuestionario sobre hábitos de consumo en el que se basa la actividad. A continuación, se comparten los recursos docentes elaborados y los aprendizajes derivados del desarrollo de la actividad. Finalmente, se analizan las limitaciones y posibles mejoras para su diseño y su aplicación.

**Palabras clave:** *huella de carbono, calculadora de huella de carbono, cambio climático, divulgación científica, consumo sostenible*



## SUMMARY

This article describes an educational activity aimed at raising awareness among a wide audience (aged 10 and above) about the relationship between individual consumption decisions and climate change. The design of this activity is based on that developed by Ecologistas en Acción (2018) and offers participants a visual and accessible representation of the environmental impact of some of their consumption habits, encouraging informed reflection on the impact of individual decisions and the most effective options for reducing it. The added value of this proposal is that it allows for the involvement of a more diverse audience in terms of environmental awareness, education and age. Its versatility facilitates its adaptation and implementation in educational settings and outreach events for adults, generating a broader and more pluralistic collective experience of critical reflection on our lifestyles. This article details the methodology and data sources used to create the questionnaire on consumption habits on which the activity is based. It then shares the teaching resources developed and the lessons learned from the activity. Finally, it analyses the limitations and possible improvements to its design and application.

**Keywords:** *carbon footprint, carbon footprint calculator, climate change, scientific dissemination, sustainable consumption*

---

## INTRODUCCIÓN

En 2023 la concentración de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera supera las 420 partes por millón (ppm) (WMO 2024), cuando el nivel seguro se ha establecido en 350 ppm (Rockström et al. 2009). El aumento de las concentraciones está directamente relacionado con la interferencia humana en el sistema climático, especialmente a través de la emisión de CO<sub>2</sub> por la quema de combustibles fósiles (Eyring et al. 2021).

Tal y como viene apuntando la literatura académica desde 1957 (Revelle y Suess, 1957) y señala el último Informe del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (Eyring et al. 2021), el aumento de estas concentraciones está directamente relacionado con la interferencia humana en el sistema climático; especialmente, mediante las emisión de CO<sub>2</sub> derivada de la quema de combustibles fósiles.

Las emisiones de GEI han provocado que el cambio climático sea uno de los límites planetarios ya transgredidos (Steffen, Richardson, et al. 2015), y pese a que su reducción es imperante para evitar "impactos abruptos, irreversibles y peligrosos con graves implicaciones para la humanidad" (Armstrong McKay et al. 2022), el recurso a estas fuentes de energía todavía se percibe imprescindible para el normal funcionamiento de las economías actuales, camuflando así la urgencia de revertir la tendencia.

La evidencia cuantitativa muestra una correlación significativa entre el aumento en el uso de combustibles fósiles, el crecimiento económico y el incremento de la temperatura global, procesos que convergen en 'La Gran Aceleración' (Steffen, Broadgate, et al. 2015), un fenómeno sin precedentes iniciado a mediados del siglo XX, durante la llamada "edad dorada del capitalismo".

En aquel momento fue necesario redirigir la actividad económica postbélica hacia los fines civiles que permitirían mantener el modelo de Estado del Bienestar en las sociedades occidentales. Esto exigía incrementar y diversificar el consumo de la población, estimular la demanda de la clase media ofreciendo productos poco duraderos, cuyo remplazo garantizase la retroalimentación del sistema.

El agotamiento de este modelo basado en las teorías keynesianas, a partir de la estancación de los años 70 hizo regresar postulados ya superados, en la denominada "nueva economía clásica", exigiendo una creciente acumulación de capital industrial en la esfera privada para recuperar tasas de empleo socialmente aceptables en un contexto de fuerte crecimiento demográfico. Desde finales de la década de 1980, la respuesta intelectual "heterodoxa" ante este revisionismo consistió en replantear la necesidad de un desarrollo sostenible, que no

socavase la base biofísica de la vida y la economía al tiempo que resolvía los problemas de distribución (pobreza y desigualdad)<sup>1</sup>.

Las limitaciones teóricas del enfoque neoliberal han evidenciado las nefastas consecuencias climáticas y su contraindicación con el "desarrollo humano", concepto acuñado por las mismas fechas y que no sólo contempla el crecimiento físico, sino que valora el bienestar social mediante la educación y sanidad.

A día de hoy, la dependencia de la actividad económica y las emisiones de GEI se constató, por ejemplo, el año de la pandemia de COVID-19, cuando el descenso de la actividad económica se tradujo en una reducción sin precedentes en emisiones de GEI (Ronaghi y Scorsone, 2023). Cuando las restricciones se levantaron, y las economías volvieron a la normalidad, las emisiones volvieron a recuperar la senda pre-pandemia, alcanzando un nuevo récord en la serie histórica, como recogió la Agencia Internacional de la Energía (IEA 2022).

Este aumento va en la dirección opuesta a la senda consistente con los objetivos climáticos, que requieren una reducción sostenida de las emisiones de GEI año tras año. Esta reducción depende de cuestiones que trascienden las decisiones del día a día de los ciudadanos, pues se relaciona con la especialización productiva de la economía en la que viven, el *mix* energético<sup>2</sup>, el grado –y tipo– de urbanización, o el nivel de renta per cápita (Zhao et al. 2022). Asimismo, mientras el crecimiento económico siga siendo una meta explícita de los gobiernos, que se persigue como fin en sí mismo, la descarbonización se hará cada vez más difícil, pues la complejidad de este proceso se incrementa con el tamaño de la economía (Floyd et al. 2020).

Los supuestos sobre el funcionamiento del sistema de mercado basados en la información perfecta entre consumidor y productor –junto con otros tantos– se han mostrado del todo obsoletos; sin embargo, permanecen vigentes en el imaginario colectivo sobre el que se sustentan, entre otras creencias, la percepción del consumidor como agente de cambio. Si el consumo determina el rumbo de las economías, las decisiones de consumo particulares son una vía para ejercer la acción. Contar con la información necesaria resulta fundamental para dirigir las en beneficio de los intereses individuales que conforman el bienestar colectivo.

Si bien la mayoría de las políticas ambientales de mitigación de emisiones de GEI ponen el foco en el productor, el potencial de reducción por parte de la perspectiva del consumo es notable (Creutzig et al. 2022; Ivanova et al. 2020) y todavía no está explotado. Para ello es necesaria una mayor sensibilización entre la ciudadanía, propósito que persiguen los distintos indicadores de la huella de carbono que cuantifican las emisiones de GEI asociadas al consumo (Roca y Padilla 2021; Wiedmann y Minx 2008). Existe, en este sentido, una amplia literatura sobre la contabilidad del carbono y la asignación de las emisiones a los distintos agentes partícipes. Con base en diferentes criterios, la responsabilidad de las emisiones puede asignarse a los productores, a los consumidores o a los generadores de valor añadido<sup>3</sup>.

Aunque los GEI son varios, el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) supone la mayor parte de las emisiones<sup>4</sup>, razón por la cual, para abreviar, se ha llamado a esta huella *de carbono*. La huella de carbono se mide en términos de toneladas de carbono equivalente (CO<sub>2</sub>e) per cápita, unidad que permite aglutinar las emisiones de cada uno de los GEI teniendo en cuenta su distinto potencial de calentamiento global (GWP, por sus siglas en inglés).

De este modo, el cálculo de la huella de carbono permite cuantificar las emisiones asociadas directa o indirectamente a la cesta de consumo de una persona concreta, independientemente del lugar en el que ocurran esas emisiones, ya sea en el mismo país de residencia o en cualquier otro. La huella directa se refiere a las emisiones asociadas a los combustibles fósiles que forman parte de dicha cesta de consumo, como el combustible para el coche

---

<sup>1</sup> Podemos referirnos aquí a algunos autores, como Herman Daly, Amartya Sen, Joan Martínez Alier, Ignacy Sachs y Manfred Max-Neef, que cuestionaron la viabilidad biofísica de perseguir un crecimiento económico ilimitado, así como la capacidad de dicho crecimiento de resolver por sí mismo los problemas de pobreza y bienestar. Algunos de ellos veían incluso en el propio modelo de acumulación capitalista el origen de los problemas ambientales y sociales. Estas ideas encajan asimismo con las tesis del decrecimiento, teoría que nace ya en los años 70 con las tesis de Nicholas Georgescu-Roegen, André Gorz o Ivan Illich, y con el informe del Club de Roma, "Los Límites del Crecimiento" de 1972.

<sup>2</sup> El *mix* energético se refiere a la combinación de fuentes de energía que utiliza un determinado territorio para satisfacer sus necesidades energéticas y que incluyen desde energías fósiles, como el carbón, el petróleo y el gas natural, hasta fuentes renovables de energía o la energía nuclear.

<sup>3</sup> Véase Du et al. (2024) o Hettler y Graf-Vlachy (2024).

<sup>4</sup> Por ejemplo, en España, según el Inventario de Emisiones, el CO<sub>2</sub> supuso el 78% de las emisiones de GEI en 2020 (MITECO 2022).

o la calefacción. La huella indirecta se refiere a las emisiones generadas durante el proceso de producción, transporte y distribución de los bienes y servicios que forman parte de la cesta de la compra. Esta huella indirecta está formada por emisiones que pueden producirse cerca o muy lejos, por el papel del comercio internacional que, gracias a la mejora de la tecnología y al abaratamiento de los costes de transporte y comunicaciones, ha desembocado en la aparición de cadenas de suministro globales y cada vez más fragmentadas (Elms y Low, 2013; Hummels, 2007).

Las calculadoras de huella de carbono son herramientas desarrolladas para concienciar a la ciudadanía sobre los impactos de su consumo (Salo, Mattinen-Yuryev, y Nissinen 2019). Existen muchas calculadoras, que se diferencian por varios factores como su público objetivo, su formato o su ámbito de aplicación geográfico, así como por los datos y métodos utilizados para el cálculo de la huella. Encuestas sobre herramientas similares muestran que este tipo de calculadores se usan sobre todo por motivos educativos, aunque los usuarios sean mayoritariamente adultos (Collins et al. 2020). Los casos de estudio en centros educativos tienden a poner el foco en el alumnado universitario (Auger et al. 2021; Collins et al. 2018; Li, Tan, y Rackes 2015) y, en menor grado, en el de la educación secundaria (Edstrand 2016). Posiblemente, esto se deba al mayor grado de autonomía de los adultos para definir su estilo de vida. Así, estas herramientas dejan fuera a la población más joven a pesar de la importancia de introducir conceptos básicos de sostenibilidad a edades tempranas para "facilitar la construcción de una nueva ciudadanía consciente del momento que vivimos, capaz de actuar [...] y comprometerse con el cambio" (Herrero 2020, 147).

La mayoría de las calculadoras de carbono tiene forma de cuestionarios online en los que el usuario contesta una serie de preguntas para conocer su huella y las posibilidades de reducirla. Algunos estudios han concluido que completar los cuestionarios suelen requerir alrededor de 10 minutos (Auger et al. 2021; Li, Tan, y Rackes 2015; West et al. 2016), aunque hay encuestas más detalladas que requieren más tiempo (Sala et al. 2022). Si bien este formato es muy útil para adultos, actividades más participativas no sólo se adaptan mejor a las necesidades de los menores, sino que pueden contribuir a afianzar mejor la información transmitida (Nahar y Verma, 2018).

En este contexto, este artículo introduce una primera versión del Carbonómetro, una calculadora de huella de carbono diseñada en un formato participativo que pueda ser usada por un público más joven. La herramienta tiene tres objetivos principales: introducir el concepto de huella de carbono, informar sobre su magnitud y formular posibilidades de reducirla. Los cálculos detrás del Carbonómetro están enfocados a la huella de carbono de la Comunidad Autónoma del País Vasco (CAPV), aunque se pueden adaptar para otras Comunidades Autónomas. Estos cálculos se irán actualizando en futuras ediciones para incrementar la precisión de la herramienta.

El apartado metodológico ahonda en estas cuestiones, que constituyen la contribución principal de los/as autores/as. Cabe mencionar que la versión que se presenta en este trabajo seguirá siendo desarrollada en lo que se refiere a los cálculos de la huella de las distintas opciones de consumo contenidas en los cuestionarios. Antes de entrar en los detalles metodológicos, se explican los antecedentes de esta propuesta y de divulgación, así como los materiales necesarios y el desarrollo de la actividad. Tras la metodología, se incluyen apartados que recopilan los aprendizajes de su puesta en práctica y discuten las limitaciones y posibles mejoras de la herramienta.

## **METODOLOGÍA**

El Carbonómetro forma parte de la familia de las calculadoras de huella de carbono. Existen muchas calculadoras de huella de carbono disponibles online (ver Birnik, 2013; Mulrow et al., 2019; Padgett et al., 2008; Salo et al., 2019 para comparativas), que ofrecen la posibilidad a la persona interesada de calcular su propia huella de carbono respondiendo un cuestionario. Otras están pensadas para organizaciones, como empresas o Administraciones Públicas (Scrucca et al. 2021).

El Carbonómetro mide las emisiones asociadas a las decisiones de consumo de hogares e individuos y está inspirado en una propuesta de actividad elaborada por Ecologistas en Acción (2018). Imitando el formato de la actividad, las principales contribuciones del Carbonómetro son dos: (1) la metodología empleada para el cálculo de la huella de carbono - basada en una combinación de métodos *top-down* y *bottom-up*, adaptados en la medida

de los posible al contexto de la CAPV- y (2) la seguida para el diseño de los cuestionarios a cumplimentar por los participantes.

## Antecedentes

Tradicionalmente, se han utilizado dos métodos para calcular la huella de carbono de los ciudadanos. El primero son las tablas input-output multirregionales (MRIO, por sus siglas en inglés), que integran información monetaria del comercio internacional de bienes intermedios y finales, con la información monetaria sobre los procesos productivos contenida en las tablas input-output (IO) de la contabilidad nacional de cada uno de los países. Estas tablas, junto con sus cuentas satélite de emisiones de GEI expresadas en unidades físicas, permiten trazar el recorrido de una mercancía a través de procesos y países, así como las emisiones que se producen en todo el viaje hasta el consumidor final que la compra (Tukker y Dietzenbacher, 2013). El segundo es el análisis de ciclo de vida (LCA, por sus siglas en inglés), que representa en sus bases de datos los procesos productivos, así como las emisiones derivadas de ellos en unidades físicas, lo que permite trazar las emisiones asociadas al ciclo de vida de un producto (Wiedmann y Minx, 2008). El análisis IO se utiliza comúnmente para calcular la huella de carbono a nivel nacional/regional y por categoría de consumo (alimentación, transporte, ocio, etc.), mientras que el LCA se suele utilizar para calcular la huella de carbono a nivel de producto (Gao, Liu, y Wang 2014).

Existen calculadoras de ambos tipos, es decir, que emplean el análisis IO (West et al. 2016) o el método LCA (Sala et al. 2022) para sus estimaciones. Cada una tiene sus ventajas y desventajas. Por ejemplo, el análisis IO es más completo y puede contabilizar todas las emisiones de la huella de carbono de un individuo siempre y cuando se tenga información detallada del gasto. Por el contrario, LCA es capaz de profundizar más por tipo de producto, pero tiene más problemas para contabilizar la huella asociada a los servicios no materiales como el gasto en salud, educación y ocio. En este contexto, cabe destacar que en muchos casos existe poca información sobre la metodología y datos de entradas de las calculadoras (Padgett et al. 2008), algo que no ayuda a entender por qué varias calculadoras llegan a resultados diferentes con respuestas similares (Birnik 2013; Čuček, Klemeš, y Kravanja 2012; Padgett et al. 2008).

Aparte de las calculadoras de carbono, existen otros formatos y materiales didácticos que tratan de visibilizar el impacto de ciertos estilos de vida, permitiendo el cuestionamiento y análisis crítico de algunos dogmas o mitos imperantes en la sociedad de consumo actual. Algunos ejemplos incluyen los trabajos de Morán (2020; 2024) o Economistas sin Fronteras (2020).

## El Carbonómetro: elaboración de los cuestionarios y cálculo de la huella de carbono

El Carbonómetro basa sus cálculos en tres categorías de consumo que mayor huella de carbono generan: alimentación, transporte y vivienda (Mulrow et al. 2019; Salo, Mattinen-Yuryev, y Nissinen 2019). Con el objetivo de no romper el dinamismo perseguido por esta la actividad, las preguntas dirigidas a medir la huella de cada una de ellas se han reducido a tres. Además, se ha añadido otra categoría genérica que permite cuantificar otros consumos, como los relacionados con el ocio o el vestido. Así mismo, se contempla el efecto de la *huella fija*, que hace referencia a las categorías de consumo sobre las que los ciudadanos tienen menos influencia, o a aquellas que no han sido incluidas en el cuestionario por su bajo peso relativo. Estas categorías incluyen servicios básicos como salud, educación y comunicaciones; mobiliario del hogar, ciertos componentes del transporte, uso no energético de la vivienda y otros servicios relacionados con el ocio.

La contribución de estos elementos a la huella de carbono se ha calculado combinando el análisis input-output (*top-down*) y del análisis de ciclo de vida (*bottom-up*). Esto permite calcular la huella de elementos concretos como dietas, electricidad, calefacción, vestido, etc. que comúnmente se realizan a través del análisis de ciclo de vida, a la vez que se tienen en cuenta otros servicios menos materiales como la educación, la sanidad o el alquiler de la vivienda que tienen que ser computados a través del análisis input-output. Al combinar ambos métodos, la magnitud de la huella es comparable a la que se reporta a nivel nacional a través del análisis input-output. Esta última parte se ha realizado con un modelo MRIO específico para la CAPV y el año 2018 desarrollado en el *Basque Centre for Climate Change* (BC3).

### *Alimentación*

Para la alimentación, el cuestionario hace hincapié en tres temas: el tipo de dieta, el desecho alimenticio y la procedencia de los alimentos. Para el tipo de dieta se ha tomado información sobre la composición y huella de carbono de la dieta vegana, vegetariana, mediterránea y promedio de ECODES (2019). La huella de carbono de la dieta media española se ha escalado a los resultados de un estudio más reciente y adecuadamente documentado (Behrens et al. 2017). Para el resto de dietas, se ha respetado la diferencia relativa de ECODES (2019). Las diferencias relativas de las dietas con y sin desecho alimenticio y por el origen de los alimentos se han mantenido también.

### *Transporte*

En el caso del transporte, se ha puesto el foco en el transporte en coche, el transporte público y los vuelos. Los factores de emisión por tipo de vehículo (turismo normal, turismo grande, vehículo eléctrico y motocicleta) se han obtenido de Sala et al. (2022). Las distancias equivalentes a cada una de las respuestas relacionadas con el uso del vehículo privado han sido definidas por el criterio de los autores, tomando como referencia la media anual nacional (DGT 2023). Las preguntas y las distancias estimadas para adultos y niños han sido adaptadas, ya que estos últimos utilizan menos el coche en el día a día. En el caso de los vuelos, se han seleccionado los trayectos Bilbao-Madrid, Bilbao-Düsseldorf y Madrid-Nueva York para representar los vuelos nacionales, europeos e internacionales.

### *Vivienda*

En la categoría de vivienda, se pregunta por el consumo de electricidad, de calefacción y el reciclaje. En el primer epígrafe se ha tomado como referencia el gasto medio en electricidad en Euskadi (EVE 2019) y el factor de emisión del *mix* español, así como de un *mix* verde de Sala et al. (2022). Para la calefacción se ha utilizado el consumo medio de gas natural (mayoritario en la CAPV) por hogar obtenido de IDAE (2019) y el número medio de personas por hogar del INE (2020) para calcular la opción base. El consumo alto y bajo de gas se han definido como +50% y -50% del medio. El ahorro asociado a aislar la vivienda se ha estimado en un 50%, en línea con estudios para el caso español (WWF 2010). En cuanto al reciclaje, la huella media se ha obtenido del modelo MRIO de Euskadi mencionado anteriormente.

### *Consumo general*

Por último, la categoría de consumo general cubre la compra de calzado y vestido, así como el gasto en restauración. En el primer caso, la cantidad de prendas anuales media compradas (alrededor de 3 al mes) se ha tomado de un estudio para España (KANTAR WORLDPANEL 2015). Estas se han distribuido usando el criterio de los autores en las categorías disponibles en Sala et al. (2022) para asignarles una huella de carbono. Para las respuestas de bajo y alto consumo, se ha asumido que el individuo compra 1 o 5 prendas mensuales respectivamente. Para las respuestas sobre la compra de ropa de segunda mano, se ha asumido que la huella original de estos productos no es imputable al encuestado. Por último, para la huella de restauración se ha obtenido el gasto medio de la CAPV de la tabla IO de Eustat (2018) y se ha multiplicado por el factor de emisión obtenido del modelo MRIO de Euskadi. Las diferentes opciones dadas asumen un gasto y frecuencia de consumo diferente asignados por los autores.

### *La huella fija*

La huella abarca la del consumo no discrecional (como el de medicamentos) o la de productos muy diversos en sus características, como los aparatos electrónicos, para los que los autores no han encontrado preguntas y respuestas claras que permitan evaluar el impacto de las decisiones de consumo. Su estimación se corresponde con la huella del ciudadano vasco promedio, y no tiene en cuenta las respuestas dadas al cuestionario previo. De realizarse la actividad fuera de la CAPV; habría que recalcular también el tamaño de esta huella residual, que no es capaz de captar el cuestionario.

## LA PUESTA EN MARCHA DE LA ACTIVIDAD: PREPARACIÓN Y DESARROLLO

### Formato y materiales

La actividad se desarrolla con el apoyo de una presentación dirigida a niños (a partir de 10 años) o a adultos, y tiene una duración de entre 40 minutos y una hora. La actividad puede realizarse de manera individual o en grupo. En el primer caso, se recomienda contar con un número de entre 2 y 5 participantes; en el segundo, con un mínimo de 6 participantes y un máximo de 5 grupos, que no tienen por qué tener el mismo número de miembros.

Tras una breve introducción teórica, los participantes proceden a contestar a una serie de preguntas sobre sus hábitos de consumo para conocer su huella de carbono. En función de sus respuestas, los participantes van introduciendo bolas de ping-pong en un tubo de metacrilato que muestra las toneladas de GEI per cápita de la huella de carbono. La actividad termina con una reflexión conjunta sobre los resultados y las opciones para reducir la huella personal. En la Tabla 1 se detallan los materiales necesarios para el desarrollo de la actividad, y en los apéndices, se ofrecen los recursos docentes desarrollados para su réplica o adaptación.

**Tabla 1: Descripción de los materiales utilizados**

Material	Descripción
Tubo	Un tubo de metacrilato transparente de 20 cm de diámetro exterior, 95 cm de largo, en el que se marcan las toneladas de carbono a lo largo del tubo a modo de termómetro (1 tonelada cada 6 cm de tubo).
Pelotas	500 pelotas de ping-pong; en la actividad original se propone que las pelotas sean de cuatro colores, uno por cada categoría de consumo. En nuestro caso, al disponer sólo de dos colores, conseguimos el mismo efecto alternando los colores, como se explica a continuación.
Presentación	Dos presentaciones de PowerPoint, una para adultos y otra para niños y jóvenes (de 10 a 18 años), con el cuestionario a contestar, así como las puntuaciones correspondientes a cada respuesta (ver apéndices)
Ordenador y proyector	Ordenador y proyector, para mostrar la presentación a los participantes.

Fuente: *elaboración propia*

### Preparación

En función del público al que vaya dirigida la actividad, se selecciona una de las presentaciones disponibles. Ambas versiones difieren en la manera en que están formuladas las preguntas del cuestionario y las distintas opciones de respuesta. La versión para adultos está formulada asumiendo que los participantes tienen un alto grado de autonomía en sus decisiones de consumo, así como más información sobre la cesta de consumo de su hogar. La versión para jóvenes y niños se dirige a individuos que no participan directamente en la toma de decisiones de consumo de su hogar y que, por tanto, disponen de menos información al respecto. A modo de ejemplo, los participantes adultos –a diferencia de los más jóvenes– suelen conocer, y a menudo decidir, la comercializadora de electricidad que tienen contratada.

En función del número de participantes, se determinará si se realiza la actividad de manera individual o grupal. Si son menos de 5 personas, se optará por la primera opción, y cada participante responderá al cuestionario por sí mismo. En caso contrario, se crearán un máximo de 5 grupos –por ejemplo, en una clase de secundaria de 30 estudiantes, se pueden hacer 5 grupos de 6 alumnos cada uno–, y sus integrantes se alternarán para contestar las preguntas por turnos. Una alternativa, de disponer de más tiempo, es que cada grupo vote la respuesta en función de cuál sea la más común entre sus integrantes.

El número de participantes individuales o el número grupos es importante porque determina el número de pelotas (o puntuaciones) a introducir en el Carbonómetro por cada una de las preguntas revisadas. Estas puntuaciones representan la huella de carbono per cápita, por lo que el número de pelotas a utilizar decrece conforme aumenta el número de individuos o grupos participantes.

Véase un ejemplo en la Imagen 1. La presentación muestra en cada diapositiva una pregunta, las opciones de respuesta y la puntuación de cada respuesta –número de pelotas– según el número de participantes o de grupos (columnas 2, 3, 4 o 5). Los participantes tendrán que fijarse en la columna que corresponda según el caso: si son dos participantes individuales o dos grupos de participantes, se fijarán en la columna 2; si son 3 participantes o 3 grupos de participantes se fijarán en la columna 3; y así sucesivamente hasta los 5 participantes o 5 grupos. Según el ejemplo de la Imagen 1, si tenemos 4 participantes individuales, quien elija la opción *dieta vegana* tendría que meter 7 pelotas en el Carbonómetro; si tenemos 3 grupos, el individuo a quien le toque responder en representación de sus compañeros –y opte por esta opción– debería introducir 10. Con el objetivo de ahorrar tiempo, se pueden incluir las pelotas relativas a la parte de la huella fija antes del inicio de la actividad.

### Imagen 1. Diapositiva de la presentación para adultos

## ○○ Alimentación ○○

### P1: ¿Qué tipo de dieta llevas?

<i>Participantes</i>	2	3	4	5
Vegana	14	9	7	6
Vegetariana	20	13	10	8
Carne como plato principal menos de 4 días a la semana	21	14	10	8
Carne como plato principal más de 4 días a la semana	29	19	14	11

Fuente: *elaboración propia*

### Desarrollo

Una vez agrupados (o no) los participantes, la presentación guía el desarrollo de la actividad. Se comienza con una introducción en la que se exponen los conceptos básicos sobre la huella de carbono. Se explica además por qué se han introducido ya pelotas en el Carbonómetro, y el concepto de huella fija que se ha mencionado con anterioridad.

A continuación, se procede al cálculo de la huella del grupo siguiendo el cuestionario. Las preguntas están agrupadas en 4 grupos, según la categoría de consumo a que se refieran. A cada categoría tiene asignado un color de pelotas de ping-pong. Si se dispone de 4 colores, habrá un color para cada categoría. Si se dispone de dos, como en nuestro caso, dado que hay que alternar colores para que se distingan las categorías y se ha empezado por el naranja para la huella fija, se sigue en el siguiente orden:

- Alimentación (blancas)
- Transporte (naranjas)

- Vivienda (blancas)
- Otros (naranjas)

La dinámica del cuestionario es la siguiente: se muestra, por ejemplo, la pregunta de la Imagen 1, perteneciente al bloque de Alimentación.

- a. Si se participa individualmente, cada participante escoge entre las opciones de respuesta y se fija en la puntuación correspondiente según el número de participantes. A continuación, deberá introducir el mismo número de pelotas de color blanco en el Carbonómetro.
- b. Si se han formado grupos, meterá pelotas en el Carbonómetro solo un integrante de cada grupo, siguiendo la misma lógica anterior. Contestará por sí mismo si se opta por contestar individualmente por turnos dentro del grupo, o contestará la opción más común dentro de su grupo si se opta por votar las respuestas.

Cuando se pasa al siguiente bloque de preguntas (por ejemplo, de la Alimentación se pasa al Transporte), se deberán meter pelotas de otro color (en nuestro caso, naranja para el Transporte). Esto permitirá diferenciar claramente la contribución de cada categoría de consumo a la huella de carbono.

Una vez completado el cuestionario, el Carbonómetro mostrará la huella de carbono por persona y año promedio del grupo, en toneladas de CO<sub>2</sub>e per cápita (Imagen 2). A partir de este resultado la presentación sigue con las conclusiones del ejercicio, comparando el resultado obtenido con las huellas de carbono per cápita de algunos países y regiones. Se aprecia así si lo que ha salido es representativo de la región/país en el que se está, y se compara con países más y menos desarrollados. La conclusión última es que el nivel de renta, tanto del grupo participante como de los países en su conjunto, están positivamente relacionados con el nivel de impacto en términos de emisiones de carbono, como muestra la evidencia científica (Hertwich y Peters, 2009). A continuación, siguiendo con la presentación, se invita a observar qué color predomina en el Carbonómetro, y se recuerda a qué categoría correspondía la franja más ancha.

### **Imagen 2. Fotografía del resultado de la actividad en la Feria de Sostenibilidad de Durango**



Fuente: *elaboración propia*

La presentación y la actividad terminan con un repaso de lo aprendido sobre maneras de reducir la huella del consumo a través del cuestionario, como reducir el desperdicio alimentario, contener el consumo de carne, reducir el uso del coche y del avión, contratar distribuidoras de electricidad renovable, hacer un uso racional de la climatización, mejorar el aislamiento de nuestra vivienda, comprar menos y de segunda mano, etc.

## DISCUSIÓN

### Aprendizajes

Por el momento, la actividad del Carbonómetro solamente se ha realizado en 3 ocasiones: en el 15 aniversario de los Centros Vascos de Investigación Básica y de Excelencia (BERCs, por sus siglas en inglés) en espacio *Tabakalera* (San Sebastián) en sesiones separadas para alumnos de 11-12 años y para el público general (Diciembre 2023), en la Feria de Sostenibilidad de Durango (Marzo 2024) para el público general, y en el Colegio Vizcaya para estudiantes de 2º Educación Secundaria Obligatoria (Abril 2024).

A pesar de la corta trayectoria del Carbonómetro, se ha podido ya adquirir una serie de aprendizajes para diferentes públicos objetivos que podemos resumir en los siguientes puntos:

El Carbonómetro funciona: La huella obtenida en las diferentes ocasiones ha sido en general muy parecida a la observada para la CAPV a partir de estudios propios de huella de carbono basados en estadísticas oficiales. Dado lo arbitrario de la selección de participantes en la actividad, esto nos lleva a concluir que los nuevos cuestionarios, y los cálculos de las puntuaciones de cada respuesta, consiguen reflejar aproximadamente el impacto de las decisiones de consumo para la CAPV. No obstante, sí se ha observado cierta variabilidad en la huella obtenida con distintos grupos, lo que podría reflejar diferencias efectivas en la huella por distintos factores, o bien el efecto del sesgo de deseabilidad social (responder de forma que te haga quedar bien delante de otros). Por ejemplo, la mayor huella de los alumnos de secundaria podría reflejar, bien una huella efectivamente mayor por el hecho de pertenecer a familias de renta alta, o bien el efecto de respuestas sesgadas para querer aparentar opulencia frente a los compañeros. Por el contrario, la menor huella obtenida con asistentes de una feria de sostenibilidad podría reflejar un estilo de vida realmente más sostenible de personas ya sensibilizadas, o el querer aparentarlo delante de un grupo que aprecia la sostenibilidad. Por otro lado, el resultado por categoría de consumo refleja fielmente el hecho de que el transporte es la categoría que a nivel de la CAPV supone la mayor parte de las emisiones, según los datos recientes (IHOBE 2023).

*El Carbonómetro informa:* Del público general adulto se han recogido algunas reacciones tras la actividad que denotan sorpresa por las puntuaciones de algunas respuestas. Por ejemplo, sorprende que la huella de comer fuera de casa sea mayor y no igual que la de comer dentro de casa, cosa que demuestra hasta qué punto no se percibe el impacto de las instalaciones de los locales de restauración, el desperdicio alimentario mayor que en ellos se genera, el impacto de la climatización, iluminación y electrodomésticos aun en momentos con poca afluencia de clientes, etc. El público joven se sorprendió de la baja huella de los países en desarrollo que, según ellos mismos explican, sufren de altos niveles de contaminación y emisiones de GEI por su intensa actividad industrial. Esta duda da pie a recalcar el sentido mismo del concepto de huella (además de la diferencia entre emisiones de sustancias contaminantes y de GEI), que sirve precisamente para trazar la línea invisible que une el impacto en el otro lado del mundo nuestro consumo. Se puede sugerir leer la etiqueta de la ropa que llevamos y explicar que las emisiones producidas por esos zapatos hechos en China no cuentan como huella de quienes los fabricaron, sino como huella de quien los compra. Y que lo que reflejan las huellas tan bajas de algunos países que exportan gran parte de la producción doméstica es precisamente el bajo nivel de ingresos que reciben a cambio. Por otro lado, también surgió la pregunta sobre si el transporte público contamina. Esta pregunta da la oportunidad de aprovechar el poder didáctico del Carbonómetro, que permite comparar de una manera muy visual las emisiones del transporte público y de la alternativa privada.

*El Carbonómetro empodera:* También del público adulto se recogieron reacciones que denotan voluntad de cambiar algunos hábitos de consumo. Por ejemplo, al terminar la actividad alguna persona se interesó por nombres de comercializadoras de electricidad renovable. En este contexto, hay que considerar que, si bien este tipo de actividades contribuyen a concienciar a la ciudadanía, son insuficientes para inducir cambios drásticos en los hábitos de consumo (Salo, Mattinen-Yuryev, y Nissinen 2019).

*El Carbonómetro genera dudas:* Sobre todo cuando la actividad se realiza con un público joven suelen surgir algunas dudas a la hora de contestar el cuestionario. Quizás la pregunta más confusa es la del uso del vehículo privado, pues tal como está formulada no contempla la posibilidad de tener más que un vehículo por hogar, cuando

la realidad es que a veces se puede tener incluso más de un vehículo por conductor (dos coches y una moto en un hogar con dos conductores, por ejemplo). Considerar esta casuística sería problemático por la cantidad de respuestas adicionales que se tendrían que añadir al cuestionario. En su forma actual, este consigue mostrar la magnitud de la huella asociado al uso frecuente del transporte privado. En otras ocasiones, los participantes no saben lo que son las dietas veganas y vegetarianas. Otra duda recurrente es si un viaje de ida y vuelta en avión cuenta como un vuelo o como dos, y si el autobús del colegio cuenta como transporte público.

*El Carbonómetro provoca reflexiones:* La comparación final de la huella obtenida para el grupo de participantes con las huellas de distintos países, más y menos desarrollados, transmite el mensaje claro de que la huella del consumo depende (obviamente) del consumo, muy asociado al nivel de renta y riqueza. La constatación de esta realidad genera una discusión entre los más jóvenes sobre si para ser sostenibles hay que parecerse más a la India o "lo que pasa es que son pobres". En esta simple reflexión de unos adolescentes se condensa una amplia discusión académica sobre si es posible o no el desarrollo sostenible, o la sostenibilidad pasa por renunciar al desarrollo o a la prosperidad material (Hickel y Hallegatte, 2021).

## Limitaciones

Las calculadoras de huella de carbono tienen que buscar un balance entre detalle y accesibilidad. En la literatura se han propuesto una multitud de criterios que deberían cumplir las calculadoras para hacerlas más robustas y eficaces (Birnik 2013; Mulrow et al. 2019; Salo, Mattinen-Yuryev, y Nissinen 2019). Herramientas como la de Sala et al. (2022) contienen un nivel de detalle tal, que puede incluso resultar difícil responder al cuestionario. Esta clase de herramientas es más adecuada para lo que Kok y Barendregt (2021) denominan como 'ambientalistas', un público con conocimientos previos sobre la huella de carbono que ya ha integrado conscientemente prácticas sostenibles en su estilo de vida. Por el contrario, los 'exploradores', que tienen conocimientos más limitados en la materia, se pueden beneficiar de una herramienta más cruda que les ayude a afianzar ciertos conceptos básicos y les ayude a entender qué actuaciones personales tienen más potencial para reducir su huella de carbono. Estudios previos han resaltado la dificultad de llegar a un público menos informado (Salo, Mattinen-Yuryev, y Nissinen 2019). Para los participantes más jóvenes, también es beneficioso sacrificar detalle por accesibilidad, especialmente si eso permite desarrollar la actividad en un formato más entretenido.

Existe también un dilema para las calculadoras online entre adaptar una calculadora al contexto geográfico más relevante (región, país) y su uso más generalizado. El Carbonómetro se ha adaptado en la medida de lo posible al contexto de la CAPV empleando datos de esta Comunidad Autónoma a la hora de diseñar el cuestionario. En principio, sería posible adaptar el cuestionario para reflejar las particularidades de otras Comunidades Autónomas, aunque el uso del cuestionario en su forma actual en otras Comunidades no afectaría a los mensajes principales.

## Futuros desarrollos

Una característica interesante de algunas calculadoras es poder realizar comparaciones con otros participantes o con uno mismo adoptando otros patrones de consumo (West et al. 2016). En el caso del Carbonómetro, la comparación con otros participantes se da de alguna manera a lo largo del proceso conforme se contestan las preguntas, pero no es posible obtener un resultado individual de la huella para cada participante, de manera que se pueda comparar el impacto total de cada persona. Esto es así por diseño, para reflejar la problemática de los bienes comunes, como el clima.

No obstante, sí se podría incorporar una dinámica de comparación de distintos escenarios de hábitos de consumo. Ésta supondría alargar la actividad, preguntándonos cuánto se reduciría la huella obtenida de realizar ciertos cambios. Para ello habría que regresar al cuestionario - en este caso sería interesante que cada participante hubiera rellenado un cuestionario en papel y tuviera apuntadas las respuestas -, identificar los cambios que se quieren probar (a ser posible, aquellos que se tenga voluntad y posibilidad de llevar a la práctica en la vida real), y calcular el número de pelotas a sacar del tubo restando lo que se ha contestado menos lo que se quiere empezar a hacer, como se muestra a continuación:

En una sesión con 4 participantes, uno de ellos se propone comer menos carne. Como ha contestado que come carne como plato principal más de 4 días a la semana (14 pelotas) y quiere cambiar a comer carne menos de 4 días (10 pelotas), tendría que sacar del tubo:  $14 - 10 = 4$  pelotas.

Se puede proponer que cada participante, o cada grupo de participantes escojan los cambios de hábitos que quieran, saquen las pelotas correspondientes, y vean cómo se ha reducido la huella grupal. Lo que no se podría ver en ese caso es cómo se ha reducido cada categoría de consumo, pues siempre se sacarían las pelotas que estén más arriba, sea cual sea el cambio de hábito a testar.

Otra posibilidad de mejora es usar el Carbonómetro como forma de dar inicio a una reflexión colectiva sobre cómo reducir la huella de nuestras sociedades, como proponen Salo et al. (2019). De esta manera, se consigue integrar las críticas a estas herramientas, como su énfasis en la responsabilidad individual (Shove, Pantzar, y Watson 2012) o en cambios de hábitos fáciles de adoptar pero con poco impacto, sin cuestionar los estándares de vida actuales (Mont et al. 2013). En una discusión posterior al cálculo de la huella guiada por un experto pueden salir a relucir los factores limitantes para el cambio de hábitos (Kaaronen 2017), evitando así sobredimensionar la responsabilidad del individuo y poniendo el foco en la necesidad de las políticas públicas.

Y es que, si bien se ha constatado que las calculadoras sirven para clarificar el impacto de las decisiones de consumo - tema en el que hay mucha confusión según Whitmarsh (2009) - también se ha visto que un mejor conocimiento del impacto de las decisiones de consumo no garantiza el cambio de hábitos (Kollmuss y Agyeman, 2002; Spaargaren, 2011).

Existen distintos tipos de barreras al cambio de hábitos, una de las cuales es el hecho de que en las sociedades ricas ahora mismo hay más señales materiales y sociales para incrementar el consumo que para reducirlo (Salo, Mattinen-Yuryev, y Nissinen 2019). Otro tipo de barrera son las llamadas *posibilidades* (Kaaronen 2017), que se refieren a las características estructurales del entorno donde se desarrolla la vida y las prácticas de las personas que toman decisiones (por ejemplo, la disponibilidad de contenedores para separar la basura o si el modelo de desarrollo urbano está centrado en el coche o en el peatón).

Una discusión guiada posterior al cálculo de la huella permitiría reflexionar sobre la necesaria combinación de políticas públicas que apoyen, y no penalicen, el cambio de hábitos hacia la sostenibilidad. Por ejemplo, la inversión pública en aeropuertos y la desinversión en ferrocarril irían en la dirección opuesta al cambio de hábitos hacia la sostenibilidad, mientras que la instalación de contenedores para separar los residuos, la inversión en una infraestructura segura y amplia de carriles bici o la mejora del transporte público están alineadas con el cambio de hábitos individual hacia la sostenibilidad.

Más allá del formato de la actividad, los cálculos tras la herramienta se irán actualizando en siguientes versiones.

## CONCLUSIONES

Con el presente artículo se pretende compartir no solo los materiales e instrucciones de una actividad divulgativa que se puede llevar tanto a las aulas como a eventos de divulgación científica y concienciación ambiental, sino también el trabajo que se ha desarrollado para obtener una calculadora de carbono capaz de reflejar la importancia relativa de las distintas elecciones de compra y hábitos de consumo del día a día de las personas y hogares.

Con ello se quiere facilitar la multiplicación de la experiencia grupal que supone esta actividad, contribuyendo así a mejorar el conocimiento sobre los impactos del consumo desde edades tempranas, pero contribuyendo también a generar espacios de reflexión colectiva crítica sobre los estilos de vida dominantes, sobre el potencial transformador de la elección individual y sus límites, y sobre las dificultades de nadar contracorriente en una sociedad que tanto protege la libertad de consumir.

Además, este artículo aspira a ser de interés para dos tipos de lectores. Por un lado, docentes o divulgadores que quieran desarrollar la actividad por su cuenta, para quienes se espera haber provisto todos los detalles necesarios para ello, además de algunas ideas de mejora surgidas de la experiencia de los/as autores/as. Por otro lado,

investigadores especializados en el cálculo de huellas, para quienes se ha querido incluir los detalles del cálculo de las emisiones de GEI asociadas a las preguntas del cuestionario, de manera que la calculadora sea lo más transparente posible. De esta forma también se quiere facilitar la adaptación de los cálculos, bien al contexto de otras regiones, bien a la disponibilidad de nuevas evidencias científicas sobre el impacto de las decisiones de consumo. En este sentido, cabe recalcar que la herramienta es preliminar y que se irán refinando los cálculos en futuras versiones.

Si bien los cálculos se han hecho para que la huella resultante se aproxime a la huella per cápita promedio de la CAPV, esto no significa que no se pueda realizar esta actividad fuera de dicha Comunidad Autónoma. Dado que la CAPV es una región de renta relativamente alta en el conjunto de España, la huella de carbono es también más alta que en otras regiones. De ahí que, de desarrollarse la actividad en otra región de menor renta, el resultado final de la huella podría estar sobreestimando en cierta medida la huella real. No obstante, esta posible sobreestimación del resultado final no socava el valor didáctico de la actividad, ni las conclusiones principales, pues el impacto relativo de las diferentes opciones de consumo es similar en las distintas regiones españolas.

### **Agradecimientos**

Este trabajo ha sido apoyado por la Unidad de Excelencia María de Maeztu 2023-2027 Ref. CEX2021-001201-M, financiada por MCIN/AEI /10.13039/501100011033 y el Gobierno Vasco a través del programa BERC 2022-2025. Damos las gracias también a los dos revisores anónimos que han contribuido a mejorar sustancialmente este trabajo con sus sugerencias.

### **BIBLIOGRAFÍA**

Al Borde Films, y Amaia Ballesteros. 2020. "A las fueras". REAS Euskadi. <https://www.economiasolidaria.org/sites/default/files/reaslibrary/attachments/A%20las%20fueras.pdf>.

Armstrong McKay, David I., Arie Staal, Jesse F. Abrams, Ricarda Winkelmann, Boris Sakschewski, Sina Loriani, Ingo Fetzer, Sarah E. Cornell, Johan Rockström, y Timothy M. Lenton. 2022. "Exceeding 1.5°C global warming could trigger multiple climate tipping points". *Science* 377 (6611): eabn7950. <https://doi.org/10.1126/science.abn7950>.

Auger, Clément, Benoit Hilloulin, Benjamin Boisserie, Maël Thomas, Quentin Guignard, y Emmanuel Rozière. 2021. "Open-source carbon footprint estimator: Development and university declination". *Sustainability* 13 (8): 4315. <https://doi.org/10.3390/su13084315>.

Behrens, Paul, Jessica C. Kiefte-de Jong, Thijs Bosker, João F. D. Rodrigues, Arjan De Koning, y Arnold Tukker. 2017. "Evaluating the Environmental Impacts of Dietary Recommendations". *Proceedings of the National Academy of Sciences* 114 (51): 13412-17. <https://doi.org/10.1073/pnas.1711889114>.

Birnik, Andreas. 2013. "An evidence-based assessment of online carbon calculators". *International Journal of Greenhouse Gas Control* 17:280-93. <https://doi.org/10.1016/j.ijggc.2013.05.013>.

Collins, Andrea, Alessandro Galli, Tara Hipwood, y Adeline Murthy. 2020. "Living within a One Planet reality: the contribution of personal Footprint calculators". *Environmental Research Letters* 15 (2): 025008. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab5f96>.

Collins, Andrea, Alessandro Galli, Nicoletta Patrizi, y Federico Maria Pulselli. 2018. "Learning and teaching sustainability: The contribution of Ecological Footprint calculators". *Journal of cleaner production* 174:1000-1010. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.11.024>.

Creutzig, Felix, Leila Niamir, Xuemei Bai, Max Callaghan, Jonathan Cullen, Julio Díaz-José, Maria Figueroa, Arnulf Grubler, William F. Lamb, y Adrian Leip. 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>.

- Čuček, Lidija, Jiří Jaromír Klemeš, y Zdravko Kravanja. 2012. "A review of footprint analysis tools for monitoring impacts on sustainability". *Journal of Cleaner Production* 34:9-20. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.02.036>.
- DGT. 2023. "Estimación anual de la distancia recorrida anualmente por el parque móvil". Dirección General de Tráfico. 2023. <https://www.dgt.es/menusecundario/dgt-en-cifras/dgt-en-cifras-resultados/dgt-en-cifras-detalle/Kilometros-anualizados-recorridos-por-el-parque-movil-2022/>.
- Du, Yingying, Haibin Liu, y Hui Huang. 2024. "Bibliometric Analysis of Research Progress and Trends on Carbon Emission Responsibility Accounting". *Sustainability* 16 (9): 3721. <https://doi.org/10.3390/su16093721>.
- ECODES. 2019. "Prevención de la Contaminación e Impacto Climático en Función de la Selección de las Diferentes Alternativas de Alimentación". [https://ecodes.org/images/que-hacemos/pdf\\_MITECO\\_2019/Identificacion\\_medidas\\_para\\_prevision\\_contaminacion\\_en\\_el\\_ambito\\_alimentacion.pdf](https://ecodes.org/images/que-hacemos/pdf_MITECO_2019/Identificacion_medidas_para_prevision_contaminacion_en_el_ambito_alimentacion.pdf).
- Ecologistas en Acción. 2018. "Calculad vuestra huella de carbono". <https://www.ecologistasenaccion.org/wp-content/uploads/2018/10/Calculadora-de-Huella-de-Carbono.pdf>.
- Economistas sin Fronteras. 2020. "La pirámide de la (in)sostenibilidad de la vida". [https://ecosfron.org/wp-content/uploads/0202/09/FichaEF\\_2\\_def.pdf](https://ecosfron.org/wp-content/uploads/0202/09/FichaEF_2_def.pdf).
- Edstrand, Emma. 2016. "Making the Invisible Visible: How Students Make Use of Carbon Footprint Calculator in Environmental Education". *Learning, Media and Technology* 41 (2): 416-36. <https://doi.org/10.1080/17439884.2015.1032976>.
- Elms, Deborah K., y Patrick Low. 2013. *Global value chains in a changing world*. Geneva: Fung Global Institute (FGI), Nanyang Technological University (NTU), and World Trade Organization (WTO). [https://www.wto.org/english/res\\_e/booksp\\_e/aid4tradeglobalvalue13\\_e.pdf](https://www.wto.org/english/res_e/booksp_e/aid4tradeglobalvalue13_e.pdf).
- Eustat. 2018. "Tabla destino de la C.A. de Euskadi (miles de euros) (SEC 2010. Base 2015) por producto, origen geográfico, rama y periodo". 2018. [https://www.eustat.eus/bancopx/spanish/id\\_3438/indiceRR.html](https://www.eustat.eus/bancopx/spanish/id_3438/indiceRR.html).
- EVE. 2019. "Euskadi Energia 2019 - EVE". Ente Vasco de la Energía. 2019. <https://eve.eus/Conoce-la-Energia/La-energia-en-Euskadi/Publicaciones/Datos-Energeticos/Euskadi-Energia-2019?lang=es-es>.
- Eyring, Veronika, Nathan P. Gillett, Krishna M. Achuta Rao, Rondrotiana Barimalala, M. Barreiro Parrillo, Nicolas Bellouin, Christophe Cassou, Paul J. Durack, Yu Kosaka, y Shayne McGregor. 2021. "Human influence on the climate system". En *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.), 423-552. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press. doi: 10.1017/9781009157896.005.
- Floyd, Joshua, Samuel Alexander, Manfred Lenzen, Patrick Moriarty, Graham Palmer, Sangeetha Chandra-Shekeran, Barney Foran, y Lorenz Keyßer. 2020. "Energy Descent as a Post-Carbon Transition Scenario: How 'Knowledge Humility' Reshapes Energy Futures for Post-Normal Times". *Futures* 122 (septiembre):102565. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2020.102565>.
- Gao, Tao, Qing Liu, y Jianping Wang. 2014. "A comparative study of carbon footprint and assessment standards". *International Journal of Low-Carbon Technologies* 9 (3): 237-43. <https://doi.org/10.1093/ijlct/ctt041>.
- Herrero, Yayo. 2020. "La educación del compromiso ecosocial en la infancia, la adolescencia y la juventud". En *CIUDADANÍA GLOBAL. Una visión plural y transformadora de la sociedad y de la escuela. Volumen I*, 145-53. La escuela que queremos. Fundación sm. [https://www.fuhem.es/wp-content/uploads/2020/10/INFORME\\_CIUDADAN%C3%8DA\\_GLOBAL\\_-Volumen\\_1.pdf](https://www.fuhem.es/wp-content/uploads/2020/10/INFORME_CIUDADAN%C3%8DA_GLOBAL_-Volumen_1.pdf).
- Hertwich, Edgar G., y Glen P. Peters. 2009. "Carbon footprint of nations: A global, trade-linked analysis". *Environmental science & technology* 43 (16): 6414-20. <https://doi.org/10.1021/es803496a>.

- Hettler, Maximilian, y Lorenz Graf-Vlachy. 2024. "Corporate Scope 3 Carbon Emission Reporting as an Enabler of Supply Chain Decarbonization: A Systematic Review and Comprehensive Research Agenda". *Business Strategy and the Environment* 33 (2): 263-82. <https://doi.org/10.1002/bse.3486>.
- Hickel, Jason, y Stéphane Hallegatte. 2021. "Can we live within environmental limits and still reduce poverty? Degrowth or decoupling?" *Development Policy Review* 40 (septiembre). <https://doi.org/10.1111/dpr.12584>.
- Hummels, David. 2007. "Transportation Costs and International Trade in the Second Era of Globalization". *Journal of Economic Perspectives* 21 (3): 131-54. <https://doi.org/10.1257/jep.21.3.131>.
- IDAE. 2019. "SPAHOUSEC II: Análisis estadístico del consumo de gas natural en las viviendas principales con calefacción individual". 005. Departamento de Planificación y Estudios del Instituto de Diversificación y Ahorro Energético.
- IEA. 2022. "Global Energy Review: CO2 Emissions in 2021". <https://iea.blob.core.windows.net/assets/c3086240-732b-4f6a-89d7-db01be018f5e/GlobalEnergyReviewCO2Emissionsin2021.pdf>2022.
- IHOBE. 2023. "Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero de Euskadi 2021". <https://www.ihobe.eus/publicaciones/inventario-emisiones-gases-efecto-invernadero-euskadi-2021>.
- INE. 2020. "Encuesta Continua de Hogares (ECH)". Instituto Nacional de Estadística. 2020. [https://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/operacion.htm?c=Estadistica\\_C&cid=1254736176952&menu=ultiDatos&idp=1254735572981](https://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/operacion.htm?c=Estadistica_C&cid=1254736176952&menu=ultiDatos&idp=1254735572981).
- Ivanova, Diana, John Barrett, Dominik Wiedenhofer, Biljana Macura, Max Callaghan, y Felix Creutzig. 2020. "Quantifying the potential for climate change mitigation of consumption options". *Environmental Research Letters* 15 (9): 093001. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab8589>.
- Kaaronen, Roope O. 2017. "Affording Sustainability: Adopting a Theory of Affordances as a Guiding Heuristic for Environmental Policy". *Frontiers in Psychology* 8 (noviembre). <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01974>.
- KANTARWORLD PANEL. 2015. "Quince años de moda en España", 2015. [http://es.kantar.com/media/1266137/15\\_a\\_os\\_de\\_moda\\_en\\_espa\\_a.pdf](http://es.kantar.com/media/1266137/15_a_os_de_moda_en_espa_a.pdf).
- Kok, Anne Linda, y Wolmet Barendregt. 2021. "Understanding the adoption, use, and effects of ecological footprint calculators among Dutch citizens". *Journal of Cleaner Production* 326:129341. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129341>.
- Kollmuss, Anja, y Julian Agyeman. 2002. "Mind the Gap: Why do people act environmentally and what are the barriers to pro-environmental behavior?" *Environmental Education Research* 8 (3): 239-60. <https://doi.org/10.1080/13504620220145401>.
- Li, Xiwang, Hongwei Tan, y Adams Rackes. 2015. "Carbon footprint analysis of student behavior for a sustainable university campus in China". *Journal of cleaner production* 106:97-108. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.11.084>.
- MITECO. 2022. "Resumen de Inventario Nacional de Emisiones a la Atmósfera". 2022. [https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei-/resumen\\_inventario\\_gei-ed\\_2022\\_tcm30-534394.pdf](https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei-/resumen_inventario_gei-ed_2022_tcm30-534394.pdf).
- Mont, Oksana, Eva Heiskanen, Kate Power, y Helka Kuusi. 2013. *Lessons from Nordic Council of Ministers Study "Improving Nordic Policymaking by Dispelling Myths on Sustainable Consumption"*. Nordic Council of Ministers. <https://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:norden:org:diva-351>.
- Morán, Charo. 2024. "La economía ecológica: ¿cuáles son las cuentas del planeta?" *Economistas sin Fronteras*. <https://ecosfron.org/wp-content/uploads/2024/02/2-SA-eco-ecol.pdf>.
- Mulrow, John, Katherine Machaj, Joshua Deanes, y Sybil Derrible. 2019. "The state of carbon footprint calculators: An evaluation of calculator design and user interaction features". *Sustainable Production and Consumption* 18 (abril):33-40. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2018.12.001>.

- Nahar, Devender, y Piyush Verma. 2018. "Shaping Public Behavior and Green Consciousness in India through the 'Yo!Green' Carbon Footprint Calculator". *Carbon Management* 9 (2): 127-44. <https://doi.org/10.1080/17583004.2018.1435960>.
- Padgett, J. Paul, Anne C. Steinemann, James H. Clarke, y Michael P. Vandenberg. 2008. "A comparison of carbon calculators". *Environmental Impact Assessment Review* 28 (2): 106-15. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2007.08.001>.
- Revelle, Roger, y Hans E. Suess. 1957. "Carbon Dioxide Exchange Between Atmosphere and Ocean and the Question of an Increase of Atmospheric CO<sub>2</sub> during the Past Decades". *Tellus* 9 (1): 18-27. <https://doi.org/10.1111/j.2153-3490.1957.tb01849.x>.
- Roca, Jordi, y Emilio Padilla. 2021. "Globalización y responsabilidad en los problemas ecológicos." *Revista de Economía Crítica*, n.º 31 (julio), 1-18.
- Rockström, Johan, Will Steffen, Kevin Noone, Åsa Persson, F. Stuart Chapin, Eric F. Lambin, Timothy M. Lenton, et al. 2009. "A Safe Operating Space for Humanity". *Nature* 461 (7263): 472-75. <https://doi.org/10.1038/461472a>.
- Ronaghi, Marzieh, y Eric Scorsone. 2023. "The Impact of COVID-19 Outbreak on CO2 Emissions in the Ten Countries with the Highest Carbon Dioxide Emissions". *Journal of Environmental and Public Health* 2023 (junio):4605206. <https://doi.org/10.1155/2023/4605206>.
- Sala, Serenella, Valeria De Laurentiis, Giulia Barbero Vignola, Luisa Marelli, y Esther Sanyé-Mengual. 2022. "The Consumer Footprint Calculator". *Estimating the environmental impacts of the consumption of EU citizens and their lifestyles. Publications Office of the European Union, Luxembourg, Article JRC121800*. [https://eplca.jrc.ec.europa.eu/uploads/JRC129382\\_TR\\_Consumer\\_footprint\\_calculator\\_ONLINE.pdf](https://eplca.jrc.ec.europa.eu/uploads/JRC129382_TR_Consumer_footprint_calculator_ONLINE.pdf).
- Salo, Marja, Maija K. Mattinen-Yuryev, y Ari Nissinen. 2019. "Opportunities and limitations of carbon footprint calculators to steer sustainable household consumption – Analysis of Nordic calculator features". *Journal of Cleaner Production* 207 (enero):658-66. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.035>.
- Scrucca, Flavio, Grazia Barberio, Valentina Fantin, Pier Luigi Porta, y Marco Barbanera. 2021. "Carbon Footprint: Concept, Methodology and Calculation". En *Carbon Footprint Case Studies*, editado por Subramanian Senthilkannan Muthu, 1-31. Environmental Footprints and Eco-Design of Products and Processes. Singapore: Springer Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-15-9577-6\\_1](https://doi.org/10.1007/978-981-15-9577-6_1).
- Shove, Elizabeth, Mika Pantzar, y Matt Watson. 2012. "The Dynamics of Social Practice: Everyday Life and How It Changes". *SAGE Publications Ltd*. <https://doi.org/10.4135/9781446250655>.
- Spaargaren, Gert. 2011. "Theories of practices: Agency, technology, and culture: Exploring the relevance of practice theories for the governance of sustainable consumption practices in the new world-order". *Global Environmental Change, Symposium on Social Theory and the Environment in the New World (dis)Order*, 21 (3): 813-22. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2011.03.010>.
- Steffen, Will, Wendy Broadgate, Lisa Deutsch, Owen Gaffney, y Cornelia Ludwig. 2015. "The trajectory of the Anthropocene: the great acceleration". *The Anthropocene Review* 2 (1): 81-98.
- Steffen, Will, Katherine Richardson, Johan Rockström, Sarah E. Cornell, Ingo Fetzer, Elena M. Bennett, Reinette Biggs, et al. 2015. "Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet". *Science* 347 (6223): 1259855. <https://doi.org/10.1126/science.1259855>.
- Tukker, Arnold, y Erik Dietzenbacher. 2013. "Global multiregional input-output frameworks: an introduction and outlook". *Economic Systems Research* 25 (1): 1-19. <https://doi.org/10.1080/09535314.2012.761179>.
- West, Sarah E., Anne Owen, Katarina Axelsson, y Chris D. West. 2016. "Evaluating the Use of a Carbon Footprint Calculator: Communicating Impacts of Consumption at Household Level and Exploring Mitigation Options". *Journal of Industrial Ecology* 20 (3): 396-409. <https://doi.org/10.1111/jiec.12372>.

Whitmarsh, Lorraine. 2009. "What's in a name? Commonalities and differences in public understanding of "climate change" and "global warming"". *Public Understanding of Science* 18 (julio). <https://doi.org/10.1177/0963662506073088>.

Wiedmann, Thomas, y Jan Minx. 2008. "A Definition of Carbon Footprint". *CC Pertsova, Ecological Economics Research Trends* 2 (enero):55-65.

WMO. 2024. "Greenhouse Gas Concentrations Surge Again to New Record in 2023". World Meteorological Organization. 25 de octubre de 2024. <https://wmo.int/news/media-centre/greenhouse-gas-concentrations-surge-again-new-record-2023>.

WWF. 2010. "Potencial de ahorro energético y de reducción de emisiones de CO2 del parque residencial existente en España en 2020". Madrid: WWF. [https://wwfes.awsassets.panda.org/downloads/resumen\\_wwf.pdf?40760/Potencial-de-Ahorro-Energético-y-de-Reducción-de-Emisiones-de-CO2-del-Parque-Residencial-existente-en-España-en-2020](https://wwfes.awsassets.panda.org/downloads/resumen_wwf.pdf?40760/Potencial-de-Ahorro-Energético-y-de-Reducción-de-Emisiones-de-CO2-del-Parque-Residencial-existente-en-España-en-2020).

Zhao, Yabo, Ruiyang Chen, Peng Zang, Liuqian Huang, Shifa Ma, y Shaojian Wang. 2022. "Spatiotemporal patterns of global carbon intensities and their driving forces". *Science of The Total Environment* 818 (abril):151690. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.151690>.

---

## **SOBRE LA AUTORA Y EL AUTOR**

María Victoria Román es doctora en Economía por la Universidad del País Vasco y Licenciada en Administración y Dirección de Empresas por la Universidad Politécnica de Valencia. Además, obtuvo un Máster en Análisis Económico Aplicado por la Universidad de Alcalá. Actualmente se desempeña como investigadora postdoctoral en el Centro Vasco de Cambio Climático (BC3). Las principales líneas de investigación en las que trabaja María Victoria son el análisis input-output, la modelización económica y las políticas de reducción de emisiones. Le interesan especialmente los enfoques económicos heterodoxos como la economía ecológica, el decrecimiento o el ecoanarquismo.

Arkaitz es Doctor en sostenibilidad ambiental por University College London (Reino Unido). Actualmente trabaja como investigador postdoctoral en el Basque Centre for Climate Change (BC3). Su trabajo se centra en el cálculo de huella de carbono a través del análisis input-output y en el cálculo de indicadores compuestos de sostenibilidad ambiental.