

DESARROLLO Y VALIDACIÓN DE HERRAMIENTA PARA EVALUAR LA HUELLA DE CARBONO INVERSA: $-\text{CO}_2^{\text{®}}$

MARC PONS PAIRÓ, MARIO BURGUI BURGUI,
MÓNICA FERNÁNDEZ MORILLA, FREDERIC MARIMON VIADIU,
JASMINA BERBEGAL MIRABENT, MARIA PUJOL VALLS

Resumen

Este capítulo presenta el desarrollo y la validación de contenido de la calculadora de huella de carbono inversa ($-\text{CO}_2^{\text{®}}$), diseñada en el marco del proyecto EDUCLIMA como una herramienta educativa orientada a visibilizar el impacto positivo de las acciones cotidianas de mitigación del cambio climático. Frente a los enfoques tradicionales centrados en la cuantificación de emisiones generadas, la calculadora adopta una lógica basada en las emisiones evitadas, poniendo el acento en las prácticas sostenibles que la ciudadanía ya está llevando a cabo. El capítulo describe el marco conceptual que sustenta la noción de huella de carbono inversa, los principios que han guiado el diseño de la herramienta, su estructura por categorías de acción y el proceso de validación de contenido mediante

juicio de expertos. Asimismo, se analizan las fortalezas y los límites de este enfoque en contextos educativos, subrayando la importancia de la transparencia metodológica y del uso honesto de indicadores ambientales. La calculadora se presenta como un recurso de educación climática y de ciencia ciudadana que contribuye a fomentar la autoeficacia, la reflexión crítica y el compromiso con estilos de vida más sostenibles.

Palabras clave

Huella de carbono inversa; emisiones evitadas; educación climática; impacto positivo; acciones cotidianas; sostenibilidad; ciencia ciudadana.

5.1. Introducción

Ante la actual emergencia climática, la medición de las emisiones de gases de efecto invernadero se ha consolidado como una herramienta fundamental para comprender el impacto ambiental de las actividades humanas (IPCC, 2023). En este contexto, el concepto de huella de carbono se ha convertido en uno de los indicadores más utilizados en el ámbito científico, institucional y educativo, especialmente a partir de los marcos de referencia propuestos por organismos internacionales y agencias públicas de energía y medio ambiente.

Tradicionalmente, el uso de este indicador se ha orientado a cuantificar el impacto negativo asociado a los hábitos de consumo y a los estilos de vida, poniendo el foco en el volumen de emisiones generadas. Si bien este enfoque resulta imprescindible para el diseño de políticas públicas y estrategias de mitigación, diversos estudios en el ámbito de la educación ambiental y climática han señalado que una aproximación centrada exclusivamente en el daño puede generar efectos no deseados, como sentimientos de culpabilización, desafección o ecoansiedad, así como una percepción limitada de la capacidad de acción individual frente a un problema global de gran complejidad (Ojala, 2016; Hickman et al., 2021).

En contextos educativos, esta cuestión adquiere una relevancia particular. La educación climática no persigue únicamente transmitir información científica rigurosa, sino también fomentar actitudes proactivas, sentido de agencia y

compromiso con la transformación social (UNESCO, 2021). En este sentido, diferentes enfoques recientes proponen complementar el cálculo tradicional de la huella de carbono con la estimación de las emisiones evitadas, entendidas como el impacto positivo derivado de la adopción de prácticas más sostenibles en comparación con alternativas de mayor intensidad de carbono (IEA, 2022).

En este marco se sitúa el desarrollo de la calculadora de huella de carbono inversa ($-\text{CO}_2^{\text{®}}$) del proyecto EDUCLIMA. A diferencia de las calculadoras convencionales, esta herramienta no tiene como objetivo estimar la huella total de emisiones de una persona, sino calcular de forma aproximada el CO_2 que se deja de emitir como consecuencia de acciones concretas que la ciudadanía ya está realizando. El presente capítulo tiene como objetivo describir el proceso de conceptualización, desarrollo y validación de contenido de esta calculadora, poniendo el acento en su valor como instrumento educativo y de ciencia ciudadana.

5.2. Marco conceptual: de la huella de carbono a la huella de carbono inversa

La huella de carbono se define habitualmente como la cantidad total de emisiones de gases de efecto invernadero, expresadas en dióxido de carbono equivalente (CO_2e), asociadas directa o indirectamente a una actividad, producto, organización o individuo. Desde el punto de vista metodológico, su cálculo se apoya en el uso de factores de emisión procedentes de inventarios oficiales, literatura científica y estudios de análisis de ciclo de vida (IPCC, 2019).

Cuando este enfoque se traslada al ámbito educativo, surgen limitaciones de carácter conceptual y pedagógico. El énfasis casi exclusivo en la responsabilidad individual por las emisiones generadas puede reforzar narrativas centradas en el déficit y el impacto negativo, que no siempre favorecen la motivación ni la percepción de autoeficacia (Bandura, 1997; Ojala, 2016).

En este contexto emerge el concepto de emisiones evitadas, entendido como la diferencia entre las emisiones asociadas a una opción de mayor intensidad de carbono y aquellas correspondientes a una alternativa más sostenible. La huella de carbono inversa se fundamenta en esta lógica comparativa: en lugar de calcular cuánto se emite, se estima cuánto CO_2 se deja de emitir al optar por una práctica más sostenible frente a un escenario de referencia (IEA, 2022).

Desde una perspectiva educativa, este cambio de enfoque permite hacer visibles acciones cotidianas que contribuyen de forma acumulativa a la mitigación del cambio climático, reforzando narrativas orientadas a la acción, la autoeficacia y el reconocimiento del esfuerzo individual y colectivo. No obstante, esta cuantificación implica necesariamente supuestos y simplificaciones que deben ser explicitados para garantizar la transparencia metodológica y la honestidad científica.

5.3. Desarrollo de la calculadora de huella de carbono inversa

5.3.1. Finalidad y criterios de diseño

La calculadora de huella de carbono inversa ha sido concebida como un instrumento educativo cuyo objetivo principal es visibilizar el impacto positivo asociado a decisiones cotidianas. El diseño responde a criterios pedagógicos antes que a objetivos de auditoría ambiental, priorizando la claridad, la comparabilidad y la accesibilidad del lenguaje.

Los criterios de diseño adoptados incluyen un enfoque positivo basado en acciones ya realizadas, una lógica comparativa entre prácticas sostenibles y escenarios de referencia, la simplicidad operativa en la formulación de las preguntas y la transparencia en los supuestos de cálculo utilizados.

5.3.2. Categorías de acción y tipología de preguntas

La estructura de la calculadora se organiza en siete grandes categorías de acción que representan ámbitos cotidianos de decisión con impacto climático significativo: Alimentación, Transporte, Ropa, Tecnología y Redes, Cosmética y Farma, Ocio y Turismo, y Hogar

Cada una de estas categorías agrupa acciones formuladas en forma de preguntas sencillas, directamente relacionadas con decisiones habituales de consumo, movilidad, uso de recursos y estilos de vida. La selección de las categorías responde a criterios de relevancia ambiental, frecuencia de las prácticas y comprensibilidad para un público no especializado.

Las acciones se recogen mediante distintos tipos de pregunta —numérica, opción binaria, opción categórica, opción única y porcentaje— lo que permite captar la

diversidad de prácticas sin incrementar la carga cognitiva del usuario ni requerir conocimientos técnicos previos.

5.3.3. Modelo de cálculo y honestidad científica

El modelo de cálculo de la huella de carbono inversa se basa en la comparación entre una práctica sostenible declarada por el usuario y un escenario de referencia de mayor intensidad de carbono. Para ello se emplean factores de emisión procedentes de fuentes ampliamente reconocidas, adaptados mediante supuestos simplificadores para su aplicación en un contexto educativo.

Desde el inicio del diseño de la calculadora se asumió que, en un instrumento de carácter divulgativo, la precisión absoluta no es ni alcanzable ni necesariamente deseable. El rigor de la herramienta reside, por tanto, en la coherencia interna del modelo, en la consistencia de los supuestos utilizados y en la transparencia con la que se comunican los resultados. Esta aproximación evita una falsa sensación de exactitud y favorece una comprensión crítica del significado de las cifras presentadas.


La calculadora incluye, además, una pantalla inicial en la que se recogen datos de perfil social de carácter anónimo, coherentes con los utilizados en la calculadora de impacto social positivo (IS+). Estos datos, junto con los resultados agregados de la herramienta, se almacenan exclusivamente con fines académicos y constituyen una fuente valiosa para la investigación en educación climática y ciencia ciudadana.


Las Figuras 5.1 a 5.4 muestran, respectivamente, un ejemplo de la pantalla de perfil del usuario, el “hub” o menú de categorías de la calculadora, un informe de resultados generales y un informe de resultados desagregados por categoría.

5.4. Validación del contenido de la calculadora


La validación de contenido de la calculadora se llevó a cabo mediante un procedimiento de juicio de expertos, ampliamente utilizado en investigación educativa para asegurar que los ítems de un instrumento representan adecuadamente el constructo que se desea medir (Escobar-Pérez & Cuervo-Martínez, 2008).

EDUCLIMA · Perfil Idioma **Español** ▼

Data 21 / 12 / 2025 

ID Automático: 40a28b89-6823-4afa-834d-b26515 

Código (Opcional): Codi de Prova

Tamany de la llar 2 

País de residencia: Spain ▼

País de nacimiento: Spain ▼

Sexo: Hombre ▼

Año de nacimiento: 1971 ▼

Tipología de población de residencia: Pueblos medianos (1.000- ▼


Nivel de Estudios: Doctorado ▼

Situación laboral: Autónomo/a ▼

☒ Autoritzo l'ús anònim d'aquestes dades per a finalitats de recerca del projecte EDUCLIMA.

Continuar

Figura 5.1. Ejemplo de pantalla de perfil del usuario en la calculadora CO_2








EDUCLIMA · Tu hub de categorías Español  **Editar perfil**

Responde solo lo que quieras; iremos sumando tu ahorro.

Perfil social (anónimo) Sesión 40a28b89-6823-4afa-834d-b26515ec49d4

Resumen de huella de carbono inversa Total ahorrado **0.0 kg CO₂e**

Suma de todas las categorías que hayas contestado.

Comida  food Ahorro parcial 0.0 kg CO₂e Abrir formulario	Transporte  transport Ahorro parcial 0.0 kg CO₂e Abrir formulario	Ropa  clothing Ahorro parcial 0.0 kg CO₂e Abrir formulario
Tecnología y redes  tech_social Ahorro parcial 0.0 kg CO₂e Abrir formulario	Cosmética y farma  cosmetics Ahorro parcial 0.0 kg CO₂e Abrir formulario	Ocio y turismo  leisure Ahorro parcial 0.0 kg CO₂e Abrir formulario
Hogar  home Ahorro parcial 0.0 kg CO₂e Abrir formulario		

Volver al inicio **Ver informe final**

Figura 5.2. “Hub” o menú de categorías de calculadora CO_2

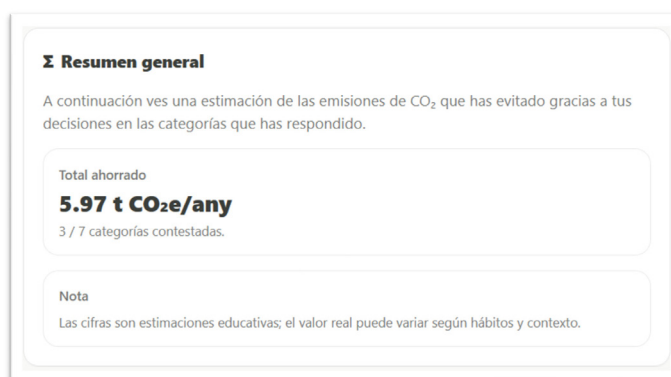


Figura 5.3. Ejemplo de informe de resultados generales de la calculadora –CO₂



Figura 5.4. Ejemplo de informe de resultados por categoría de la calculadora –CO₂

La selección de los expertos se realizó aplicando el coeficiente K de competencia experta, que combina el nivel de conocimiento declarado con la fundamentación de dicho conocimiento a partir de distintas fuentes de argumentación (Cruz Ramírez & Martínez Cepena, 2020). Se estableció como criterio la participación de al menos tres expertos con un nivel alto de competencia.

Los expertos valoraron los ítems de la calculadora de manera individual mediante una rúbrica simplificada basada en los criterios de pertinencia, claridad conceptual y redacción y terminología. A partir de estas valoraciones se calculó el Coeficiente de Validez de Contenido (CVC), siguiendo el método propuesto por Hernández-Nieto y desarrollado por Sánchez (2021). En función de los resultados obtenidos, se introdujeron ajustes en aquellos ítems que lo requirieron.

Este proceso permite afirmar que la calculadora presenta una validez de contenido adecuada para su finalidad educativa, si bien otras formas de validación complementaria, como la evaluación de la confiabilidad o la validación empírica en contextos de aplicación, quedan abiertas para fases posteriores del proyecto.

5.5. La calculadora como herramienta educativa y motivacional

Más allá de su dimensión técnica, la calculadora de huella de carbono inversa actúa como un dispositivo educativo orientado a facilitar procesos de aprendizaje, reflexión y motivación. Al cuantificar el impacto positivo de acciones cotidianas, la herramienta refuerza la percepción de autoeficacia (Bandura, 1997) y contribuye a construir narrativas climáticas más empoderadoras.

La transparencia en los supuestos de cálculo favorece, además, el desarrollo de competencias relacionadas con la interpretación crítica de indicadores ambientales y sitúa a la persona usuaria como agente activo en la comprensión de su impacto ambiental. En este sentido, la calculadora se inscribe plenamente en una lógica de ciencia ciudadana.

5.6. Discusión y conclusiones

La calculadora de huella de carbono inversa desarrollada en el proyecto EDUCLIMA constituye una aportación innovadora al ámbito de la educación climática, al combinar una base metodológica sólida con un enfoque comunicativo centrado en el impacto positivo. Su principal contribución no reside en la precisión absoluta de los valores calculados, sino en su capacidad para activar procesos de reflexión, reconocimiento y compromiso con la mitigación del cambio climático.

La incorporación de un proceso explícito de validación de contenido refuerza la credibilidad del instrumento y su coherencia con la finalidad educativa para la que fue diseñado. En conjunto, la huella de carbono inversa se consolida como un recurso útil para promover una comprensión más empoderadora de la sostenibilidad y del papel de la ciudadanía en la acción climática.

Referencias bibliográficas

- Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: The exercise of control*. W. H. Freeman.
- Cruz Ramírez, M., & Martínez Cepena, M. C. (2020). Origen y desarrollo de un índice de competencia experta: el coeficiente K. *Revista Latinoamericana de Metodología de la Investigación Social*, 16, 40-56.
- Escobar-Pérez, J., & Cuervo-Martínez, Á. (2008). Validez de contenido y juicio de expertos: una aproximación a su utilización. *Avances en Medición*, 6, 27-36.
- Hickman, C., et al. (2021). Climate anxiety in children and young people. *The Lancet Planetary Health*, 5(12), e863-e873.
- IEA. (2022). Emissions reductions from behavioural change. *International Energy Agency*.
- IPCC. (2019). 2019 *Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*.
- IPCC. (2023). *AR6 Synthesis Report*.
- Ojala, M. (2016). Facing anxiety in climate change education. *Canadian Journal of Environmental Education*, 21, 41-56.
- Sánchez, R. (2021). El tema de validez de contenido en la educación y la propuesta de Hernández-Nieto. *Latin American Journal of Physics Education*, 15(3).
- UNESCO. (2021). *Education for sustainable development: A roadmap*. UNESCO Publishing.