

# Estudios Sociales

Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional

Volumen 34, Número 63. Enero – Junio 2024

Revista Electrónica. ISSN: 2395-9169

---

## Artículo

Café y Sostenibilidad:  
estudio de la Huella de Carbono en la producción y consumo de café

Coffee and Sustainability:  
Study of the Carbon Footprint in the production and consumption of coffee

DOI: <https://doi.org/10.24836/es.v34i63.1393>  
e241393

Juan Manuel Lara-Delgado\*

<https://orcid.org/0009-0007-8295-4017>

Susana María Lorena Marcelaño-Flores\*\*

<https://orcid.org/0000-0003-0430-8128>

Areli Nájera-González\*\*

<https://orcid.org/0000-0002-7773-2563>

Fecha de recepción: 18 de junio de 2023.

Fecha de aceptación: 16 de abril de 2024.

\*Posgrado en Ciencias Biológico-Agropecuarias. Universidad Autónoma de Nayarit. México.

\*\*Universidad Autónoma de Nayarit. México.

Autora de correspondencia: Susana María Lorena Marcelaño Flores.

Universidad Autónoma de Nayarit. Ciudad de la Cultura Amado Nervo. 63000.

Cuerpo Académico de Recursos Naturales. Tepic, Nayarit, México. Tel: 3112118800 EXT: 8907.

Dirección electrónica: [susana.marceleño@uan.edu.mx](mailto:susana.marceleño@uan.edu.mx)

---

Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A. C.  
Hermosillo, Sonora, México.



## Resumen

Objetivo: conocer el estado actual de la investigación sobre la evaluación de Huella de Carbono (HC) del café y su cadena de valor. Metodología: se realizó una revisión sistematizada de literatura procedente de bases de datos bibliográficas internacionales, identificando cinco aspectos; 1) lugar de evaluación, 2) alcance de la evaluación, 3) metodología empleada, 4) resultado de la HC y 5) unidad funcional de medida considerada. Resultados: se revisaron 16 artículos de 16 países, evaluando distintos alcances de la cadena productiva del café. Se encontró la aplicación de seis diferentes metodologías, incluyendo normativas internacionales y softwares especializados. La HC calculada oscila entre los 0.12 kg/CO<sub>2eq</sub> y los 14.61 kg/CO<sub>2eq</sub> según alcance de la investigación en la cadena productiva del café. Limitaciones: escaso acervo de publicaciones obtenidas en el proceso de búsqueda sistematizada. Conclusiones: se puntualiza la necesidad de incrementar la investigación sobre el tema en zonas productoras de baja escala, ya que la mayoría de las metodologías y aplicaciones se enfocaron en áreas donde se concentra la producción y tecnificación del grano, dejando de lado a otras zonas productoras que requieren atención respecto a sus procesos productivos.

Palabras clave: desarrollo regional, agroecosistemas, cafetales, producción, ciclo de vida, GEI, emisiones.

## Abstract

Objective: To know the current state of research on the evaluation of the Carbon Footprint (CF) of coffee and its value chain. Methodology: A systematized review of literature from international bibliographic databases was conducted, identifying five aspects; 1) place of assessment, 2) scope of the assessment, 3) methodology used, 4) result of the CF, and 5) functional unit of measurement considered. Results: Sixteen articles from 16 countries were reviewed, evaluating different scopes of the coffee production chain. Six different methodologies were applied, including international standards and specialized software. The calculated CF ranges from 0.12 kg/CO<sub>2eq</sub> to 14.61 kg/CO<sub>2eq</sub> depending on the scope of the research in the coffee production chain. Limitations: Scarce collection of publications obtained in the systematized search process. Conclusions: There is a need to increase research on the subject in small-scale production areas, since most of the methodologies and applications have focused on areas where the grain production and technification are concentrated, leaving aside other production areas that require attention with respect to their production processes.

Keywords: regional development, agroecosystems, coffee plantations, production, life cycle, GHG, emissions.

## **Introducción**

Las actividades humanas, desde la producción hasta el consumo y la disposición final de bienes y servicios, generan un impacto significativo en el medio ambiente. El Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) explica que entre los principales efectos se encuentra la emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI), como el dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>), óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) y metano (CH<sub>4</sub>), los cuales contribuyen al cambio climático global (IPCC, 2007; IPCC, 2014; Enríquez, González, Hara y Laciau, 2020).

Para evaluar el impacto de estas actividades, se ha desarrollado el concepto Huella Ambiental. El concepto se define como la presión que ejercen las actividades humanas sobre el medio ambiente en un área geográfica específica (Hoekstra y Wiedmann, 2014). La Huella Ambiental abarca diversos aspectos, incluyendo la emisión de GEI, la explotación de recursos naturales, la generación de residuos y la contaminación del aire, agua y suelo. Para evaluar cada aspecto se desarrollaron subindicadores específicos, que en conjunto determinan la Huella Ambiental. Los subindicadores son: la Huella de Carbono (HC) para referirse a las emisiones GEI, la Huella Hídrica para evaluar los impactos sobre el agua y la Huella Ecológica que contabiliza la demanda de activos biológicos necesarios para producir un bien o servicios, en términos de uso de suelo y biomasa para la producción de recursos renovables (Galli et al., 2012; Frohmann, Mulder y Olmos, 2020).

A pesar de su utilidad, existe una falta de consenso en la definición precisa de Huella Ambiental. Según la revisión de Matušík y Kočí (2021), algunos autores la consideran sinónimo de Huella Ecológica, mientras que otros la asocian con la HC. Incluso, algunos la consideran como

un término equivalente a ambos conceptos. La falta de claridad conceptual dificulta la comparación entre estudios y la comprensión del impacto ambiental real de las actividades humanas. Ante este contexto, surge la propuesta de la Familia de Huellas Ambientales (Vanham et al., 2019). La propuesta sugiere que la Huella Ambiental no es un concepto único, sino que abarca una serie de huellas específicas, como se mencionó, a través de subindicadores. Cada una de las huellas se enfoca en un aspecto particular del impacto ambiental, lo que permite una evaluación más detallada y precisa. En este sentido, además de la HC, la Huella Hídrica y la Huella Ecológica, se incluyen otras huellas como la de tierra, nitrógeno, fósforo, materiales, biodiversidad, química, ozono, entre otras.

Conocer el valor de las huellas en los procesos industriales es fundamental para identificar los impactos ambientales asociados a cada etapa de producción, lo que permite generar propuestas de mejora en los procesos, con el objetivo de reducir estos impactos y avanzar hacia una producción más sostenible (Rodríguez, Martínez y Udaquiola, 2014; Enríquez et al., 2020). La HC de manera general, es la cantidad de GEI que genera una actividad o proceso productivo a través del Análisis de Ciclo de Vida (ACV), o para un área geográfica determinada, que bien puede ser una ciudad, un estado, un país o a nivel global (Espíndola y Valderrama, 2012; Álvarez, Carballo, Penela, Meteo-Motecón y Rubio, 2016; Sánchez et al., 2017;). Para los alimentos, la HC identifica los puntos críticos de emisiones de GEI a lo largo de su cadena de suministro, con ello, se pueden tomar decisiones para mejorar tanto el rendimiento del cultivo como el comportamiento ante el medio ambiente por parte del productor (Bockel y Schiettecatte, 2018; Franco y Bartl, 2018).

De acuerdo con Enríquez et al. (2020), la HC tiene cuatro principales objetivos:

1. Conocer la situación actual respecto a emisiones de un producto. La HC permite realizar un diagnóstico de las emisiones GEI de un producto, servicio o actividad; información que es fundamental para identificar los puntos críticos que generan mayor impacto ambiental y proponer estrategias de reducción efectivas.
2. Analizar puntos clave en la emisión de GEI de un proceso. Al comprender el origen de las emisiones en la cadena de valor se pueden buscar estrategias para reducirlas, como puede ser optimizar los procesos, modificar los insumos y materiales, o eficientizar prácticas de transportación, distribución y almacenamiento, entre otros.
3. Determinar estrategias para mejorar el uso de los recursos naturales y asegurar su sostenibilidad. Al implementar estrategias de reducción de la HC, no solo se mitigan las emisiones de GEI, sino que también se consigue reducir el impacto sobre otros recursos como el agua, la energía y los materiales.
4. Obtener beneficios económicos o ventajas comerciales mediante certificaciones, dando valor agregado al producto o aumentando su competitividad. La medición y reducción de la HC puede abrir oportunidades para obtener certificaciones ambientales que den valor agregado a los productos o servicios. Esto puede traducirse en ventajas competitivas en el mercado, atrayendo a consumidores más conscientes del medio ambiente y mejorando la imagen corporativa.

El monitoreo de la HC no se limita a simples enunciados, es una herramienta fundamental para la sostenibilidad y una responsabilidad crítica frente a la problemática global del cambio

climático. En la Conferencia de las Partes de 2015, celebrada por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) (COP27), las naciones se comprometieron a reducir significativamente las GEI como parte de sus compromisos climáticos.

De acuerdo con el sexto informe del IPCC (IPCC, 2022), el sector agropecuario es la tercera actividad a nivel global con mayores emisiones de GEI. Por tratarse de la producción de alimentos, la cantidad de emisiones de este sector están ampliamente relacionadas con el crecimiento poblacional, de tal manera que mientras el aumento de la población siga, la producción debe aumentar para satisfacer las necesidades de consumo a nivel mundial (Jaisawal y Agrawal, 2019).

El grano de café, en sus diferentes presentaciones ocupa el segundo lugar en importancia de movimiento mercantil de manera internacional, esto, por ser la base para preparar una de las bebidas más populares de la humanidad (Pancsira, 2022). Lo anterior resulta en sustento económico y social para los países productores, ya que la mayoría de ellos son países en vías de desarrollo (Carvalho, Carvalho y Souza, 2019). De acuerdo con la Organización Mundial del Café (OIC), el café es producido en 55 países en el mundo, siendo los principales productores Brasil, seguido de Vietnam y Colombia (OIC, 2021). En medida que se profundiza en el estudio de la HC del café, será posible definir estrategias que reduzcan su impacto, manteniendo un producto de calidad y conservando los recursos naturales de las naciones productoras, para así encaminarse al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (Nab y Maslin, 2020).

Se carece, sin embargo, de un consenso generalizado en la evaluación de la HC de productos agroalimenticios. Si bien existen diversas metodologías como las empleadas por el IPCC, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), la Organización

Internacional de la Normalización (ISO) y Publicly Available Specification (PAS), además de las particulares por alcance en el ciclo de vida o proceso productivo, lejos de brindar una guía, ha provocado que la comparación entre distintos resultados sobre la HC se vuelva complicado. Particularmente, esto sucede con el tema del café, ya que las prácticas que cada país adopta para la producción del grano son distintas, así como la unidad funcional con la que se aborda y los alcances de la estimación de emisiones en el ciclo de vida (Van Rikxoort, Schroth, Läderach y Rodrpiguez-Sánchez, 2014). Lo que resulta en dificultad al momento de hacer comparaciones de HC entre sitios de producción, y, por ende, limita la propuesta de acciones para la reducción de emisiones a casos particulares y no estrategias integrales que pudieran operar a nivel regional.

## **Objetivos**

Siguiendo el contexto, el objetivo de este trabajo fue conocer el estado actual de la investigación sobre la evaluación de HC del café y su cadena de valor. Se espera que los resultados sean una guía que conduzca futuras investigaciones, así como referente para la propuesta de reducción de emisiones en la actividad cafetalera.

## **Metodología**

Se realizó una revisión sistematizada de bibliografía utilizando el método *Search, Appraisal, Synthesis and Analysis*, conocido como *SALSA* por sus siglas en inglés (Onwuegbuzie y Frels, 2016). El método consta de cuatro pasos: búsqueda de información, valoración de los resultados de la búsqueda, síntesis de la información obtenida, y análisis de los resultados.

### *Búsqueda de información*

Se buscaron artículos científicos publicados entre el año 2012 y 2021 en las bases de datos bibliográficas internacionales *Scopus*, *Web of Science* (WoS) y *Scielo*. Se excluyeron de la búsqueda artículos de revisión y capítulos de libros. Y se seleccionaron únicamente publicaciones agrupadas dentro de los temas de agricultura y medio ambiente.

La primera búsqueda se ejecutó con las palabras “*footprint*” AND “*carbon*” para los campos de título, palabras clave y resumen. Para tener una búsqueda más concreta se realizó una segunda búsqueda con la palabra “*carbon footprint*”. Como tercera búsqueda se afinó la sintaxis al tema de interés, utilizando las palabras “*carbon footprint*” AND “*coffee*”. Finalmente, se realizó una cuarta búsqueda utilizando palabras clave sinónimo para ampliar los resultados, con la sintaxis “*carbon footprint*” AND (“*coffee*” OR “*coffee crops*”).

### *Valoración de los resultados de la búsqueda*

A través de un filtro manual, se eliminaron artículos duplicados entre bases de datos. Posteriormente se analizó de manera general el apartado resumen, métodos y resultados de los artículos, con el fin de excluir aquellas investigaciones que abordaran un tema distinto al esperado, o que no propiciaran un modelo claro de medición de HC. A partir de esta valoración se obtuvieron 13 artículos y se añadieron tres manualmente que habían sido mencionados en las referencias de los artículos resultantes del proceso de búsqueda. El procedimiento de la sección búsqueda de información y valoración de los resultados de la búsqueda se esquematizan en el Figura 1, utilizando un diagrama de flujo PRIS



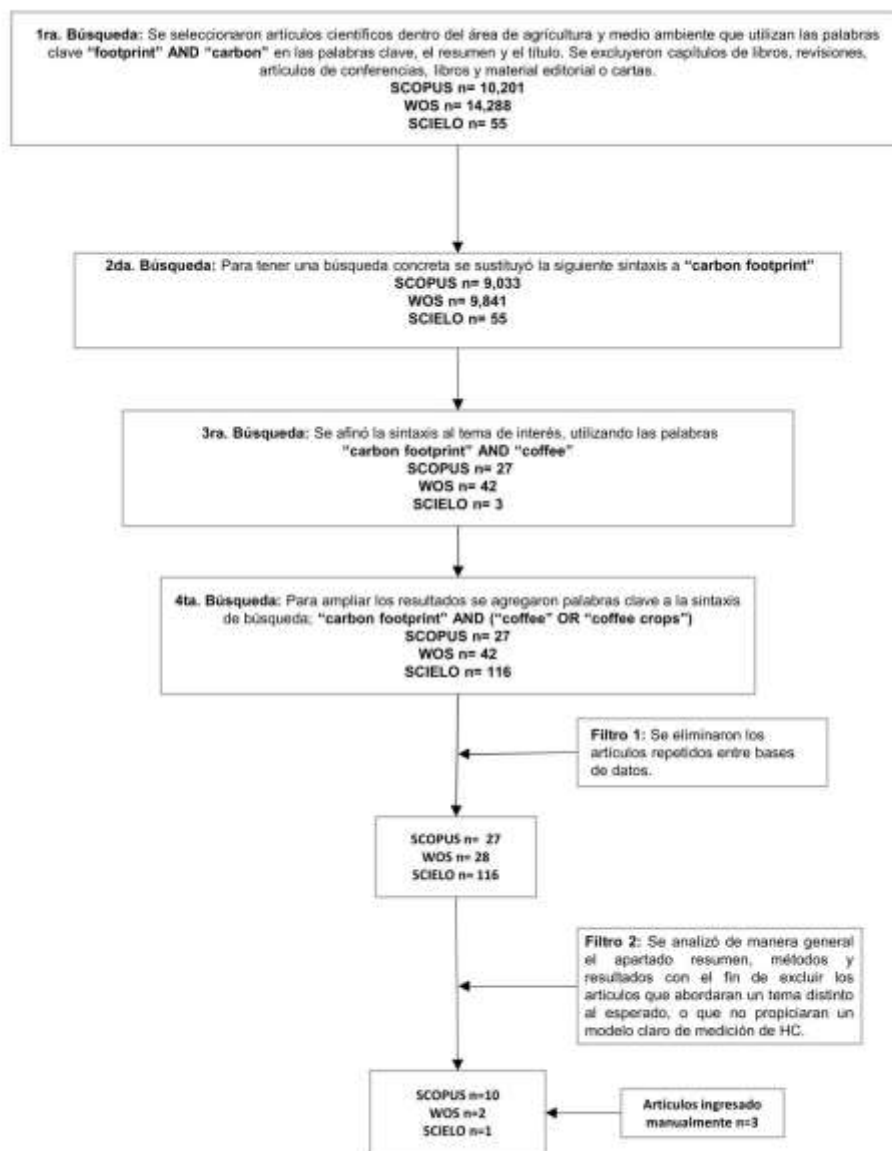


Figura 1. Procedimiento de la sección búsqueda de información y valoración de los resultados de la revisión sistematizada de bibliografía. Fuente: elaboración propia.  
*Síntesis de la información obtenida*

De los artículos resultantes del proceso de búsqueda y valoración se extrajo información sobre cinco aspectos particulares:

- 1) Lugar donde se realizó la evaluación (país y región)
- 2) Alcance de la evaluación (ciclo de vida, un proceso particular o sistema de producción, etc.).
- 3) Unidad funcional de medida considerada para expresar el resultado de la HC calculada (kg de café, toneladas de café, parcelas, hectáreas, etc.).
- 4) Metodología empleada para calcular la HC
- 5) Resultado de la HC calculada

#### *Análisis de los resultados*

Los resultados de la síntesis de información se compilaron en una tabla de contenido a manera de resumen, acompañado de los hallazgos más relevantes en cada uno de los cinco aspectos evaluados.

#### **Resultados y discusión**

En total se revisaron 16 artículos; 13 procedentes de una búsqueda sistematizada de información y tres ingresados manualmente. En la tabla 1 (ver Anexo) se compila la información analizada de cada uno de ellos. Dada la popularidad del café, se esperaba encontrar un mayor número de artículos relacionados con la HC. Durante el proceso de la búsqueda de información se identificaron un mayor número de investigaciones en áreas de ciencias agrícolas y de los alimentos, en dónde se denotan las bondades del café desde de la nutrición, así como las capacidades,

amenazas y adaptaciones del café ante el cambio climático desde el punto de vista agroproductivo. Sin embargo, el análisis de la HC del café aun presenta vacíos de información.

### *Países y regiones evaluadas*

Se encontró que 75% de los artículos revisados obtuvieron sus resultados basados en un único país, mientras que 13% evaluó a dos países y el restante 12% realizó evaluaciones en más de dos países. En relación con los países en donde se llevaron a cabo los estudios, Brasil fue el más representativo, mencionado en cuatro artículos. Seguido de Colombia y Nicaragua, evaluados en tres artículos cada uno. Y en tercer lugar Vietnam, México y Costa Rica, representados en dos artículos cada uno. El resto de los países mencionados en un solo artículo fueron El Salvador, Finlandia, Guatemala, Honduras, Indonesia, Italia, Japón, Kenia, Perú y Tailandia.

Los países y regiones en donde se identificaron las investigaciones coinciden con su relevancia en términos de producción cafetalera internacional. De acuerdo con la OIC (2021), Brasil se destaca como el principal productor de café a nivel mundial, seguido por Vietnam en el segundo y Colombia el tercero. Otros países que figuran en esta lista de los diez primeros productores a nivel global incluyen Indonesia, Etiopía, Honduras, Uganda, India, México y Perú. De acuerdo con los resultados de esta revisión, solo el 60% de los países líderes en producción a nivel global cuentan con estudios de HC. Se especula que esta situación puede deberse a diversos factores, como la falta de interés por abordar el tema, la carencia de capacidades técnicas para realizar los estudios y la conducción de estos estudios por parte del sector empresarial, en lugar del ámbito académico (Van Rikxoort et al., 2014).

### *Alcances de los estudios y unidades funcionales de medida*

Por tratarse de HC para productos, los alcances fueron diversos. El 45% calcula la HC del sistema de producción de café, es decir, únicamente el mantenimiento de los cafetales y hasta su cosecha, o proceso de beneficio (transformación del café cereza en grano de café seco o pergamino). El 31% considera un ACV para la obtención de resultados, aquí se considera todo el ciclo de vida del café, desde la plantación hasta la disposición final de los residuos del café. El 12% evalúa el tostado y molido del café. En misma proporción, 12% calcula la HC para la preparación específicas en bebidas de café, como lo son el expreso, moka, capuchino, café de prensa, instantáneo, cápsulas, entre otros.

Al tener diferentes alcances, las unidades funcionales de medida también resultaron distintas: 68% de los artículos analizados utilizaron el kilogramo de café producido como su unidad funcional, 18% utilizó el café preparado, es decir, en medidas de líquidos (un litro, una taza o un servicio), y 12% utilizó extensiones de tierra como su unidad básica, como parcelas sembradas de cafetos o límites geopolíticos. Espíndola y Valderrama (2012) resaltan la relevancia de conocer el concepto de HC y tener una comprensión clara de su alcance previo a desarrollar una evaluación, especialmente si la HC será del ACV de un producto. Al hacerlo, se garantiza tener control sobre la inclusión del tipo de emisiones en el cálculo (directas e indirectas), lo que resulta en un HC más precisa y fiel a la realidad.

A partir de esta revisión es posible abordar dos aspectos relevantes. Por un lado, la diversidad de alcances en la evaluación de la HC aporta conocimiento al paradigma y enriquece la discusión para mejorar los métodos de cálculo. Sin embargo, esta diversidad también dificulta la capacidad

de realizar monitoreo y comparaciones entre diferentes zonas de producción. En ese sentido, analizar las disparidades en los resultados de la HC entre los principales países productores de café se convierte en un medio fundamental para definir estrategias a nivel internacional que impulsen los procesos productivos hacia la sostenibilidad. En seguimiento a lo anterior, se subraya tener en cuenta ambos aspectos al momento de planificar el proyecto de evaluación de la HC, con el fin de poder comparar los resultados con otros estudios realizados bajo los mismos criterios de valoración.

### *Metodologías utilizadas*

Se encontró que se carece de una metodología específica para el cálculo de HC, lo que representa una amplia variedad de formas de llegar al resultado. De acuerdo con la revisión, existen seis metodologías diferentes entre aquellas realizadas por organizaciones especializadas, herramientas digitales e instrumentos normativos propios de algunos países. Las metodologías empleadas fueron: PAS 2050 (31%); Cool Farm Tool (CFT) (25%); ISO 14040 y 14044 (18%); metodología IPCC (2006) (18%); normativa propia del país (18%) y software SIMAPRO (6%) como herramienta de apoyo. 12% de los artículos utilizaron dos metodologías y/o herramientas para realizar el cálculo de la HC.

Existen dos tipos de metodologías para estimar la HC. Por un lado, las metodologías de organización consideran tanto las emisiones directas como las indirectas relacionadas con las actividades de la organización que genera el producto. Por otro lado, las metodologías de producto se enfocan únicamente en analizar las emisiones directas asociadas al ciclo de vida de un producto

o servicio. Esta clasificación permite diferenciar entre enfoques más amplios que consideren la totalidad de las emisiones generadas por una organización y enfoques más específicos que se centran únicamente en las emisiones directas vinculadas a un producto o servicio en particular.

La metodología PAS recae en las del tipo producto; descrita por el British Standard Institution (BSI), en términos generales aprovecha el ACV de un producto para calcular la huella (BSI, 2023). De acuerdo con Gao, Liu y Wang (2013), es una metodología de fácil aplicación. En contraste, las normas ISO, son normas para HC de organización, por lo que suelen ser más rigurosas y costosas debido al análisis de emisiones indirectas y de incluir partes externas al procesamiento del producto. Ambas metodologías son aceptadas a nivel internacional, por ello resultan ser las más consultadas. Por su parte, la metodología del IPCC (2006) combina información relacionada con el alcance de alguna actividad humana multiplicado por un factor de emisión específico para cada GEI. El éxito de esta metodología se ve afectado por la disponibilidad de información y nivel de profundidad deseado en el análisis. Las metodologías para las normativas propias de cada país están basadas en la metodología básica del IPCC (2006), y adaptada a las condiciones particulares de cada región. Estas fueron la Guía Nacional para Calcular Huella de Carbono del Producto de Tailandia (Ratchawat et al. 2018)), la herramienta normativa NTC 5492 de Colombia, específica para análisis de remociones de GEI de productos, bienes y servicios (Hernández et al., 2018.) y Product Environmental Footprint desarrollada por la Comisión Europea (Usva, Sinkko, Silvenius, Riipi y Heusala, 2020).

Respecto a los softwares CFT y Simapro, son herramientas que apoyan al cálculo de la HC. CFT es una calculadora en línea, que interpreta el manejo agrícola del cultivo para estimar las

emisiones de GEI. Por otro lado, Simapro brinda al usuario la oportunidad de seleccionar y aplicar la metodología de su elección de entre las disponibles en su base de datos, lo que le permite estimar diversos indicadores ambientales, incluyendo la HC. De acuerdo con lo reportado por los autores que emplearon los softwares (Van Rikxoor et al. 2014; Martins et al. 2015; Ortíz-Gonzalo et al. 2017; Martins et al. 2018; Trinh, Ku, Lan y Chen, 2019). Estas herramientas facilitan el proceso de cálculo y análisis de la HC al proporcionar una plataforma práctica y accesible para los investigadores y profesionales que deseen llevar a cabo evaluaciones de carbono de manera más eficiente y precisa.

En cuanto frecuencia de uso, la metodología PAS 2050 resultó ser la metodología más utilizada en el ámbito académico. Esto podría ser explicado debido a que se trata de un documento tipo técnico de libre acceso, en dónde se establecen métodos de cuantificación para un amplio rango de productos y servicios (BSI, 2023). Así mismo, CFT es una herramienta en línea en la que se pueden realizar cálculos generales de manera gratuita (Cool Farm Alliance, 2023). Ambos elementos al ser opciones gratuitas, aplicables para ACV y aceptadas dentro de la comunidad académica, resultan ser las opciones más asequibles para realizar estimaciones de HC de productos, como es el caso del café. Las normas ISO, se presentan como un recurso de pago para acceder a la metodología completa, lo cual explica la menor frecuencia de uso en los artículos revisados. Mismo caso que el software Simapro, el cual puede representar un costo elevado que encarezca la propuesta de investigación sobre la HC. Las normas propias de los países, que se encontraron en la revisión de artículos, son homólogas a las normas ISO 14040.

La metodología IPCC se destaca por ser simple y de libre acceso, aunque no posee la misma especialización que metodologías derivadas de las normas ISO, si proporciona un diagnóstico general de la cantidad de emisiones generados por un producto. No obstante, según Noponen et al. (2012), aunque la metodología propuesta por el IPCC es práctica y eficiente, si se pretende analizar una cadena de suministro, es crucial disponer de información precisa sobre los factores de emisión de cada elemento en el sistema para obtener resultados más rigurosos y confiables. Con esto es posible señalar que la metodología para calcular la HC no se especifica en su definición. Por lo que la elección de una u otra metodología dependerá directamente de los alcances, necesidades y objetivos propuestos en la investigación en cuestión (Peters, 2010; Gao et al., 2013).

En el mismo sentido, se resalta la importancia de analizar las diferencias entre métodos y herramientas utilizados para calcular HC, a fin de garantizar estimaciones precisas y realistas. Se sugiere realizar nuevas investigaciones que comparen exhaustivamente estos enfoques, especialmente en el contexto del café. Estas comparaciones revelarían ventajas, limitaciones y sesgos de cada método, identificando áreas de mejora y la necesidad de enfoques más precisos. Fortalecer la base científica y académica de la evaluación de la HC en la industria cafetera permitiría tomar decisiones informadas y aplicar estrategias de mitigación efectivas.

### *HC calculada*

Compilando los resultados de la revisión, se encontró que la HC del sistema de producción del café varía en un rango entre 2.4 a 13 kg CO<sub>2eq</sub> por kilo producido. En ACV, se obtuvieron valores de HC que oscilaron entre 0.12 kg CO<sub>2eq</sub> a los 14.61 kg CO<sub>2eq</sub> por kilo de café, en la mayoría de ellos



el ciclo se evaluó de la cuna a la tumba. Únicamente por el proceso de tostado, los valores de HC fueron entre 0.31 y 0.74 kg CO<sub>2eq</sub>, con variaciones según tecnología empleada para el proceso, como energía solar o eléctrica. En términos de servicios relacionados con el café, como la preparación de bebidas, la huella de carbono fue de 0.04 a 0.224 kg CO<sub>2eq</sub> por una medida promedio del tamaño de una taza preparada, incluyendo variedades como expreso, café de prensa, instantáneo, entre otros (ver tabla 1 en Anexo).

Resulta evidente que al utilizar distintas unidades funcionales para representar la HC, es necesario realizar un análisis de los datos para obtener medidas comparables. Además, es importante destacar que la calidad de los datos varía considerablemente entre las evaluaciones puntuales, como en el caso específico de la producción de café, y las evaluaciones del ciclo de vida en su totalidad. Algunos estudios basados en ciclo de vida no han encontrado variaciones entre cultivos perennes y perianuales. Esta falta de diferencias puede atribuirse a la limitada recopilación de información disponible, ya que muchos de estos estudios se centran en un solo año de producción.

Es fundamental considerar que la información recopilada suele ser limitada en cuanto a su alcance y profundidad. Además, cabe destacar que el rendimiento de los cultivos varía en las distintas investigaciones que han analizado la huella de carbono en el ciclo de vida del café (Trinh et al., 2019). La HC suele ser utilizada como estrategia de marketing por parte de empresas que buscan demostrar la sostenibilidad de sus productos, obtener certificaciones y compartir información con el público (Franco y Bartl, 2018). Este hecho podría explicar por qué gran parte de los artículos revisados centran sus cálculos en el ciclo de vida. Según Usva, Sinkko, Silvenius,

Riipi, y Heusala (2020), los consumidores desempeñan un papel importante en la HC del café cuando se evalúa el ciclo de vida, y si los consumidores están informados sobre los aspectos ambientales del café, es más probable que elijan productos calificados como sostenibles.

Cabe resaltar que el café bajo sombra es una actividad agrícola de alto valor para el medio ambiente. Esto se debe principalmente al enfoque agroforestal utilizado en su cultivo, donde los cafetales se integran con árboles y vegetación diversa. El sistema agroforestal promueve la conservación del suelo, la biodiversidad y la protección de los recursos hídricos. Por lo tanto, el mantenimiento de los bosques y las plantaciones desempeña un papel fundamental en el equilibrio y compensación de la HC. Se sugiere continuar investigando sobre la HC del café, prestando especial atención a la revisión de estudios que evalúen la captura y compensación de emisiones. Ello implica analizar la capacidad de los ecosistemas asociados al cultivo del café, como los bosques de niebla y otras coberturas vegetales, para absorber y almacenar carbono. Además, de explorar mecanismos que permitan compensar las emisiones generadas durante el ciclo de vida de café, como la implementación de prácticas de reforestación, proyectos de energías renovables o programas de compensación de carbono. En general, los estudios sobre HC han ido al alza, tanto para productos específicos como en estudios en donde unen fuerzas dos o más regiones, tal como explican Shi y Yin (2021). Lo que refleja una necesidad de abordar desafíos climáticos en conjunto, particularmente referente a las emisiones GEI de la producción agroalimentaria.

## **Conclusiones**

Existen vacíos de información en el análisis de la HC del café que plantean la necesidad de investigaciones más exhaustivas y rigurosas en esta área. Es esencial comprender y cuantificar las

emisiones de carbono relacionadas con la cadena de suministro del café, incluyendo aspectos como los métodos de cultivo, la recolección, el procesamiento, el transporte y la preparación. El análisis de la HC del café desempeña un papel fundamental en la identificación de oportunidades para reducir las emisiones, mejorar las prácticas agrícolas y fomentar la adopción de medidas sostenibles en toda la cadena de valor. Este enfoque permite generar conocimiento científico que respalde la toma de decisiones informadas y conscientes por parte de los consumidores al seleccionar productos de café con un menor impacto ambiental. En comparación con otras actividades humanas, la HC del café suele ser relativamente baja, lo que lo convierte en un producto considerado ambientalmente amigable. Por lo tanto, es crucial preservar el modelo de producción de café, especialmente aquellos basados en el cultivo bajo sombra, la reducción de agroquímicos y la implementación de tecnologías mejoradas. Las medidas contribuirán a respaldar a los caficultores en la producción de café sostenible y de alta calidad.

## Referencias

- Álvarez, S., Carballo, Penela, A., Mateo-Motecón, I. y Rubio, A. (2016). Strengths, weaknesses, opportunities, threats analysis of carbon footprint indicator and derived recommendations. *Journal of Cleaner Production*, 121, 238-247, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.02.028>.
- Bockel, L. y Schiettecatte, L. S. (2018). Life cycle analysis and the carbon footprint of coffee value chains. En P. Lashermes (Ed.), *Achieving sustainable cultivation of coffee* (pp. 359-382). Francia: Burleigh Dodds Science Publishing, doi: <https://doi.org/10.19103/AS.2017.0022.20>
- British Standard Institution (BSI, 2023). *Assessment of life cycle greenhouse gas emissions from horticultural products- Supplementary requirements for the cradle to gate stages of GHG assessment of horticultural products undertaken in accordance with PAS 2050*. Recuperado de <https://knowledge.bsigroup.com/products/assessment-of-life-cycle-greenhouse-gas-emissions-from-horticultural-products-supplementary-requirements-for-the-cradle-to-gate-stages-of-ghg-assessments-of-horticultural-products-undertaken-in-accordance-with-pas-2050/standard>
- Carvalho, C. F., Carvalho, S. M. y Souza, B. (2019). Coffee. En B. Souza, L. Vázquez y R. Marucci (Eds.), *Natural Enemies of Insect Pests in Neotropical Agroecosystems* (pp. 277-291). Springer, doi: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-24733-1\\_23](https://doi.org/10.1007/978-3-030-24733-1_23)
- Cibelli, M., Cimini, A., Cerchiara, G. y Moresi, M. (2021). Carbon footprint of different methods of coffee preparation. *Sustainable Production and Consumption*. 27. 1614-1625, doi: <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.04.004>

- Conferencia de las Partes (2015). *Adoption of the Paris agreement*. Recuperado de <https://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/109r01.pdf>
- Cool Farm Alliance (2023). *Frequently asked questions*. Recuperado de <https://coolfarmtool.org/coolfarmtool/frequently-asked-questions/>
- Enríquez, A., González, E., Hara S. y Laciau, P. (2020). La huella ambiental en las actividades agropecuarias, explorando el balance de gases de efecto invernadero en norpatagonia. *Presencia*, 31(74), 28-32. Recuperado de <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/140738>
- Espíndola, C. y Valderrama, J. O. (2012). Huella del Carbono. Parte 1: Conceptos, métodos de estimación y complejidades metodológicas. *Información Tecnológica*, 23(1), 163-176, doi: <https://doi.org/10.4067/S0718-07642012000100017>
- Franco, M. de los A. y Bartl, K. (2018). Carbon footprint of the coffee roasting process based on two technologies with different sources of energy in Peru. *European Journal of Sustainable Development*, 7(3), 90-98, doi: <https://doi.org/10.14207/ejsd.2018.v7n3p90>
- Frohmann, A., Mulder, N. y Olmos, X. (2020). *Incentivos a la sostenibilidad en el comercio internacional*, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Recuperado de [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/46604/1/S2000778\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/46604/1/S2000778_es.pdf)
- Galli, A., Wiedmann, T., Ercin, E., Knoblauch, D., Weing, B. y Glijum S., (2012). Integrating Ecological, Carbon and Water footprint into a “footprint family” of indicators: Definitions and role in tracking human pressure on the planet. *Ecological indicators*, 16(4), 100-112, <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.06.017>
- Gao, T., Liu, Q. y Wang, J. (2013). A comparative study of carbon footprint and assessment standards. *International Journal of low-carbon Technologies*, 9(3), 237-243, doi: <https://doi.org/10.1093/ijlct/ctt041>
- Giraldi-Díaz, M., De Medina-Salas, L., Castillo-González, E. y León-Lira, R. (2018). Environmental impact associated with the supply chain and production of grounding and roasting through life cycle analysis. *Sustainability*, 10(12), 4598, doi: <https://doi.org/10.3390/su10124598>
- Hassard, H. A., Couch, M. H., Techa-erawan, T. y McLellan, B. C. (2014). Product carbon footprint and energy analysis of alternative coffee products in Japan. *Journal of Cleaner Production*. 73. 310-321, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.02.006>
- Hernández, J. J. A., Becerra, A. M. R., Camacho, W. A., Suárez, H. J. P., Andrade, J. V. Cano, M. A.V., Cortés, Y. P. M. y Chávez, J. F. C. (2018). Determinación de la huella de carbono en el sistema de producción de café pergamino seco de cuatro municipios del sur del departamento de Huila (Colombia). *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 9(2), 109-120, doi: <https://doi.org/10.22490/21456453.2283>
- Hoekstra, A. Y. y Wiedman, T. O. (2014). Humanity’s unsustainable environmental footprint. *Science*, 344(6188), 1114-1117, doi: <https://doi.org/10.1126/science.124365>
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2006). *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Recuperado de <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/>
- 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 in: Solomon*. Recuperado de <https://www.ipcc.ch/report/ar4/wg1/>
- IPCC (2014). *Climate change 2014: Synthesis report contribution of working groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Ginebra. IPCC. Recuperado de <https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/>
- IPCC (2022). *Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Working group III contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Recuperado de <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/>
- Jaisawal, B. y Agrawal, M. (2020). Carbon footprints of agriculture sector. En S. Muthu (Ed.), *Carbon Footprints. Enviromental footprints and eco-designs of products and processes* (pp.81-99). Springer, doi: [https://doi.org/10.1007/978-981-13-7916-1\\_4](https://doi.org/10.1007/978-981-13-7916-1_4)
- Matušítk, J. y Kočí, V. (2021). What is a footprint? A conceptual analysis of environmental footprint indicators. *Journal of Cleaner Production*, 285, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124833>

- Martins, L. D., Eugenio, F. C., Rodrigues, W. N. Batista-Brinate, S. V., Colodetti, T. V., Amaral, J. F. T., Cintra, W., Ramalho, J. C., Dos Santos, A. R. y Tomaz, M. A. (2015). A bitter cup: the spatial distribution estimation of carbon balance in *Coffea spp.* Plantations reveals increased carbon footprint in tropical regions. *Plant, Soil and Environment*, 61(12). 544, doi: <https://doi.org/10.17221/602/2015-PSE>
- Martins, L. D., Eugenio, F. C., Rodrigues, W. N. y Tomaz, M. A. (2018). Carbon and water footprints in brazilian coffee plantations-The spatial and temporal distribution. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 30(6), 482-487, doi: <https://doi.org/10.9755/ejfa.2018.v30.i6.1718>
- Nab, C. y Maslin M. (2020). Life cycle assessment synthesis of the carbon footprint of Arabica coffee: Case study of Brazil and Vietnam conventional and sustainable coffee production and export to the United Kingdom. *Geo Geography and Environment*, 7, 1-19, doi: <https://doi.org/10.1002/geo2.96>
- Noponen, M. R. A., Edwards-Jones, G., Hagggar, J. P., Soto, G., Attarzadeh, N., y Healey J. R. (2012). Greenhouse gas emissions in coffee grown with differing input levels under conventional and organic management. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 151, 6-15, doi: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2012.01.019>
- Organización Internacional del Café (OIC, 2021). Datos históricos de producción de café. Recuperado de [https://www.ico.org/es/new\\_historical\\_c.asp](https://www.ico.org/es/new_historical_c.asp)
- Onwuegbuzie A, J. y Frels, R. (2016). *Seven steps to a comprehensive literature review. A multimodal & cultural approach*. Londres: SAGE Publications.
- Pancsira, J. (2022). International coffee trade: a literature review. *Journal of Agricultural informatics*, 13(1), 26-35, doi: <https://doi.org/10.17700/jai.2022.13.1.654>
- Peters, G. G. (2010). Carbon footprints and embodied carbon at multiple scales. *Current opinion in environmental sustainability*. 2(4). 245-250, doi: <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2010.05.004>
- Pramluya, R., Bantacut, T., Noor, E. y Yani, M. (2019). Carbon footprint calculation for Gayo Arabica coffee primer processing. *International Journal of Scientifici & Technology Research*, 8(12). 2934-2938, doi: <https://doi.org/10.54319/jjbs/160218>
- Ortíz-Gonzalo, D., Vaast, P., Oelofse, M., Neergaard, A., Albrecht A. y Rosenstock T. S. (2017). Farm-scale greenhouse gas balances, hotspots, and uncertainties in smallholder crop-livestock systems in Central Kenya. *Agricultura Ecosystems & Environment*. 248. 58-70, doi: <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.06.002>
- Ratchawat, T., Panyatona, S., Nopchinwong, P., Chidthaisong A. y Chiarakorn, S. (2018). Carbon and water footprint of Robusta coffee through its production chains in Thailand. *Environment, Development and Sustainability*. 22, 2415-2429, doi: <https://doi.org/10.1007/s10668-018-0299-4>
- Rodríguez, R. A., Martínez, A. B. y Udaquiola, S. M. (2014). Gestión ambiental empresarial: cálculo de la huella de carbono en la industria vitivinícola. *Gestión y Ambiente*, 17(1), 159-172. Recuperado de <https://biblat.unam.mx/hevila/Gestionyambiente/2014/vol17/no1/10.pdf>
- Sánchez M. I. I., Cabrera M. J M., Medina R. F., Ortiz J. F., Gordillo. S., Perdomo y Didio A. (2017). Software para el cálculo de la huella ambiental en la producción de cacao. *Memorias de congresos UTP*, 173-179. Recuperado de <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/memoutp/article/view/1488>
- Segura, M. A. y Andrade, H. J. (2012). Huella de carbono en cadenas productivas de café (*Coffea arabica* L.) con diferentes estándares de certificación en Costa Rica. *Revista Luna Azul*, 35, 60-77. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/luaz/n35/n35a05.pdf>
- Shi, S. y Yin, J. (2021). Global research on carbon footprint: A scientometric review. *Environmental Impact Assessment Review*, 89, 106571, doi: <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2021.106571>.
- Trinh, L. T. K., Hu, A. H., Lan, Y. C. y Chen, Z. H. (2019). Comparative life cycle assessment for conventional and organic coffee cultivation in Vietnam. *International Journal of Environmental Science and Technology*. 17, 1307-1324, doi: <https://doi.org/10.1007/s13762-019-02539-5>
- Usva, K., Sinkko, T., Silvenius, F., Riipi, I. y Heusala, H. (2020) Carbon and water footprint of coffee consumed in finland – Life cycle assessment. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 25(10), 1976-1990, doi: <https://doi.org/10.1007/s11367-020-01799-5>
- Vanham, D., Leip, A., Galli, A., Kastner, T., Bruckner, M., Uwizeye, A... Hoekstra, A, Y. (2019). Environmental footprint family to address local to planetary sustainability and deliver on the SDGs. *Science of The Total Environment*. 639, doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.133642>

Van Rikxoort, H., Schroth, G., Läderach, P. y Rodríguez-Sánchez, B. (2014). Carbon footprints and carbon stocks reveal climate-friendly coffee production. *Agronomy for Sustainable Development*, 34(4), 887-897, doi: <https://doi.org/10.1007/s13593-014-0223-8>

## ANEXO

Tabla 1.

*Resultados compilados de las investigaciones sobre HC del café.*

Autores	Año	Título	País	Metodología	¿Qué evalúa?	Unidad funcional de medida	Huella de Carbono
Segura, M. A. y Andrade, H J.	2012	Huella de Carbono en cadenas productivas de café ( <i>coffea arabica L.</i> ) con diferentes estándares de certificación en Costa Rica	Costa Rica	IPCC (2006)	Sistema de producción	1 kg de café	2.4 a 13.0 kg/CO <sub>2eq</sub>
Noponen M. R. A., Edwards-Jones, G., Hagggar, J. P., Soto, G., Attarzadeh, N., y Healey John R.	2012	Greenhouse gas emissions in coffee grown with differing input levels under conventional and organical managment	Nicaragua Costa Rica	PAS 2050	Sistema de producción	1 kg de café cereza	0.26 a 0.67 kg CO <sub>2eq</sub> 0.12 a 0.52 kg CO <sub>2eq</sub>
Van Rikxoort, H., Schroth, G., Läderach, P., y Rodríguez-Sánchez, B	2014	Carbon footprints and carbon stocks reveal climate-friendly coffee production	México Guatemala Nicaragua El Salvador Colombia	Cool Farm Tool (CFT)	Sistema de producción	Por parcela	Policultivo tradicional y comercial: 6.2 a 7.3 kg CO <sub>2eq</sub> Monocultivo bajo sombra y sin sombra: 9.0 a 10.8 kgCO <sub>2eq</sub>
Hassard, H. A. Couch, M.H., Techa-Erawan, T. McLellan, B.C.	2014	Product carbon Footprint and energy analysis of alternative coffee products in Japan	Japón	PAS 2050	Preparación de bebidas de café	Un servicio, en el entendido de que cada preparado de café tiene una medida diferente	Espresso: 0.049 kg CO <sub>2eq</sub> Café de filtro: 0.081 kg CO <sub>2eq</sub> Café de prensa: 0.055 kg CO <sub>2eq</sub> Instantáneo: 0.050 kg CO <sub>2eq</sub> Café enlatado: 0.223 kg CO <sub>2eq</sub>

						Latte: 0.224 kg CO <sub>2eq</sub>	
Martins, L. D., Eugenio, F. C., Rodrigues W. N., Batista-Brinate, S. V., Colodetti, T. V., Amaral, J. F. T., Cintra, W., Ramalho, J. C., Dos Santos, A. R. Tomaz, M. A.	2015	A bitter cup: The stimulation of spatial distribution of carbon balance in <i>coffea sp.</i> Plantations reveals increased carbon footprint in tropical regions	Brasil	Cool Farm Tool (CFT)	Sistema de producción	Estado de Espirito Santo, Brasil.	4,815,820,000 kg CO <sub>2eq</sub> en el área de estudio, lo que equivale a 1,042.7 kg CO <sub>2eq</sub> por hectárea
Ortiz-Gonzalo, D., Vaast, P., Oelofsea, M., De Neergaarda, A., Albrecht, A. y Rosenstock, T. S.	2017	Farm-scale greenhouse gas balances, hotspots and uncertainties in smallholder crop- livestock systems in Central Kenya	Kenia	Cool Farm Tool (CFT)	Sistema de producción	1 kg de café	1.08 kg/CO <sub>2eq</sub>
Giraldi-Díaz, M., De Medina-Salas, L., Castillo-González, E. y León-Lira, R	2018	Environmental impact associated with the supply chain and production of grounding and roasting coffee through life cycle analysis	México	ISO 14040 y ISO 14044	AVC (de la cuna a la puerta; no incluye, empaquetado, distribución ni consumo)	1 kg de café	Cultivo: 1.89 a 2.82 kg CO <sub>2eq</sub> ; Procesado: 1.50 a 2.82 kg CO <sub>2eq</sub> ; y Comercialización: 1.58 a 2.90 kg CO <sub>2eq</sub> .
Franco M. A. y Bartl, K.	2018	Carbon Footprint of the coffee roasting process based on two technologies with different sources of energy en Peru	Perú	ISO 14040	Tostado de café con energía solar; tostado de café con energía eléctrica	1 kg de café	0.31 a 0.74 kg CO <sub>2eq</sub>
Ratchawat, T., Panyatona, S., Nopchinwong, P., Chidthaisong, A. y Chiarakorn, S.	2018	Carbon and water footprint of Robusta coffee through its production chains in Thailand	Tailandia	Guía Nacional para Calcular Huella de Carbono del Producto	Sistema de producción, tostado y molido	1 kg de café	Café cereza: 0.42 kg CO <sub>2eq</sub> Café tostado: 0.55 kg CO <sub>2eq</sub> Café molido: 0.56 kg CO <sub>2eq</sub>
Hernández, J. J. A., Becerra, A. M. R., Camacho, W. A., Suárez, H. J. P., Andrade, J. V. Cano, M. A. V., Cortés, Y. P.	2018	Determinación de la Huella de Carbono en el sistema de producción de café pergamino seco de cuatro municipios del sur del departamento	Colombia	Herramienta normativa NTC 5947 específica para análisis de remociones de GEI de productos bienes y servicios	Sistema de producción	1 kg de café	2.17 kg CO <sub>2eq</sub>



M. y Chávez, J. F. C		de Huila (Colombia)					
Martins, L. D., Eugenio, F. C., Rodrigues, W. N. y Tomaz, M. A	2018	Carbon and water footprints in Brazilian coffee plantations - the spatial and temporal distribution	Brasil	Cool Farm Tool (CFT)	Producción de grano de café	1 kg de café	19792 kg CO <sub>2eq</sub> en un periodo de 5 años en una región de Brasil
Pramluya, R., Bantacut, T., Noor, E., y Yani, M.	2019	Carbon footprint calculation for Gayo Arabica coffee primer processing	Indonesia	IPCC (2006)	Proceso de beneficio, tostado y 1 kg de café molido		1500 kg CO <sub>2eq</sub>
Trinh, L. T. K., Hu, A. H., Lan, Y. C., y Chen, Z. H.	2019	Comparative life cycle assessment for conventional and organic coffee cultivation in Vietnam	Vietnam	ISO 14040, ISO 14044 y SIMAPRO	ACV	1 kg de café	0.92 a 0.95 kg CO <sub>2eq</sub>
Usva, K., Sinkko, T., Silvenius, F., Riipi, I., y Heusala, H	2020	Carbon and water footprint of coffee consumed in Finland - life cycle assessment	Producción de café: Brasil, Colombia, Nicaragua, Honduras. Procesado y consumo en Finlandia	Product Environmental Footprint  PAS 2050	ACV	1 lt de café	Brasil: 0.04 a 0.07 kg/CO <sub>2eq</sub> Colombia: 0.06 kg/CO <sub>2eq</sub> Honduras: 0.029 a 0.042 kg/CO <sub>2eq</sub> 0.07 a 0.21 kg/CO <sub>2eq</sub>
Nab, C., y Maslin, M.	2020	Life cycle assessment synthesis of the Carbon Footprint of Arabica coffee: Case study of Brazil and Vietnam conventional and sustainable coffee production and export to United Kingdom	Brasil	PAS 2050	ACV (de la cuna a la tumba)	1 kg de café	14.61 kg/CO <sub>2eq</sub>
Cibelli M, Cimini A, Cerchiara G y Moresi M	2021	Carbon footprint of different methods of coffee preparation	Italia	PAS 2050	Preparación de bebidas de café	1 taza de café	Moka: 0.045 a 0.059 kg CO <sub>2eq</sub> Espresso: 0.072 a 0.092 kg CO <sub>2eq</sub> Espresso encapsulado: 0.057 a 0.073 kg CO <sub>2eq</sub>

Fuente: elaboración propia.

Nota: CO<sub>2eq</sub> (Dióxido de carbono equivalente).