



Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), marzo-abril 2025,
Volumen 9, Número 2.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i2

ANÁLISIS TEÓRICO-CONCEPTUAL DE LA HUELLA DE CARBONO

**THEORETICAL-CONCEPTUAL ANALYSIS TOWARD
THE CARBON FOOTPRINT**

Julio Cesar Brito Reyna

Universidad Autónoma del Estado de Morelos, México

Gabriela Hernández Luna

Universidad Autónoma del Estado de Morelos, México

Continente Elizalde Domínguez

Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i2.17077

Análisis Teórico-Conceptual de la Huella de Carbono

Julio Cesar Brito Reyna¹juliocesarbritoreyna@gmail.com<https://orcid.org/0000-0001-6450-1507>Universidad Autónoma del Estado de Morelos
Morelos - México**Gabriela Hernández Luna**gabriela.hernandez@uaem.mx<https://orcid.org/0000-0003-3767-3965>Universidad Autónoma del Estado de Morelos
Morelos - México**Continente Elizalde Domínguez**<https://orcid.org/0000-0002-2612-6571>Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
Hidalgo - México

RESUMEN

El concepto de Huella de Carbono ha experimentado una evolución significativa, desde su origen en la economía ecológica hasta su consolidación como métrica estandarizada en la gobernanza climática. Este artículo analiza las transiciones teóricas y metodológicas que han llevado a su desarrollo, utilizando la teoría fundamentada como enfoque metodológico. En lugar de partir de hipótesis preconcebidas, el estudio construye una teoría emergente que explica cómo la estandarización a través de normas internacionales ha facilitado su integración en políticas y estrategias empresariales. Asimismo, se identifican conceptos emergentes como la neutralidad de carbono y las emisiones cero netas, que reflejan la adaptación del concepto a las demandas contemporáneas. El análisis resalta las transformaciones conceptuales y prácticas que han convertido a la Huella de Carbono en un indicador clave para medir y gestionar los impactos ambientales en un contexto globalizado.

Palabras clave: huella de carbono, economía ecológica, teoría fundamentada

¹ Autor principal.

Correspondencia: julio.brito@uaem.mx

Theoretical-Conceptual Analysis Toward the Carbon Footprint

ABSTRACT

The concept of Carbon Footprint has undergone a significant evolution, from its origins in ecological economy to its consolidation as a standardized metric in climate governance. This article analyses the theoretical and methodological transitions that have led to its development, using grounded theory as a methodological approach. Rather than starting from preconceived hypotheses, the study builds an emerging theory that explains how standardization through international norms has facilitated its integration into business policies and strategies. Emerging concepts such as carbon neutrality and net zero emissions are also identified, which reflect the adaptation of the concept to contemporary demands. The analysis highlights the conceptual and practical transformations that have turned the carbon footprint into a key indicator for measuring and managing environmental impacts in a globalized context.

Keywords: carbon footprint, ecological economy, grounded theory

*Artículo recibido 15 febrero 2025
Aceptado para publicación: 18 marzo 2025*



INTRODUCCIÓN

El concepto de Huella de Carbono se ha consolidado como un eje central en las políticas climáticas y las estrategias de sostenibilidad contemporáneas. Sin embargo, su evolución como métrica cuantitativa y práctica para medir el impacto ambiental no ha sido lineal, sino el resultado de un complejo proceso teórico y metodológico. Este proceso incluye la transición desde enfoques integradores como la economía ecológica hacia indicadores más específicos, marcados por la necesidad de atender las demandas de un mundo globalizado, tecnificado y cada vez más orientado hacia metas pragmáticas (Daly, 1990; Wackernagel y Rees, 1998).

La economía ecológica, como disciplina interdisciplinaria, fue pionera en abordar la relación entre la economía y los límites planetarios, destacando la importancia de una sostenibilidad profunda basada en cambios estructurales (Daly, 1992; Costanza et al., 1997). Sin embargo, el debate político y académico dio paso a la necesidad de herramientas concretas como la huella ecológica (Wackernagel y Rees, 1995) y, posteriormente, la Huella de Carbono. Este último concepto se consolidó como clave métrica gracias a procesos de estandarización, como las normas International Organization for Standardization (ISO 14067, 2013) y el Greenhouse Gas (GHG) Protocol (WBCSD y WRI, 2004), que facilitaron su integración en marcos normativos y empresariales.

Este artículo analiza, desde un enfoque teórico-conceptual, una relación entre los orígenes de la idea de la Huella de Carbono junto con su estado actual, explorando su evolución histórica y epistemológica, adicionalmente este trabajo propone una reflexión crítica sobre el potencial de esta métrica con el transcurso del tiempo. Para lograr este objetivo se utiliza la metodología de la teoría fundamentada (Strauss y Corbin, 1994), se construye un modelo que explica las transformaciones conceptuales y metodológicas que llevaron al desplazamiento del marco crítico de la economía ecológica hacia métricas más tecnificadas y posteriormente internacionalizadas. Además, se examinan las implicaciones de esta transición, destacando la introducción de conceptos emergentes como la neutralidad de carbono y las metas de cero emisiones netas (IEA, 2021; Gates, 2021).

Justificación

Este trabajo contribuye a un análisis teórico-conceptual que permite comprender cómo se ha llegado al concepto de Huella de Carbono, considerando las transiciones desde enfoques holísticos como la



economía ecológica hacia métricas tecnificadas. En términos metodológicos, la aplicación de la teoría fundamentada permite construir un modelo conceptual que vincula los desarrollos históricos y epistemológicos (Arias, 2012) con las implicaciones contemporáneas de la Huella de Carbono como indicador, ofreciendo una perspectiva innovadora y fundamentada en datos conceptuales y prácticos.

Objetivo

Analizar la evolución histórica y epistemológica del concepto de Huella de Carbono, resaltando sus fundamentos teóricos y metodológicos, así como las transformaciones ocurridas en las últimas cuatro décadas, para desarrollar una hipótesis que contribuya al pensamiento teórico-conceptual y sirva como herramienta clave en la evaluación y gestión ambiental.

Planteamiento del problema

El cambio climático es uno de los desafíos más urgentes y complejos del siglo XXI, con impactos globales que afectan ecosistemas, economías y sociedades, exigiendo respuestas inmediatas que integran las dimensiones ambiental, social y económica de la sostenibilidad (Brundtland, 1987). Este fenómeno plantea no solo retos técnicos y científicos, sino también éticos y políticos, al requerir acciones coordinadas que reconozcan las desigualdades en la responsabilidad y capacidad de mitigación entre pobladores y regiones (Amaya, 2022). El desafío radica en articular metas concretas y alcanzables con marcos conceptuales que abordan la complejidad del problema climático.

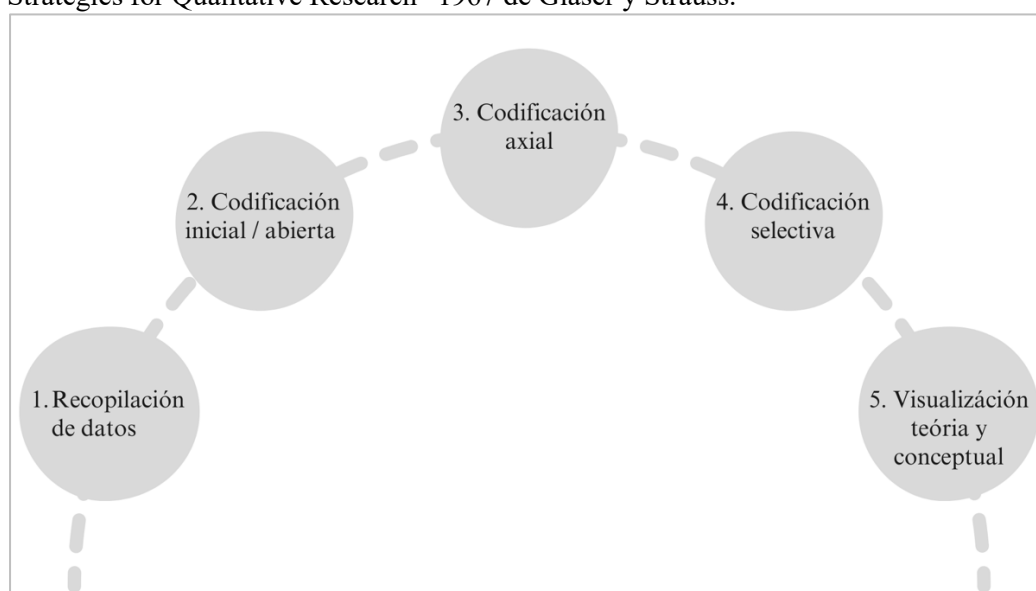
METODOLOGÍA

La teoría fundamentada (TF) es un método de la investigación cualitativa reconocido por su enfoque iterativo y su capacidad para construir teorías emergentes basadas en datos empíricos. Su fundamento epistemológico reside en la interacción entre el investigador junto con los participantes, destacando "las acciones y significaciones de estos últimos" como eje central del análisis (Bryant y Charmaz, 2019). Este enfoque implica un proceso simultáneo de recolección, codificación y análisis de datos, evitando la secuencialidad tradicional (Urquhart, 2022). Este abordaje garantiza una construcción teórica emergente, en lugar de partir de hipótesis preconcebidas (Glaser y Strauss, 1967).

La TF contempla cinco pasos básicos, inicia con la recopilación de los datos, en el segundo paso se procede a la codificación, el cual a su vez se divide en codificación abierta, axial y/o selectiva; es decir, consiste en categorizar además de etiquetar fragmentos importantes de los datos recopilados, para

finalizar en la etapa de visualización teórica y conceptual. En este caso la TF busca comprender el fenómeno teórico-conceptual hacia el concepto de la Huella de Carbono, permitiendo flexibilidad y adaptación en un proceso de comparación continua entre los datos nuevos y los conceptos emergentes para refinar la teoría en desarrollo, ver Figura 1.

Figura 1. Pasos básicos de la Teoría Fundamentada. Basado en “The Discovery of Grounded Theory: Strategies for Qualitative Research” 1967 de Glaser y Strauss.



En esta investigación, la teoría fundamentada fue empleada como marco metodológico para desarrollar un análisis teórico-conceptual del concepto de Huella de Carbono, explorando su evolución durante las últimas décadas, desde su conexión inicial con la economía ecológica hasta su consolidación en las políticas climáticas actuales, ver figura 2.

Proceso metodológico

Enlace de la TF y el análisis teórico-conceptual del concepto de Huella de Carbono

Datos: Literatura revisada (conceptos históricos, epistemológicos y metodológicos sobre Huella de Carbono, economía ecológica y políticas climáticas).

Categorización: Las secciones desarrolladas se encuentran estructuradas e identificadas en el proceso analítico, como Concepción, Estandarización y Futuro-prospectivas. Este enfoque permitió construir categorías conceptuales a partir de la literatura existente, siguiendo un proceso iterativo de análisis y síntesis, ver Figura 2.

Figura 2. Categorías básicas del análisis teórico-conceptual hacia el concepto de Huella de Carbono.

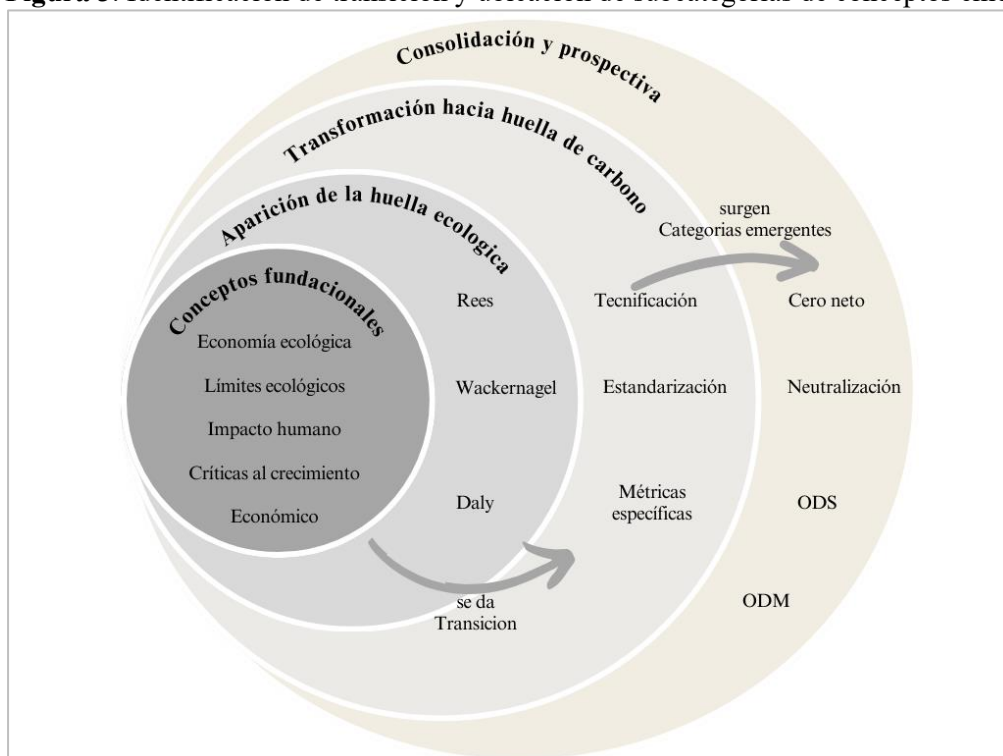


En la etapa de codificación inicial o abierta se identificaron conceptos clave en la literatura revisada, como "economía ecológica", conceptos compuestos como "territorio y medioambiente" y "desarrollo sostenible". Estos códigos reflejan los fundamentos históricos, epistemológicos y técnicos asociados a cada etapa de desarrollo del concepto de Huella de Carbono.

En la codificación axial, los códigos iniciales se agruparon en categorías intermedias que conectan los conceptos clave. Por ejemplo, se analizó cómo la instrumentalización de la sostenibilidad permitió el paso de un marco conceptual amplio a métricas específicas como la Huella de Carbono.

Finalmente en la etapa de la codificación selectiva, se integraron las subcategorías de conceptos emergentes en un modelo teórico que explica la transición conceptual. Este modelo articula cómo las necesidades prácticas y políticas impulsaron el desplazamiento desde los principios de la economía ecológica hacia métricas más específicas y estandarizadas, cómo lo es la Huella de Carbono, ver Figura3

Figura 3. Identificación de transición y ubicación de subcategorías de conceptos emergentes.



A través de la matriz teórico-conceptual se muestra cómo a lo largo de las últimas cuatro décadas, el debate sobre la sostenibilidad y el cambio climático ha mostrado una evolución en los enfoques además de las prioridades. Si bien la economía ecológica propuso un replanteamiento radical del uso de recursos junto con la crítica a la economía de crecimiento insostenible, los marcos teóricos actuales han evolucionado hacia soluciones más específicas y pragmáticas, como la Huella de Carbono y la neutralidad de carbono, ver Tabla 1.

Tabla 1. Matriz teórico-conceptual hacia el concepto de Huella de Carbono

Matriz teórico-conceptual hacia el concepto de huella de carbono	Economía ecológica	Territorio y medioambiente	Desarrollo sostenible
Concepción Crecimiento económico y ecologista	“Economía ecológica” (Rees, 1992); (Sterr, 1993); (Costanza y Daly, 1992)	“Concepto de huella ecológica” en términos de recursos relacionados con la tierra y el agua (Rees, 1992); Wackernagel y Rees (1994, 1995); Rees (1996) “Ecología y cambio global” Vitousek (1994)	“Medición del desarrollo sostenible” Daly (1990); Rees (1990); Víctor (1991); Pearce (1993); Mitlin y Satterthwaite (1994) “Protocolo de Kyoto” Convención Marco de Las Naciones Unidas Sobre El Cambio Climático (CMNUCC) 1997
Estandarización Desarrollo sostenible e innovación tecnológica	--	“Cuantificación de emisiones” GHG Protocol (WBCSD, 2004) “Inventarios Nacionales de GEI” IPCC (2006)	“Metodologías para la medición de Huella de Carbono” Guinée et al. (2006) “Análisis de Ciclo de Vida, nivel producto” ISO 14040 e ISO 14044 (2000); ISO 14064 (2006); ISO 14067 (2013) “Emisiones cero neto” Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2007; 2018
Futuro, prospectivas Cambio climático y ODS	--	“Cero emisiones” Net Zero by 2050 (IEA, 2021)	“Neutralidad del carbono” Acuerdo de París (2015); Gates (2021)

Construcción de teoría desde los datos

El concepto de Huella de Carbono surge como una respuesta pragmática a las limitaciones del enfoque transformador de la economía ecológica, consolidándose como una métrica que equilibra demandas políticas y económicas en la gobernanza climática global. Sin embargo, su implementación ha desplazado el énfasis en la transformación estructural hacia soluciones tecnificadas, lo que plantea desafíos para integrar justicia climática y sostenibilidad profunda en futuros marcos normativos.

Posteriormente se hacen disertaciones respecto de los hallazgos generados a través de la TF y el proceso teórico- conceptual.

Concepción, crecimiento económico y ecologista

La Concepción de los conceptos que abordan la relación entre el crecimiento económico y los límites ecológicos es fundamental para comprender la evolución del pensamiento ambiental a lo largo de las últimas décadas. Esta etapa inicial, que abarca los años 90, estuvo marcada por un cuestionamiento profundo del modelo económico tradicional y su relación con el entorno natural, lo que permitió el surgimiento de conceptos clave como la huella ecológica y la economía ecológica. Ambos términos reflejan un giro en el análisis económico, que se aleja de la visión antropocéntrica y lineal del crecimiento hacia una comprensión más sistémica y holística de las interacciones entre la economía y los ecosistemas.

El concepto de huella ecológica fue desarrollado a principios de la década de 1990 por Mathis Wackernagel y William Rees en la Universidad de Columbia Británica. Este indicador se diseñó con el propósito de medir el impacto de las actividades humanas sobre los recursos naturales y la capacidad de regeneración de la Tierra. La huella ecológica se basa en dos dimensiones principales: la cantidad de recursos naturales necesarios para sostener un determinado nivel de consumo y la cantidad de espacio necesario para absorber los desechos generados por las actividades humanas (Rees; 1994, 1995). Este enfoque propone una medición cuantitativa de los impactos ambientales en términos de hectáreas globales por persona, permitiendo calcular la biocapacidad de un territorio y evaluar si las demandas humanas están dentro de los límites ecológicos de la Tierra.

La huella ecológica surgió como una respuesta al creciente reconocimiento de que el modelo de desarrollo basado en el crecimiento económico continuo estaba sobrepasando las capacidades

regenerativas del planeta biocapacidad, Cuando la demanda supera la biocapacidad, se habla de un déficit ecológico, lo que significa que se están utilizando recursos naturales más rápido de lo que la Tierra puede regenerarlos. (Bazan, 1997). En este sentido, la huella ecológica no solo mide el consumo de recursos, sino que también permite evaluar el desequilibrio entre el uso de los recursos naturales y la capacidad del planeta para regenerarlos, un concepto crucial para entender las dinámicas de sostenibilidad.

Simultáneamente, la economía ecológica emergió como una disciplina académica interdisciplinaria que buscaba integrar la economía con los principios ecológicos. Esta corriente fue impulsada por pensadores clave como Herman Daly y Robert Costanza, quienes abogaron por un replanteamiento profundo del modelo económico convencional. La economía ecológica cuestionó la idea de crecimiento económico ilimitado, argumentando que el bienestar humano no debe medirse solo en términos de producción y consumo, sino también en relación con la salud ambiental y los límites planetarios. Según esta visión, el crecimiento económico no podía ser sostenido sin tener en cuenta los límites del medio ambiente, como la disponibilidad de recursos naturales y la capacidad de los ecosistemas para absorber las emisiones de desechos.

Herman Daly, uno de los principales exponentes de la economía ecológica, planteó que la economía debe estar subordinada a los principios ecológicos. Propuso que el objetivo no era aumentar indefinidamente el Producto Interno Bruto (PIB) o el consumo de recursos, sino alcanzar un estado de "Economía en Equilibrio" que se ajustara a las capacidades del planeta. Para Daly, la economía del estado estacionario, un concepto central de la economía ecológica, implicaba un crecimiento cero o limitado, en el que la producción y el consumo se alinearan con las capacidades regenerativas del planeta. En su obra seminal "Steady-State Economics" en 1977, Daly presentó las bases para una economía que priorizara la equidad social y el respeto a los límites naturales, sugiriendo que las sociedades humanas debían ser diseñadas para vivir dentro de un equilibrio con la naturaleza.

La intersección de la huella ecológica y la economía ecológica también refleja un cambio en la manera de pensar sobre el desarrollo sostenible, que, para ese momento el concepto mismo no estaba popularizado. El Informe Brundtland de 1987, publicado por la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo de las Naciones Unidas, fue clave en la consolidación del concepto de



desarrollo sostenible Este informe definió al desarrollo sostenible como aquel que “satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades”, y subrayó la importancia de respetar los límites ecológicos para asegurar un futuro viable (Brundtland, 1987).

El concepto de sostenibilidad fue ampliado por otros autores, como John Elkington, quien introdujo el concepto del Triple Resultado en los años 90. Según Elkington, la sostenibilidad debía abordarse desde tres dimensiones: económica, social y ambiental, lo que implicaba que las decisiones empresariales y gubernamentales debían considerar no solo los aspectos económicos, sino también los impactos sociales y ambientales (Elkington, 1999). Esta visión se consolidó en el ámbito empresarial y contribuyó a la evolución del pensamiento sobre sostenibilidad, donde la medición del impacto ambiental, a través de indicadores como la huella ecológica, adquirió un papel clave.

Durante esta etapa, se sentaron las bases para lo que se convertiría en una comprensión más amplia de la relación entre el crecimiento económico y los límites ecológicos, abriendo la puerta a nuevas herramientas y métricas, como la Huella de Carbono. Sin embargo, la economía ecológica, con su enfoque más amplio y filosófico, fue rápidamente eclipsada por indicadores más específicos y medibles, que ofrecían soluciones prácticas y cuantificables a los problemas climáticos emergentes.

El Protocolo de Kyoto (1997) fue otro hito en esta etapa, ya que introdujo el concepto de mercados de carbono y mecanismos de compensación de emisiones, lo que permitió a las naciones y empresas negociar el cumplimiento de sus metas de reducción de emisiones a través de créditos de carbono . Aunque este protocolo se alineaba con algunos principios de la economía ecológica, su enfoque fue más pragmático y centrado en soluciones técnicas, lo que marcó un giro hacia enfoques más concretos y operativos, desplazando parcialmente las propuestas más radicales de la economía ecológica.

La publicación de David W. Pearce y Giles D. Atkinson en 1993, titulada *Capital theory and the measurement of sustainable development: an indicator of "Weak Sustainability"*, juega un papel importante en la evolución del concepto de sostenibilidad y la forma en que se ha medido a lo largo del tiempo, especialmente en relación con la economía ecológica y los enfoques más recientes de sostenibilidad.

Pearce y Atkinson introducen el concepto de "Sostenibilidad Débil" (Weak Sustainability), que se contrapone a la "Sostenibilidad Fuerte" (Strong Sustainability) defendida por economistas ecológicos como Daly. La Sostenibilidad Débil es un enfoque que propone que el capital natural (los recursos naturales y los servicios ecosistémicos) puede ser sustituido por otros tipos de capital, como el capital humano y el capital manufacturado (Pearce et al., 1993; 2017). Es decir, según este enfoque, se puede seguir consumiendo recursos naturales mientras se invierte en otras formas de capital que compensen la pérdida de recursos ecológicos. Por otro lado, la sostenibilidad fuerte sostiene que ciertos activos naturales no pueden ser reemplazados por capital humano o manufacturado, ya que son esenciales para el funcionamiento de los sistemas ecológicos y la vida humana. Desde esta perspectiva, el crecimiento económico y el consumo deben estar estrictamente limitados por los límites ecológicos, sin recurrir a sustituciones que no respeten los principios fundamentales de la naturaleza.

La obra de Pearce y Atkinson se enmarca en una corriente más moderada, en la que se pone énfasis en la medición de la sostenibilidad mediante indicadores, pero se permite cierta flexibilidad en cuanto a la sustitución de recursos naturales. Este enfoque de sostenibilidad débil está en sintonía con los desarrollos más pragmáticos de las políticas ambientales de la época, que comenzaron a centrarse en la creación de métricas para evaluar el impacto humano sobre el medio ambiente, como la huella ecológica y, posteriormente, la Huella de Carbono.

Al presentar un indicador de Sostenibilidad Débil, Pearce y Atkinson propusieron un sistema para medir la sostenibilidad que no exigía necesariamente la conservación absoluta de los recursos naturales, sino que permitía un enfoque más flexible, centrado en el mantenimiento del capital total (incluido el capital natural, humano y manufacturado) a lo largo del tiempo.

Esto dio lugar a una forma de medir la sostenibilidad que se alejaba de la visión estricta de la economía ecológica, favoreciendo una perspectiva más alineada con los enfoques económicos tradicionales y el desarrollo sostenible.

El texto de Pearce y Atkinson tuvo una influencia significativa en el campo de los indicadores de sostenibilidad, pues contribuyó a la creación de sistemas de medición que permitieran evaluar el progreso hacia un desarrollo sostenible sin imponer límites estrictos a la actividad económica.

Aunque esta visión de Sostenibilidad Débil ha sido criticada por algunos, como los economistas ecológicos, por no abordar de manera adecuada los límites ecológicos del planeta, fue fundamental para la adopción de medidas prácticas de sostenibilidad en políticas gubernamentales y en el ámbito corporativo.

Este enfoque más flexible abrió las puertas a una integración de la sostenibilidad en las estrategias de crecimiento económico, pero también contribuyó al desplazamiento del concepto de economía ecológica en favor de métricas más manejables y aplicables en el corto y medio plazo, como la Huella de Carbono. Al mediar la relación entre el capital natural y el crecimiento económico, el trabajo de Pearce y Atkinson permitió la formulación de políticas basadas en indicadores cuantificables, que, aunque más accesibles, a menudo pasaron por alto la complejidad de los sistemas ecológicos y la necesidad de establecer límites más estrictos.

Estandarización, desarrollo sostenible e innovación tecnológica

Con el tiempo, han nacido indicadores más específicos como la Huella de Carbono, que permitió cuantificar el impacto ambiental de las actividades humanas. Este tipo de métricas ofreció una herramienta concreta y práctica para evaluar y contribuir a la reducción del impacto climático, lo que resultó en un desplazamiento del concepto más general de economía ecológica.

Durante esta etapa, se consolidaron herramientas metodológicas y marcos normativos que han permitido medir y reportar el impacto ambiental de manera precisa y estandarizada. Este proceso fue impulsado por la necesidad de contar con indicadores claros que podrían facilitar la implementación de políticas públicas y estrategias empresariales orientadas hacia la sostenibilidad.

Herramientas clave para la cuantificación de emisiones

En la primera década del siglo XXI, la cuantificación de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) se convirtió en una prioridad global. Herramientas como el GHG Protocol (WBCSD, 2004) ofrecieron estándares para que organizaciones y empresas midieran y reportaran sus emisiones, estructurándolas en tres alcances:

Alcance 1: Emisiones directas provenientes de fuentes controladas por la organización.

Alcance 2: Emisiones indirectas asociadas al consumo de electricidad y energía adquirida.

Alcance 3: Emisiones indirectas a lo largo de la cadena de valor.



Este marco fue complementado por el desarrollo de los Inventarios Nacionales de GEI, coordinados por el Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) en 2006, los cuales permitieron a los países establecer líneas base para sus emisiones y definir compromisos claros en el contexto de acuerdos internacionales como el Protocolo de Kyoto y el Acuerdo de París.

Normas internacionales y metodologías

La estandarización avanzó con la introducción de normas internacionales que definieron procedimientos específicos para medir impactos ambientales. Entre las más destacadas están:

ISO 14040 e ISO 14044 (2000): Relacionadas con el análisis de ciclo de vida, que evalúan el impacto ambiental de un producto desde su producción hasta su disposición final.

ISO 14064 (2006): Establece directrices para la cuantificación, reporte y verificación de emisiones de GEI.

ISO 14067 (2013): Introduce especificaciones para la cuantificación de la Huella de Carbono de productos, haciendo énfasis en la transparencia y consistencia de los métodos utilizados.

Vinculación con el desarrollo tecnológico

La innovación tecnológica desempeñó un papel crucial en la estandarización. Herramientas como los softwares de modelado de carbono, las bases de datos de inventarios de ciclo de vida (por ejemplo, Ecoinvent) y las tecnologías para la captura y almacenamiento de carbono facilitaron la implementación de medidas más precisas y efectivas. Además, las inversiones en energías renovables y eficiencia energética surgieron como pilares para reducir las emisiones dentro de las métricas estandarizadas.

Impactos en las políticas y la gobernanza climática

La estandarización del concepto de Huella de Carbono permitió una mayor integración en las políticas internacionales y nacionales. A medida que los países adoptaron metas vinculadas al Acuerdo de París, el enfoque en métricas como las "emisiones cero netas" se consolidó como un objetivo político clave.

Mercados de carbono:

Los sistemas de comercio de derechos de emisión y las compensaciones de carbono surgieron como estrategias clave para alcanzar metas de reducción, respaldadas por estándares confiables. El informe del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) Emissions Gap Report 2021, destaca que el uso de este tipo de mecanismos puede generar ahorros de costos significativos entre un

40 y 60% al 2030 en el cumplimiento de las metas adoptadas de reducción de emisiones (PNUMA, 2021).

Responsabilidad corporativa: La adopción de estándares como el GHG Protocol impulsó a las empresas a incorporar la Huella de Carbono en sus informes de sostenibilidad, promoviendo una mayor transparencia y competitividad en los mercados globales. Estas normativas brindaron un marco sólido y confiable para calcular y comparar impactos, lo que permitió integrar el concepto de Huella de Carbono en políticas públicas y estrategias empresariales a nivel global (Kolk, 2005).

A medida que los gobiernos, las empresas y las organizaciones comenzaron a comprometerse a la neutralidad de carbono, este concepto se vinculó cada vez más con las estrategias de sostenibilidad corporativa y las políticas internacionales. En 2006, la película y libro de Al Gore, "Una verdad incómoda", ayudaron a popularizar el término "neutralidad de carbono" en el debate público, llevando el tema del cambio climático a una audiencia más amplia (Gore, 2006).

Futuro; prospectivas, cambio climático y ODS

La transición hacia un modelo de cero emisiones netas se encuentra en el centro de las estrategias climáticas internacionales y nacionales, particularmente en el marco de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Estos objetivos, sucedieron a los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM), amplían la agenda global hacia un enfoque más integral y sostenible, incluyendo metas ambientales, sociales y económicas. La incorporación de conceptos como "neutralidad de carbono" y "cero neto" ha transformado la manera en que las naciones y las organizaciones planifican su respuesta al cambio climático, estableciendo metas claras para mitigar sus impactos.

El Acuerdo de París como punto de inflexión

El Acuerdo de París (2015) representa uno de los hitos más significativos en la gobernanza climática global. Con el objetivo de limitar el aumento de la temperatura global a 2 °C por encima de los niveles preindustriales, y preferiblemente mantenerlo en 1.5 °C, los países firmantes se comprometieron a reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero. Este acuerdo introdujo el concepto de neutralidad de carbono, que requiere que las emisiones residuales sean compensadas mediante la captura de carbono o actividades equivalentes (UNFCCC, 2015).



Además, el Acuerdo de París dio paso a las Contribuciones Nacionalmente Determinadas (CDN), donde cada nación define sus estrategias para alcanzar estas metas. Este enfoque permitió una mayor flexibilidad para que los países adapten sus compromisos a sus contextos económicos y tecnológicos, consolidando al mismo tiempo la Huella de Carbono como una métrica clave para evaluar el progreso.

Cero neto: un objetivo global para 2050

El concepto de "cero neto" ha ganado relevancia en los últimos años, siendo adoptado como un objetivo central por organizaciones internacionales como la Agencia Internacional de Energía (IEA) y las Naciones Unidas (IEA, 2021). El informe de la IEA, "Net Zero by 2050" (2021), proporciona una hoja de ruta detallada que incluye:

- Descarbonización del sector energético: Incrementar significativamente la participación de las energías renovables, reduciendo progresivamente el uso de combustibles fósiles.
- Electrificación de sectores clave: Promover tecnologías como vehículos eléctricos y sistemas de calefacción basados en electricidad.
- Eficiencia energética: Mejorar los estándares tecnológicos para reducir la demanda de energía en edificios, transporte e industria.

Impacto de los ODS en la sostenibilidad climática

En el contexto de los ODS, la Huella de Carbono y la neutralidad de carbono están directamente relacionadas con el ODS 13: Acción por el Clima, pero también con otros objetivos como el ODS 7: Energía asequible y no contaminante y el ODS 12: Producción y consumo responsables. Esta interconexión resalta la necesidad de adoptar un enfoque sistémico que considere el impacto climático en todas las dimensiones del desarrollo sostenible.

Por ejemplo, el impulso hacia una economía de cero emisiones netas debe ser equilibrado con la justicia climática, asegurando que las estrategias no exacerben desigualdades preexistentes, particularmente en países en desarrollo. Esto requiere una gobernanza climática inclusiva y financiamiento internacional para facilitar la transición en economías vulnerables.

Críticas y desafíos futuros

Aunque el concepto de cero neto ofrece un camino claro hacia la mitigación del cambio climático, también enfrenta críticas. Algunos señalan que las metas de compensación de carbono pueden

convertirse en una estrategia para evitar reducciones reales de emisiones, perpetuando un modelo de consumo intensivo en recursos.

- Dependencia de tecnologías no probadas: Las estrategias de captura de carbono, aunque prometedoras, aún enfrentan desafíos tecnológicos, económicos y de escalabilidad.
- Riesgos de greenwashing: Las empresas y gobiernos podrían usar metas de cero neto como herramientas de marketing sin comprometerse genuinamente con reducciones significativas.

Perspectivas para el futuro

Para que los objetivos de neutralidad de carbono y cero neto sean efectivos, será esencial:

- Fortalecer los mecanismos de monitoreo y verificación de emisiones.
- Garantizar que las estrategias incluyan enfoques integrales, como la economía regenerativa, que aborden las causas fundamentales del cambio climático.
- Alinear las políticas climáticas con principios de economía ecológica para asegurar una transición sostenible y justa.

CONCLUSIONES

El análisis teórico-conceptual de la evolución de la Huella de Carbono revela una trayectoria marcada por una transición desde los enfoques holísticos de la economía ecológica hacia soluciones más pragmáticas y tecnificadas. Este cambio refleja las tensiones entre los ideales transformadores propuestos por la economía ecológica y las demandas contemporáneas de políticas globales más específicas y medibles. A través del proceso metodológico de la teoría fundamentada, se ha podido evidenciar cómo el concepto de Huella de Carbono ha pasado de ser una propuesta crítica para el cambio estructural en la relación entre la economía y los límites planetarios a una métrica internacionalmente estandarizada, orientada hacia objetivos como la neutralidad de carbono.

Transición desde el concepto de “economía ecológica” al concepto de “Huella de Carbono”

La economía ecológica, en su búsqueda profunda, destacó la necesidad de un replanteamiento radical del uso de recursos y el crecimiento económico (Daly, 1992; Costanza et al., 1997). Sin embargo, el concepto de Huella de Carbono, tal como se observa en la literatura, surge como respuesta a la necesidad de herramientas prácticas y cuantificables para abordar el cambio climático en un mundo globalizado y tecnificado (Wackernagel y Rees, 1998). La estandarización a través de normas como ISO 14067 (2013)

y el GHG Protocol (2004) facilitó la integración de esta métrica en los marcos normativos y empresariales, impulsando su adopción como un indicador clave en la evaluación de impactos ambientales.

Impacto de la estandarización y la medición de emisiones

A lo largo de las últimas cuatro décadas, el paso de la economía ecológica hacia una medición concreta y tecnificada ha sido fundamental en la creación de inventarios de gases de efecto invernadero (GEI) y metodologías específicas, como las asociadas al Análisis de Ciclo de Vida (ACV) (ISO 14040 e ISO 14044, 2000). La Huella de Carbono se consolidó como un instrumento que no solo facilita la medición de las emisiones, sino que también refleja las crecientes demandas por un control más riguroso y verificable de los impactos ambientales. Sin embargo, esta transición plantea preguntas sobre si la cuantificación puede reemplazar la necesidad de una transformación más amplia y profunda de los sistemas socioeconómicos hacia una verdadera sostenibilidad.

Conceptos emergentes

Los conceptos emergentes como la neutralidad de carbono y las metas de cero emisiones netas reflejan una adaptación pragmática a los retos del cambio climático, pero también evidencian la tensión entre las soluciones técnicas y las transformaciones estructurales necesarias. Aunque estas métricas permiten avances significativos en la reducción de emisiones, la integración de principios de justicia climática y sostenibilidad profunda sigue siendo un desafío. A medida que la Huella de Carbono se institucionaliza, es crucial que su aplicación no se limite a meras mediciones, sino que se considere parte de una estrategia más amplia que también apoya a las transformaciones sociales y económicas necesarias para lograr una sostenibilidad genuina.

Desafíos

Uno de los hallazgos más importantes de este análisis es que, aunque la Huella de Carbono ha sido un paso crucial en la gobernanza climática global, su enfoque tecnificado puede diluir los objetivos de justicia social y ambiental que fueron planteados originalmente, por la economía ecológica. Al centrarse en soluciones prácticas y estandarizadas, el concepto ha sido absorbido en las políticas climáticas dominantes, a menudo desvinculadas de una crítica estructural más profunda hacia los modelos de desarrollo y crecimiento económico que perpetúan la desigualdad.



En este sentido, futuras investigaciones deben explorar cómo las métricas de Huella de Carbono pueden ir acompañadas de una mayor integración de principios éticos y de justicia social para abordar las desigualdades globales en la responsabilidad y capacidad de mitigación climática.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Amaya Amaris, J. (2022). Cambio climático y responsabilidad del estado: hacia un nuevo esquema de reparación administrativa. pp. 8–9.

DOI: [10.57998/bdigital.handle.001.12975](https://doi.org/10.57998/bdigital.handle.001.12975)

Arias, C. (2012). La teoría fundamentada: decisión entre perspectivas. *AuthorHouse*. pp. 49–50.

Atkinson, G., y Pearce, D. (1993). Capital theory and the measurement of sustainable development: an indicator of weak sustainability. *Ecological Economics*, 8(2). pp. 103–108.

DOI: [10.1016/0921-8009\(93\)90039-9](https://doi.org/10.1016/0921-8009(93)90039-9)

Bazan, G. (1997). Our Ecological Footprint: reducing human impact on the earth. *Electronic Green Journal*, 1(7).

DOI: [10.5070/G31710273](https://doi.org/10.5070/G31710273)

Bryant, A., y Charmaz, K. (2019). *The SAGE Handbook of Current Developments in Grounded Theory*. London: SAGE Publications.

Brundtland, G. (1987). Informe Brundtland. Editorial: OMS Washington.

Costanza, R., y Daly, H. (1992). Capital natural y desarrollo sostenible. *Biología de la conservación* 1, pp. 37–45.

Costanza, R., Cumberland, J., Daly, H. Goodland, R., y Nogaard, R. (1997). An Introduction to Ecological Economics. St. Lucie Press, Boca Raton. pp. 275.

Corbin, J., y Strauss, A. (1994). Grounded theory methodology. *Handbook of qualitative research*, 17(1). pp. 273-285.

Daly, H. (1990). Sustainable development: from concept and theory to operational principles. *Population and development review*, 16, pp. 25–43.

DOI: [10.2307/2808061](https://doi.org/10.2307/2808061)

Daly, H. E. (1992). Allocation, distribution, and scale: towards an economics that is efficient, just, and sustainable. *Ecological Economics*, 6(3). pp. 185–193. DOI: [10.1016/0921-8009\(92\)90024-m](https://doi.org/10.1016/0921-8009(92)90024-m)



- Elkington, J., y Rowlands, I. (1999). Cannibals with forks: The triple bottom line of 21st century business. *Alternatives Journal*, 25(4), pp. 42.
- Gates, B. (2021). *How to avoid a climate disaster: the solutions we have and the breakthroughs we need*. Vintage.
- Glaser, B., y Strauss, A. (1967). *The Discovery of Grounded Theory: Strategies for Qualitative Research*. Chicago, IL: Aldine Publishing Company.
- Gore, A. (2006). *An Inconvenient Truth: The Planetary Emergency of Global Warming and What We Can Do About It*. Rodale Books.
- International Energy Agency (IEA). (2021). Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector. París: IEA. Recuperado de <https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>
- International Organization for Standardization (ISO). (2000). ISO 14040:2000 – *Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework*. International Organization for Standardization. Recuperado de <https://www.iso.org>
- International Organization for Standardization (ISO). (2000). ISO 14044:2000 – *Environmental management – Life cycle assessment – Requirements and guidelines*. International Organization for Standardization. Recuperado de <https://www.iso.org>
- International Organization for Standardization (ISO). (2006). ISO 14064:2006 – *Greenhouse gases – Part 1, 2 and 3: Specification with guidance at the organization and project levels for quantification, monitoring and reporting of greenhouse gas emissions and removals*. International Organization for Standardization. Recuperado de <https://www.iso.org>
- International Organization for Standardization (ISO). (2013). ISO 14067:2013 – *Greenhouse gases – Carbon footprint of products – Requirements and guidelines for quantification and communication*. International Organization for Standardization. Recuperado de <https://www.iso.org>
- Kolk, A. (2005). Corporate social responsibility in the Coffee Sector:: The Dynamics of MNC responses and code development. *European Management Journal*, 23(2). pp. 228–236. DOI: [10.1016/j.emj.2005.02.003](https://doi.org/10.1016/j.emj.2005.02.003)



- Pearce, D., y Atkinson, G. (2017). Capital theory and the measurement of sustainable development: an indicator of “weak” sustainability. *In The economics of sustainability*. pp. 227–232. DOI: [10.1016/0921-8009\(93\)90039-9](https://doi.org/10.1016/0921-8009(93)90039-9)
- PNUMA (2021). [Informe sobre la brecha de emisión 2021](#).
- Rees, W. (1992). Ecological footprints and appropriated carrying capacity: what urban economics leaves out. *Environment and urbanization*, 4(2), pp. 121–130. DOI: [10.1177/095624789200400212](https://doi.org/10.1177/095624789200400212)
- Rees, W., y Wackernagel, M. (1994). Huellas ecológicas y capacidad de carga apropiada: medición de los requerimientos de capital natural de la economía humana. En *Invertir en capital natural: el enfoque de la economía ecológica para la sostenibilidad*, AM. Jansson, M. Hammer, C. Folke y R. Costanza (eds). Washington: Island Press.
- Rees, W. (1994). *Pressing global limits: Trade as the appropriation of carrying capacity*. Vancouver: Centre for Human Settlements, University of British Columbia.
- Rees, W. (1995). *Cumulative environmental assessment and global change*. *Environmental Impact Assessment Review*, 15(4). pp. 295–309.
DOI: [10.1016/0195-9255\(95\)00029-e](https://doi.org/10.1016/0195-9255(95)00029-e)
- Rees, W. 1996. Revisitando la capacidad de carga: indicadores de sostenibilidad basados en áreas. *Población y Medio Ambiente* 17(3), pp. 195–215.
- Sterrerr, W. (1993). Human economics: A non-human perspective. *Ecological Economics*, 7(3), pp. 183–202.
DOI: [10.1016/0921-8009\(93\)90003-o](https://doi.org/10.1016/0921-8009(93)90003-o)
- Urquhart, C. (2022). Grounded theory for qualitative research: A practical guide. pp. 35–36.
- United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). (2015). *The Paris Agreement*. Recuperado de <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement>
- Wackernagel, M., y Rees, W. (1995). *Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth*. New Society Publishers.
- Wackernagel, M., y Rees, W. (1998). *Our ecological footprint: reducing human impact on the earth* (Vol. 9). New society publishers.



World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) y World Resources Institute (WRI).

(2004). *The Greenhouse Gas Protocol: A Corporate Accounting and Reporting Standard (Revised Edition)*. World Resources Institute and World Business Council for Sustainable Development. Recuperado de <https://ghgprotocol.org>

