



Mercados de carbono y sostenibilidad: análisis cientométrico y brechas teóricas en la investigación global


Carbon markets and sustainability: scientometric analysis and theoretical gaps in global research

DOI: <https://doi.org/10.17981/econcuc.Org.6698>

Resumen

Artículo de Revisión

Fecha de recepción: 03/09/2025
Fecha de devolución: 07/11/2025
Fecha de aceptación: 17/11/2025
Fecha de publicación: 20/11/2025

Yolima Andrea Lemus-Restrepo 
Universidad Nacional de Colombia
Manizales, Caldas (Colombia)
yalemusr@unal.edu.co

Jaime Andrés Vieira-Salazar 
Universidad Nacional de Colombia
Manizales, Caldas (Colombia)
javieiras@unal.edu.co 

Para citar este artículo:
Lemus-Restrepo, Y. A. y Vieira-Salazar, J. A. (2025). Mercados de carbono y sostenibilidad: análisis cientométrico y brechas teóricas en la investigación global. *Económicas CUC*, 46(2), e236698. <https://doi.org/10.17981/econcuc.Org.6698>

JEL: Q54, Q56, O13, C18, Q58

La relevancia actual de los mercados de carbono como instrumentos de política climática y desarrollo sostenible demanda una revisión crítica de sus fundamentos teóricos e institucionales. Este estudio tiene como objetivo analizar la evolución y los vacíos conceptuales en la investigación sobre mercados de carbono, con el fin de orientar futuras discusiones en torno a la gobernanza ambiental y la sostenibilidad económica. Se aplicó un diseño exploratorio-descriptivo basado en una revisión cientométrica, complementada con revisión narrativa para identificar estructuras temáticas y tendencias de investigación. Los resultados evidencian una concentración en enfoques económicos y de política pública, con limitada integración de las dimensiones de gobernanza, equidad y sostenibilidad. El estudio resalta la necesidad de una mayor convergencia teórica y propone una agenda de investigación que fortalezca la coherencia entre los mecanismos de mercado de carbono, el diseño regulatorio y los objetivos de la transición climática.

Palabras clave: Mercados de carbono; economía ambiental; gobernanza del mercado; diseño regulatorio; sostenibilidad climática.

Abstract

The current relevance of carbon markets as instruments of climate policy and sustainable development demands a critical review of their theoretical and institutional foundations. This study aims to analyze the evolution and conceptual gaps in carbon market research in order to guide future discussions on environmental governance and economic sustainability. An exploratory-descriptive design was applied, based on a scientometric review, complemented by a narrative review to identify thematic structures and research trends. The results show a concentration on economic and public policy approaches, with limited integration of the dimensions of governance, equity, and sustainability. The study highlights the need for greater theoretical convergence and proposes a research agenda that strengthens coherence between carbon market mechanisms, regulatory design, and climate transition objectives.

Keywords: Carbon Markets, Environmental economics, Market governance, Regulatory design, Climate sustainability.

INTRODUCCIÓN

El crecimiento económico debe ser armónico con la sociedad, la política y la preservación del medio ambiente (Del Cioppo Morstadt, 2019). Las empresas actualmente tienen un impacto directo en el entorno social y ambiental por medio de sus actuaciones, por lo que es fundamental para la ética y la responsabilidad empresarial, poder asumir los problemas ambientales que se producen y tratar de mitigarlos (Cubero, 2021).

La protección ambiental, el ambientalismo y las acciones para frenar problemáticas como el efecto invernadero, han concientizado a las corporaciones sobre la importancia de la axiología ambiental en sus anuncios, documentos y páginas web. De hecho, el desarrollo sostenible propone una sociedad más respetuosa con el medio ambiente y busca equilibrar el crecimiento económico, la preservación de los recursos naturales y el bienestar social (Cárdenas et al., 2023). En efecto, la economía ecológica sostiene que el crecimiento económico no debe presionar la capacidad de sustentación de los ecosistemas arriesgando la misma sustentabilidad humana (Vergara Tamayo & Ortiz Motta, 2016).

Las empresas están siempre buscando innovaciones para sobresalir en el contexto ambiental, adoptando métodos de producción sostenibles, implementando estrategias de marketing ecológico y ofreciendo productos y servicios de manera socialmente responsable (Rusko, 2021). En efecto, los emergentes mercados de carbono, así como la oferta de productos verdes, se ha convertido en un enfoque importante para que las organizaciones tengan una ventaja competitiva (Lee et al., 2018; Zhang et al., 2018).

Bajo esta perspectiva, los clientes pueden preferir comprar bienes y servicios de empresas con reputación de cuidar el medio ambiente natural (Ramus & Montiel, 2005). Esta dinámica crea un mecanismo de mercado que premia la eficiencia y la innovación en la reducción de emisiones, fomentando la adopción de prácticas empresariales más respetuosas con el medio ambiente, acompañada de la necesaria adopción de políticas públicas para reducir las emisiones de carbono que no impacten negativamente sobre los niveles de vida (Villegas Pocaterra et al., 2022).

La creciente conciencia sobre el cambio climático ha llevado a un replanteamiento fundamental en la forma en que las empresas abordan sus responsabilidades ambientales. En este contexto, los mercados de carbono han surgido como un elemento clave en el panorama empresarial, ofreciendo un enfoque innovador y eficaz para mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). Este artículo bibliométrico se sumerge en la literatura existente para explorar de manera exhaustiva la influencia de los mercados de carbono en las estrategias empresariales relacionadas con la sostenibilidad ambiental.

Desde la identificación de patrones y tendencias hasta la evaluación de la efectividad de estos mercados como herramienta para fomentar prácticas comerciales más respetuosas con el medio ambiente, este análisis bibliométrico busca arrojar luz

sobre la evolución y el impacto de los mercados de carbono en el tejido empresarial contemporáneo.

En la literatura disponible consultada en este artículo, aparecen cuatro documentos (dos artículos y dos revisiones) que utilizaron metodologías bibliométricas; no obstante, los estudios presentan sesgos temáticos y temporales. De los cuatro documentos identificados, dos desarrollaron estudios temáticamente específicos en los que se abordó la relación de los mercados de carbono con el mercado de la electricidad (Li et al., 2023) y con los riesgos asociados a este mercado (Liu et al., 2024). Por último, dos estudios de corte bibliométrico presentan sesgos temporales al ser desarrollados antes de la década del 2020 (Du et al., 2015; Hua & Dong, 2019). Es importante mencionar en este particular, que para la muestra documental que se incluye en este documento, más del 70% de la producción bibliográfica de mercados de carbono fue extraída de la base Scopus, no tomada en cuenta en los estudios bibliométricos mencionados. De otra parte, ninguno de los artículos mencionados propone un análisis de tendencias de investigación basado en el Tree of Science (ToS).

Los anteriores factores denotan el valor y utilidad del presente estudio en cuanto a su novedad metodológica, amplitud de la muestra documental, actualización y uso de las dos bases de datos más importantes en la literatura científica, como son WoS y Scopus (Huanca-Arohuanca, 2022; Pedraza-Navarro & Sánchez-Serrano, 2022; Wilches-Visbal et al., 2023).

A pesar de la importancia de los mercados de carbono como instrumentos para mitigar el cambio climático, aún se observan vacíos teóricos en torno a su eficacia, legitimidad y contribución real a la sostenibilidad. La literatura disponible evidencia una dispersión conceptual y una falta de integración entre enfoques económicos, institucionales y ambientales. Esta revisión pretende identificar dichos vacíos y tensiones teóricas, proponiendo un marco analítico que oriente futuros estudios en la temática.

El propósito del presente documento fue analizar la evolución y los vacíos conceptuales en la investigación sobre mercados de carbono, buscando orientar futuras discusiones en torno a la gobernanza ambiental y la sostenibilidad económica. planteando la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuáles son las características estadísticas de los documentos académicos disponibles en las bases de datos Scopus y WoS en el tema de los mercados de carbono?

Para ello, se realizó un análisis cuantitativo de la producción científica en las bases mencionadas y una revisión narrativa de la literatura (Ferrari, 2015; Juntunen & Lehenkari, 2021) para analizar las principales temáticas recurrentes y tendencias de investigación en el área. Los resultados bibliométricos se procesaron mediante la aplicación de plataformas y software como RStudio, Gephi y ToS. Los mapeos científicos se utilizan para trazar nuevas direcciones destinadas a fortalecer la producción futura de conocimiento (Chen et al., 2015).

Finalmente, luego de esta introducción, este artículo se encuentra estructurado en cuatro partes: La primera explica la metodología para la búsqueda, selección, procesamiento y análisis de los documentos de la muestra. La segunda presenta los resultados del análisis bibliométrico y de tendencias de investigación, incluyendo los 1203 documentos seleccionados. La tercera propone una revisión narrativa de la literatura sobre las principales tendencias de investigación y temáticas recurrentes en el tema de los mercados de carbono. La última parte propone las conclusiones del artículo.

METODOLOGÍA

El propósito principal de un análisis bibliométrico y una revisión de la literatura es brindar una mirada general de la producción académica en un área del conocimiento, lo que incluye información sobre la tipología de documentos, la distribución geográfica y los autores destacados. Asimismo, un análisis que refleje las redes de conocimiento, tendencias, vacíos y temas relevantes. El análisis bibliométrico sintetiza de manera reproducible y sistemática la documentación disponible, facilitando su avance en el estudio (Aria & Cuccurullo, 2017). La bibliometría permite realizar retrospectivas de amplias áreas del conocimiento, con alta aplicabilidad en la investigación empresarial (Donthu et al., 2021), y se define como la recopilación, manejo y análisis de datos bibliográficos cuantitativos derivados de publicaciones científicas (Verbeek et al., 2002).

Un análisis bibliométrico se compone de varias fases: la formulación de preguntas a abordar, especificación de ecuaciones y criterios de búsqueda, recopilación de información, definición de criterios para la inclusión o exclusión de documentos, descripción y evaluación de la información recopilada, y presentación de los resultados bibliométricos más destacados. Para este estudio, el compendio de documentos se derivó de los resultados obtenidos de las bases de datos de Scopus y WoS, dado que son reconocidas como de alta utilidad para la investigación debido a su rigurosidad, calidad, visibilidad y difusión (Huanca-Arohuana, 2022; Pedraza-Navarro & Sánchez-Serrano, 2022; Wilches-Visbal et al., 2023). En total, se contempló un total de 1194 documentos de Scopus y 342 de WoS. Para contar con resultados precisos y pertinentes se limitó la búsqueda de las palabras clave en los títulos de los documentos.

Para la identificación de temáticas recurrentes y perspectivas de investigación, se utilizó la herramienta ToS, que desarrolla una metáfora de árbol (Robledo et al., 2014), empleando algoritmos gráficos para la selección de documentos más relevantes en una temática y su evolución en el tiempo (Valencia-Hernandez et al., 2020). Primero, se crea una red de co-citación (Zuluaga et al., 2016), que busca establecer relaciones entre documentos o autores que favorecen el desarrollo de un área de estudio (Di Stefano et al., 2010), tomando los principales autores como unidades de análisis y las cocitaciones de parejas de autores como indicador de sus “distancias”; esto es, si más de dos autores son citados juntos, mayor será la relación entre ellos (Köseoglu, 2020; White & Griffith, 1981).

Posteriormente, se simula un proceso de “savia cruda” de documentos en tres niveles: raíz, tronco y hojas (Valencia-Hernandez et al., 2020). El agrupamiento de documentos o autores co-citados en los tres niveles (en forma de clústeres) identifican estructuras intelectuales subyacentes (Appio et al., 2014) que corresponden a las principales perspectivas de investigación. Así, se identificaron tres agrupamientos (clústeres) que fueron analizados utilizando la técnica de revisión narrativa (Ferrari, 2015; Juntunen & Lehenkari, 2021), proceso que sigue las siguientes etapas: 1) definición del objeto y el alcance de la narrativa (para el caso, determinar principales tendencias de investigación y temáticas recurrentes); 2) determinación de criterios de inclusión y selección de documentos relevantes (elegidos por el algoritmos ToS y ordenados por pagerank); 3) organización de la información en segmentos coherentes (temáticas comunes, principales tendencias, discrepancias entre autores y futuro de la investigación); 4) discusión y, por último 5), conclusiones.

Como criterio de inclusión de los documentos más relevantes que hicieron parte del análisis narrativo por cada clúster determinado por el algoritmo ToS, los autores optaron por el algoritmo pagerank (PR) que originalmente fue diseñado para evaluar la importancia de páginas web mediante el análisis de enlaces entre ellas. En el contexto de la producción académica, el PR se utiliza en las redes de coautoría, asignando mayor peso a aquellos autores que colaboran con otros que también tienen una alta cantidad de colaboraciones.

El PR, entonces, refleja tanto la influencia individual como la centralidad dentro de la comunidad científica. Según Yan & Ding (2011), solo entre el 10% al 20% superior de los autores de una red de coautoría pueden producir datos útiles. Adoptando este criterio, los autores de este artículo seleccionaron para análisis narrativo como mínimo el 10% de los documentos con mayor PR de cada clúster (Ver Tabla 2). Para la ilustración gráfica de los resultados de clusterización, nube de palabras clave y redes de cocitación, se emplearon los softwares Gephi y RStudio (librerías ToSR y Bibliometrics). Por último, se utilizaron herramientas de IA (ChatPDF, ChatGPT y Perplexity-AI y) para mejorar el estilo en cuanto a la revisión gramatical, racionalización de número de palabras y la estructura del texto.

Por medio del uso de las herramientas descritas, y para el caso particular del presente artículo, se pretende responder a dos preguntas de investigación:

¿Cuáles son las características estadísticas de los documentos académicos disponibles en las bases de datos Scopus y WoS en el tema de los mercados de carbono?

¿Cuáles son las principales temáticas abordadas, vacíos teóricos y las tendencias de investigación en los documentos sobre mercados de carbono?

En la Tabla 1 se presentan los parámetros de búsqueda empleados, y en la Tabla 2 está el proceso depurativo de las publicaciones a analizar.

Tabla 1. *Parámetros de búsqueda usados*

Período de consulta	1978 - 2025 (Disponibles en Wos-Scopus)
Fecha de consulta	Noviembre 2024
Tipos de documentos	Artículos (early access, proceeding paper)
	Libros (chapter, review) Otros (conference paper, correction, editorial material, erratum, letter, meeting abstract, news, note, reprint, retractions, review, short survey)
Campos de búsqueda	Título
Términos de búsqueda	“Carbon market*” o “Carbon trad* market*”(ver nota)

Fuente: elaboración propia

Nota: la ecuación de búsqueda se limitó a los términos “carbon market” y “carbon trading market” que incluyen conceptos genéricos sobre los sistemas de comercio de emisiones y mercados de carbono. No se incluyeron términos como “Emissions Trading System”, “Carbon Credit Market”, “Cap-and-trade system”, “carbon pricing”, “carbon tax”, “Carbon allowance” o “carbon quota”, que, aunque relacionados, son de su naturaleza específica y alcance regional.

Tabla 2. *Proceso depurativo de documentos basado en el PRISMA Statement*

Identificación (recuperados)	Scopus = 1194	WoS = 342
Tamizaje (depurados)	Después de duplicados = 1203 (depurados)	Excluidos (duplicados) = 333
Elegibilidad	Elegibles para análisis bibliométrico/narrativo= 1203	
Inclusión (analizados)	Incluidos para análisis bibliométrico: 1203	Raíz y tronco: 15 Clúster 1: 19 (PR > 0.00156. (10.5% de los documentos del clúster)
	Incluidos para síntesis cualitativa (algoritmo TOS y mayores PR) = 76	Clúster 2: 20 (PR > 0.00177. (11.1% de los documentos del clúster)
		Clúster 3: 22 (PR > 0.00170. (12% de los documentos del clúster)

Fuente: elaboración propia basado en [Liberati et al. \(2009\)](#).

La integración de los métodos utilizados, y a partir de la revisión narrativa de los principales documentos disponibles, permitió mapear la estructura intelectual del campo e identificar patrones de concentración y dispersión sobre mercados de carbono. Se evidenciaron las áreas temáticas consolidadas, así como los principales vacíos en los marcos teóricos y las temáticas emergentes de investigación, aportando una base conceptual y analítica para la proposición de una agenda futura que oriente nuevos estudios sobre sostenibilidad y economía ambiental.

RESULTADOS

Mapeo de la producción científica

La **Tabla 3** presenta información estadística esencial sobre los documentos de la muestra. De mencionar que, de los 1203 documentos, cerca del 70% corresponden a artículos científicos, lo que se traduce en dinamismo y rigor científico en la producción académica. Se aprecia una alta dispersión de los documentos en las diferentes fuentes o revistas, con poco más de dos publicaciones por fuente en promedio (mayor información en la **Fig 3**).

De otra parte, se evidencia un alto promedio de coautoría en la producción documental (3.09 autores por publicación en promedio) y solo un 2% de los documentos

ostentan sólo un autor. Dichas colaboraciones se presentan, principalmente, entre países de economías desarrolladas como Estados Unidos, Inglaterra, Australia, India y China, siendo este último, el país que cuenta con la mayor cantidad de publicaciones en términos comparativos (ver Fig 1), lo que se corrobora en la producción por autores (Tabla 4) y sus afiliaciones (Tabla 5). En efecto, el top 10 de los autores con mayor producción bibliográfica e impacto, son de procedencia China (Tabla 4), y 7 de las 10 principales filiaciones corresponden a entidades chinas (ver Tabla 5).

Es de mencionar que, en los resultados bibliométricos, se aprecia que fue a partir del inicio de la década de 2000 donde la producción científica comienza a mostrar resultados importantes en las bases utilizadas, mostrando un incremento significativo hacia el año 2010 y un pico máximo en el año 2023. La tasa anual de crecimiento negativa (-1.46) se debe al año final incompleto de documentos extraídos de las bases de datos para la muestra documental de este artículo.

Tabla 3. Información básica de documentos

Descripción	Resultados
Periodo de tiempo	1978:2025
Fuentes	597
Documentos	1203
Porcentaje anual de crecimiento	-1.46
Promedio de citas por documento	15.93
Número de autores	2108
Documentos con único autor	241
Promedio de coautoría por documento	3.09
Porcentaje de coautoría internacional	6.816
Tipos de documentos	
Artículos (early access, proceeding paper)	841
Libros y capítulos de libro	113
Otros (conference paper, correction, editorial material, erratum, letter, meeting abstract, news, note, reprint, retractions, review, short survey)	249

Fuente: Elaboración propia con base en RStudio–Biblioshiny

Fig 1. Producción y colaboración entre países



Fuente: Elaboración propia con base en RStudio–Biblioshiny

Tabla 4. Número de publicaciones y factor de impacto de autores

Autor	Índice H	Total citas	Número de publicaciones
Li Y	14	877	29
Zhu B	11	651	19
Liu J	9	279	21
Wang P	9	501	19
Zhang C	9	170	18
Li X	8	238	20
Li Z	8	240	18
Lin B	8	308	11
Wang H	8	202	16
Zhang Y	8	563	18

Fuente: Elaboración propia con base en RStudio–Biblioshiny

Tabla 5. Producción por afiliaciones

Principales Afiliaciones	Número de artículos
North China Electric Power University	60
Tsinghua University	38
Wuhan University	29
Jinan University	21
Jiangsu University	20
Beihang University	18
Duke University	18
Hefei University of Technology	18
Xi'an Jiaotong University	17
Dongbei University of Finance and Economics	16

Fuente: Elaboración propia con base en RStudio–Biblioshiny

Colaboración entre autores

La **Fig 2** ratifica la hegemonía China en la producción bibliográfica sobre el tema de mercados de carbono; no obstante, tanto para este caso particular, como para el resto de países con importante producción académica en el tema, es común que parte significativa de dicha producción sea publicada por autores del mismo país (-SCP- Single Country Publications, por sus siglas en inglés).

Análisis de tendencias de investigación y temáticas recurrentes basado en el Algoritmo ToS

El análisis de tendencias de investigación y temáticas recurrentes en el tema de mercados de carbono se llevó a cabo mediante el uso de la plataforma ToS. Dicho análisis tiene dos partes: La primera incluye el análisis de los documentos “raíz” (clásicos o seminales a manera de fuente del acervo documental posterior) y los documentos “tronco” (los que aportan a la estructura del tema, proponen modelos, casos estudio y metodologías de trabajo). La segunda parte identificó las temáticas más recurrentes y las principales tendencias de investigación en el tema. Para esta tarea, se desarrolló una clusterización de la red académica por cocitación de los documentos incluidos en la muestra.

Se identificaron 14 clústeres con 5498 documentos o nodos que se conectan en una red de 18040 citaciones o aristas. La diferencia entre los documentos de la muestra (1203 registros), con los correspondientes a la red de cocitación (5498 registros) se debe a la expansión de las redes que incorporan citación de documentos por fuera de la red de la muestra inicial.

La **Fig 4** muestra todos los clústeres identificados y la red total de cocitación. Se estableció el criterio de un número superior a 750 documentos en cada clúster para desarrollar el análisis narrativo de tendencias de investigación, esto es, un total de 3 clústeres que incluyen cerca del 50% de toda la red de cocitación, así como del total de aristas o cocitaciones. En la **Fig 5** se presenta la red de cocitación de los 3 clústeres seleccionados junto con la correspondiente nube de palabras clave que ofrece un indicio sobre las principales temáticas asociadas a cada clúster.

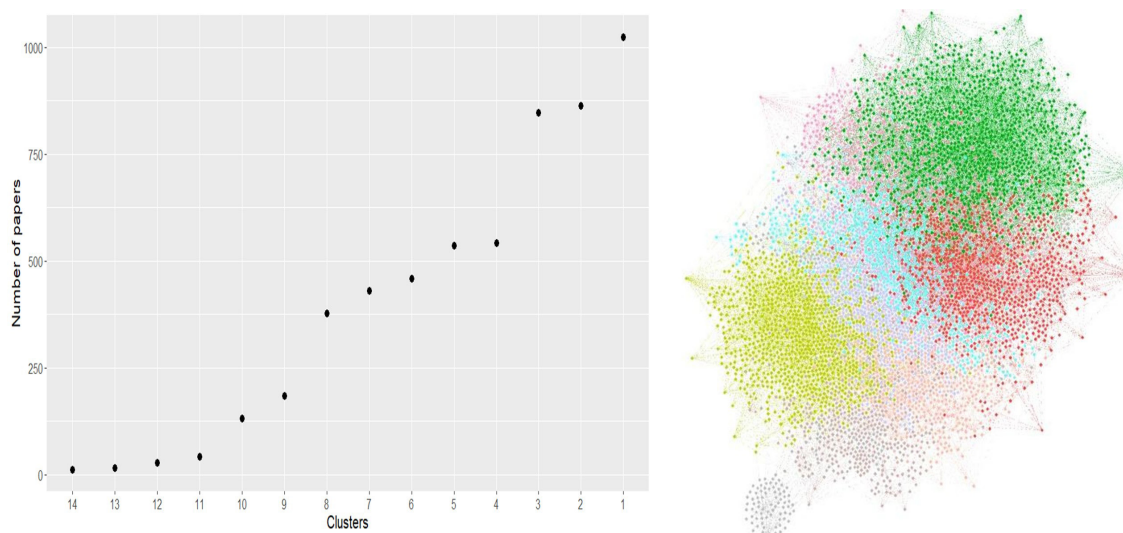


Fig 4. Red de cocitaciones y clusterización
Fuente: Elaboración propia con base en RStudio y Gephi

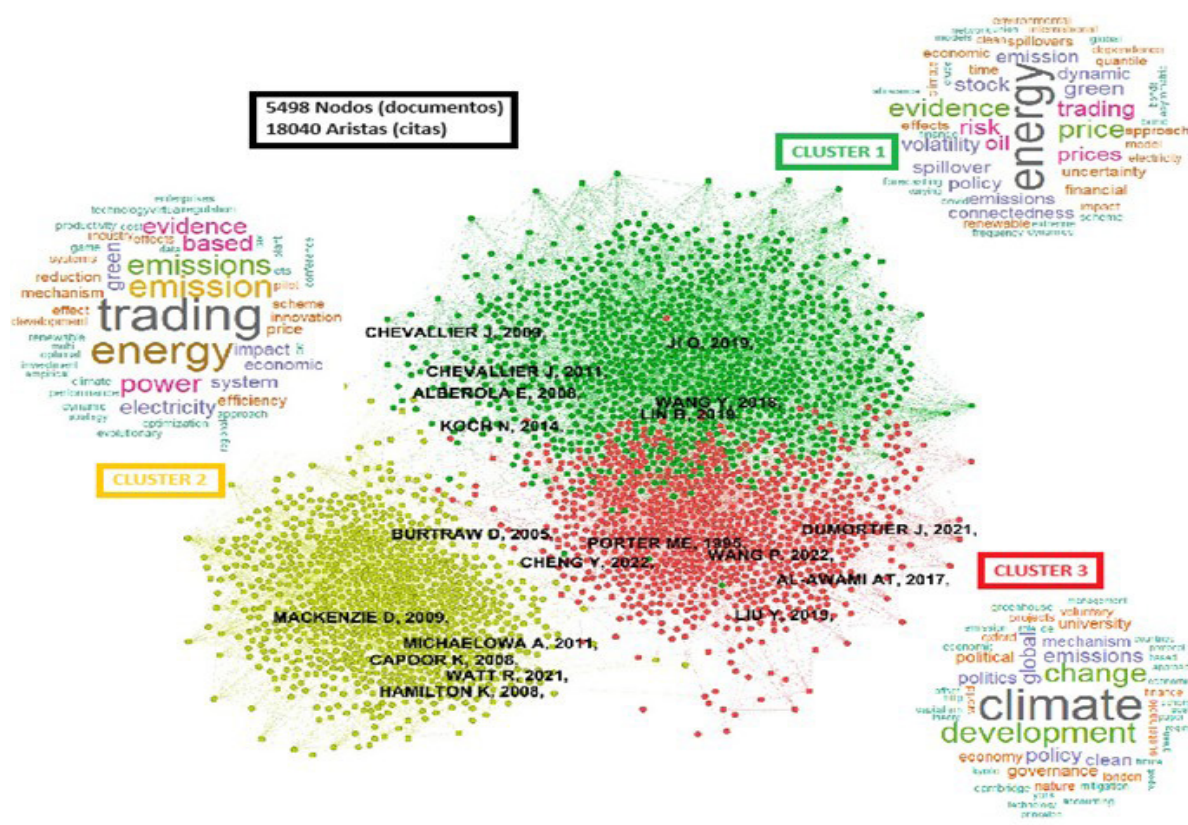


Fig 5. Red de cocitaciones y nubes de palabras claves para los 3 clústeres principales
Fuente: Elaboración propia con base en RStudio y Gephi

Análisis de los documentos raíz y tronco

Los artículos de la raíz y el tronco enfatizan la importancia de los mercados de carbono para abordar el cambio climático, la naturaleza interdisciplinaria de la investigación necesaria para comprender estos mercados y la importancia del análisis empírico para evaluar su eficacia. Los documentos analizados plantean la necesidad de diversos enfoques epistemológicos y contextos históricos para comprender las complejidades de los mercados de carbono.

Un aspecto recurrente en los artículos seleccionados en la raíz y el tronco es el reconocimiento de los mercados de carbono como herramientas importantes para la descarbonización, aunque se observa que en la bibliografía disponible también se debate su eficacia. Los estudios de autores como [Adekoya et al. \(2021\)](#) y [MacKenzie \(2009\)](#) subrayan la necesidad de datos empíricos para validar la rentabilidad y la dinámica operativa de estos mercados. En la misma línea, [Chevallier et al., \(2009\)](#), [Koch \(2014\)](#), [Wang y Cai \(2018\)](#) enfatizan la importancia de una comprensión profunda de los mecanismos específicos que gobiernan estos mercados, incluido el tratamiento de los derechos de emisión y la comensurabilidad de los diferentes gases.

Asimismo, se observan discrepancias en las perspectivas de algunos estudios sobre los fundamentos históricos y epistemológicos de los mercados de carbono. Por ejemplo, mientras que los trabajos de [Zhu et al. \(2020\)](#) y [Chen et al. \(2021\)](#) se centran

en las implicaciones económicas y el papel de los responsables de las políticas en la configuración de estos mercados, otros como [Lin y Jia \(2019\)](#) y [Chevallier \(2011b\)](#) proponen la necesidad de un enfoque científico social más amplio que incorpore dimensiones tecnológicas y sociológicas.

En los artículos de la raíz y tronco se observa el predominio de pocos autores y teorías hegemónicas en el discurso en torno a los mercados de carbono. Sobre el particular, los documentos de algunos autores como [Adekoya et al. \(2021\)](#) y [Ji et al. \(2018\)](#) subrayan la necesidad de ampliar el diálogo a un mayor número de perspectivas, particularmente de contextos no occidentales.

A manera de colofón, los artículos analizados en este aparte enfatizan la necesidad de investigación empírica, colaboración interdisciplinaria, un examen crítico de los contextos históricos y epistemológicos que dan forma a la comprensión de estos sistemas.

Principales perspectivas de investigación y temáticas recurrentes

Clúster 1. Implicaciones para las políticas y la dinámica del mercado

Los documentos del clúster 1 son recurrentes en analizar los mercados de carbono en condiciones de baja volatilidad. Destacan la necesidad de modelos econométricos para analizar las interacciones entre los mercados de energía y los esquemas de comercio de emisiones. Se presta atención a la eficiencia de los mercados de carbono en términos de la relación entre los precios del carbono y energía en diferentes regiones. En efecto, para varios documentos del clúster 1, la intersección de los mercados energéticos y la fijación del precio del carbono se ha convertido en un punto importante en el discurso académico reciente.

Un tema común en la literatura es la volatilidad de los precios de la energía, particularmente del petróleo, y su impacto en los mercados de carbono. Dicha volatilidad plantea riesgos considerables tanto para los inversores como para los formuladores de políticas públicas, debido a la influencia de las fluctuaciones en la eficacia de los mecanismos de fijación de precios del carbono y la estabilidad general de los sistemas de comercio de emisiones.

Por ejemplo, [Yang et al. \(2020\)](#) analizan los cambios en la volatilidad del mercado y la manera como pueden alterar las correlaciones entre los precios del carbono y los productos energéticos. Sugiere el autor que los períodos de mayor volatilidad pueden conducir a vínculos más fuertes. En la misma línea, [Koch \(2014\)](#) plantea la importancia de comprender estas dinámicas para una gestión eficaz del riesgo en el sistema “Carbono-Energía-Finanzas”. Ambos documentos coinciden en que la interconexión de estos mercados requiere un enfoque integral para la formulación de políticas, particularmente, en el contexto de cambios regulatorios.

Sin embargo, se aprecian desacuerdos entre algunos estudios en cuanto a la naturaleza y fuerza de dichas relaciones. [Liu et al. \(2020\)](#) evidencian vínculos a corto plazo entre los precios del carbono y los mercados de energía. [Balçilar](#)

et al. (2016), por su parte, sostienen que las relaciones a largo plazo son menos pronunciadas. Para *Chevallier* (2009) las variables macroeconómicas sólo tienen una conexión superficial con los precios del carbono, lo que indica que otros factores pueden desempeñar un papel más importante en la configuración de la dinámica del mercado.

Por otra parte, *Hintermann et al.*, (2016) postulan que los marcos regulatorios impactan significativamente el comportamiento de los mercados de carbono, particularmente, en la forma de responder a los cambios en los precios de la energía. En la misma línea, *Wang y Guo* (2018) sostienen que las medidas políticas efectivas son esenciales para mejorar la estabilidad y la eficiencia de los mercados de carbono. Los últimos dos documentos llaman la atención sobre la necesidad de políticas adaptativas que puedan responder al cambiante panorama energético, sobre todo en consideración de la creciente transición a fuentes de energía renovables.

Alberola et al., (2009) también contribuyen a la discusión anterior al examinar la determinación del precio de los derechos de emisión de la Unión Europea. Concluyen los autores que el precio futuro de los derechos está significativamente influenciado por los precios de la electricidad y el diferencial de precios del gas de carbón, lo que evidencia la conexión entre los precios de la energía y los mercados de carbono. Lo anterior, refuerza la necesidad de enfoques integrales en la política pública.

En algunos estudios incluidos en el clúster 1, persisten varias limitaciones para la comprensión general de la dinámica del mercado de carbono. Por ejemplo, estudios como los de *Chevallier* (2011a) y *Mizrach* (2012) se basan en datos históricos que pueden no captar las complejidades de las condiciones actuales del mercado. Otras limitaciones incluyen las metodologías empleadas que, frecuentemente, se centran en correlaciones por pares (*Koch*, 2014) que pueden pasar por alto las interacciones sistémicas dentro de la relación Carbono-Energía-Finanzas. Esta limitación conlleva la necesidad de modelos econométricos más detallados que puedan dar cuenta de la naturaleza dinámica de estas relaciones.

En la misma línea, *Lin y Jia* (2019) y *Tan et al.* (2020) enfatizan la necesidad de mayor evidencia empírica y casos estudio para respaldar las decisiones políticas, y reclaman marcos analíticos más sólidos para evaluar las implicaciones de la volatilidad de los precios de la energía en los mercados de carbono. Por ejemplo, los trabajos de *Ji et al.* (2018, 2019) subrayan la importancia de los efectos de derrame y la transmisión de riesgos entre los mercados de carbono y energía.

Pese a que la literatura del clúster 1 enfatiza los avances en los instrumentos de mercado y las políticas de mitigación, se evidencia una tensión entre eficiencia económica y equidad ambiental. Los estudios revisados revelan vacíos en la comprensión sobre la manera en que los mecanismos de gobernanza regulan la adicionalidad, la transparencia y la redistribución de beneficios. En este clúster se evidencia la necesidad de marcos institucionales amplios que equilibren incentivos de mercado con justicia climática y responsabilidad territorial. De otra parte, varios

documentos de este clúster llaman la atención en el uso de casos de estudio y de mayor evidencia empírica.

Clúster 2. Evaluación de la eficacia de la fijación del precio del carbono

Los artículos del clúster 2, similar al clúster 1, enfatizan en la necesidad de mayor evidencia empírica acerca de la efectividad de las políticas de fijación de precios del carbono, destacando un pequeño impacto en la reducción de emisiones. En general, se propende por enfoques interdisciplinarios para comprender mejor los mercados de carbono y enfatizan la importancia de la colaboración entre economistas, científicos y formuladores de políticas para abordar el tema del cambio climático, considerando, al mismo tiempo, factores como la equidad y las complejidades inherentes a la implementación de políticas.

En el panorama cambiante de la política climática, la fijación de precios del carbono se ha convertido en un mecanismo importante en la reducción de emisiones de GEI. Los artículos revisados revelan problemáticas comunes en torno a la efectividad de las estrategias de fijación de precios del carbono, particularmente en los ámbitos del comercio de energía, potencia y electricidad. Una temática recurrente es la limitada evidencia empírica que respalda el desempeño real de estas políticas, y muchos estudios indican que el impacto en la reducción de emisiones es a menudo mínimo (entre el 0% y el 2% anual) (Green, 2021; Song & Moura, 2019).

Varios de los estudios del clúster 2 coinciden en la necesidad de enfoques interdisciplinarios para comprender plenamente las complejidades de los mercados de carbono. Por ejemplo, si bien las teorías económicas proporcionan una base para fijar el precio del carbono, a menudo no abordan la naturaleza compleja de las cuestiones ambientales (Callon, 2009; MacKenzie, 2009). Varios artículos argumentan que una exploración más profunda sobre la construcción y funcionamiento de los mercados de carbono es esencial para evaluar su efectividad ambiental y económica (Burtraw et al., 2005; Hamilton et al., 2008). El estudio de Rabe (2018) coincide con lo anterior y destaca la desconexión entre los marcos teóricos y las aplicaciones prácticas en la fijación del precio del carbono.

Las discrepancias encontradas entre los documentos del clúster 2 gravitan esencialmente en torno a la efectividad de los diferentes mecanismos de fijación de precios. Algunos estudios sugieren que los impuestos al carbono producen resultados ligeramente mejores en la reducción de emisiones en comparación con los sistemas de comercio de emisiones (ETS) (Lohmann, 2010; Watt, 2021). Por el contrario, otros artículos señalan al EU-ETS como un actor importante en el mercado internacional del carbono, aunque con un éxito limitado en lograr reducciones sustanciales de emisiones (Sutter & Parreño, 2007; Wara, 2007). Esta divergencia plantea la inherente complejidad al evaluar las políticas de fijación de precios del carbono, ya que los factores contextuales y las estrategias de implementación pueden influir en los resultados.

La investigación futura es un área crítica destacada en los artículos. Son recurrentes los estudios que advierten la necesidad de evaluaciones más integrales de las políticas de fijación de precios del carbono, enfatizando la necesidad de análisis ex-post que puedan proporcionar evidencia empírica para informar la formulación de políticas (Green, 2021; Paterson, 2012). Se observa consenso sobre la importancia de abordar las dimensiones políticas del precio del carbono, ya que la voluntad política y la aceptación pública son cruciales para la implementación exitosa de estas políticas (Capoor & Ambrosi, 2007; Hamilton et al., 2007).

Sin embargo, las limitaciones de la literatura existente son apreciables. Muchos estudios se basan en modelos teóricos o análisis de covariación que no aíslan adecuadamente los efectos de las políticas de fijación de precios del carbono y de otros factores que influyen (Burtraw et al., 2005; Callon, 2009). De otra parte, la distribución geográfica de los estudios es desigual y se centran significativamente en regiones específicas, lo que podría sesgar la generalización de los hallazgos (Green, 2021). Rocha y de Mello (2005) también subrayan la necesidad de estudios sobre cómo los contextos locales afectan la implementación y los resultados del precio del carbono.

A manera de colofón del clúster 2, si bien el precio del carbono sigue siendo una herramienta importante para afrontar la problemática del cambio climático, los artículos revisados destacan la necesidad de evaluaciones empíricas más rigurosas y colaboración interdisciplinaria para mejorar la comprensión de su eficacia. La evidencia empírica sobre la fijación del precio del carbono muestra tanto resultados heterogéneos como contradictorios. Son predominantes los enfoques econométricos y eficientistas, con poca atención a la legitimidad social o a las asimetrías entre países y sectores. Es manifiesta una saturación de perspectivas neoclásicas y la ausencia de marcos teóricos que integren economía política, comportamiento institucional y dimensiones distributivas del mercado del carbono.

Clúster 3. Estrategias para el desarrollo sostenible y la competitividad

Los documentos del clúster 3 argumentan sobre la importancia de la concentración de la innovación y la colaboración entre diversos stakeholders, incluyendo universidades, empresas y gobiernos, para mejorar las actividades de I+D. Se destaca el papel de los incentivos fiscales para impulsar las inversiones en innovación y la necesidad de proyectos estratégicos para estimular los avances tecnológicos. Asimismo, se discute la importancia de integrar la innovación con las cadenas industriales para mejorar el crecimiento económico.

La relación entre la innovación, la gobernanza y el cambio climático ha surgido como un punto determinante en el ámbito académico. Un tema común en los documentos del clúster 3 corresponde al reconocimiento del papel que juega la innovación para abordar los desafíos climáticos y promover el desarrollo sostenible. Estudios como los de Liu y Mao (2019) y Zhang et al., (2022) enfatizan que mejorar la concentración de la innovación es importante para fomentar el crecimiento

económico regional y mitigar los impactos ambientales adversos, lo que refleja la necesidad de enfoques integrados de gobernanza que prioricen tanto el desarrollo como la gestión ambiental.

Los documentos del clúster 3 también destacan la importancia de la voluntad política en la consolidación de marcos de gobernanza eficientes para facilitar la innovación. Por ejemplo, el estudio de [Huang et al., \(2022\)](#) analiza la gobernanza estratégica y su papel para crear un entorno de innovación, mejorando así la capacidad de las regiones para responder al cambio climático. En la misma línea, [Guo et al., \(2020\)](#) sostienen que la alineación de los objetivos políticos con las metas de innovación es importante para lograr avances en la reducción de emisiones y el desarrollo sostenible. No obstante, en sutil disonancia, investigaciones como las de [Dumortier y Elobeid \(2021\)](#) advierten la necesidad de cambios sistémicos amplios que aborden los factores socioeconómicos que influyen en la dinámica de la innovación.

En algunos artículos se subrayan limitaciones de la investigación actual en este ámbito. Varios estudios, como los de [Chen et al. \(2021\)](#) y [Cheng \(2022\)](#), reclaman investigaciones de corte empírico que vinculen los esfuerzos de innovación con resultados climáticos tangibles, lo que supone la necesidad de enfoques interdisciplinarios entre las ciencias ambientales, la economía y la gobernanza a fin de mejorar la comprensión de las complejidades de la innovación en el contexto del cambio climático.

La investigación futura propuesta por los documentos del clúster 3 incluye la exploración de modelos de gobernanza innovadores que puedan cerrar la brecha entre el avance tecnológico y la sostenibilidad ambiental. Por ejemplo, [Liu et al. \(2022\)](#) sugieren examinar el papel de las asociaciones público-privadas en el fomento de la innovación, lo que podría arrojar información valiosa para mejorar la resiliencia regional al cambio climático. De manera similar, [Zhang et al. \(2019\)](#) proponen el desarrollo de marcos de evaluación integrales que evalúen el impacto de la innovación en los resultados económicos y ambientales. El trabajo de [Al-Awami et al. \(2017\)](#) enfatiza la necesidad de esfuerzos entre la academia y la industria para impulsar la innovación y prácticas sostenibles.

En la misma línea, los trabajos de [Wang L et al. \(2022\)](#) y [Wang P et al. \(2022\)](#) destacan la importancia de integrar consideraciones climáticas en marcos políticos para garantizar que la innovación contribuya a los objetivos ambientales. [Kang et al. \(2015\)](#) analizan el papel de la gobernanza en la configuración del panorama de la innovación, y sugieren políticas efectivas para estimular el crecimiento económico y la protección ambiental. La perspectiva histórica proporcionada por el estudio [Porter & Linde \(1995\)](#) subraya la relación entre la ventaja competitiva y la sostenibilidad ambiental, lo que refuerza la idea de que la innovación no es sólo una herramienta para el desarrollo económico, sino también una necesidad para abordar el cambio climático.

A manera de colofón, los artículos del clúster 2 enfatizan la necesidad de soluciones innovadoras para abordar los desafíos del cambio climático y el desarrollo sostenible. Aunque en los documentos de este clúster se reconoce el potencial de los mercados de carbono en la innovación y la sostenibilidad, la literatura no aborda contundentemente los riesgos de *greenwashing* y la captura corporativa de los mecanismos climáticos. Se evidencia una fragmentación conceptual frente al vínculo entre sostenibilidad y rentabilidad, por lo que se sugieren enfoques transdisciplinarios que incorporen justicia ambiental, responsabilidad social empresarial y modelos alternativos de bajo en carbono.

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

El análisis de los documentos incluidos en la muestra sobre mercados de carbono revela importantes conocimientos sobre su dinámica, sus implicaciones para las políticas públicas y la necesidad de mayor investigación empírica. Si bien los hallazgos indican que los mercados de carbono son cada vez más reconocidos como importantes herramientas en la problemática del cambio climático, su eficacia sigue siendo un tema de debate.

Se pudo evidenciar una estructura conceptual dominada por enfoques económicos y de política pública, con incipiente desarrollo en temáticas como gobernanza y equidad ambiental, lo que significa la existencia de vacíos teóricos en la relación entre sostenibilidad, eficiencia y justicia climática. Asimismo, el análisis permite identificar una transición desde perspectivas instrumentales hacia aproximaciones más críticas e interdisciplinarias, lo que abre una agenda futura de investigación que enfatice la evaluación comparativa de modelos de mercado, la legitimidad de los mecanismos de compensación y el diseño de marcos regulatorios más acordes con los objetivos de la transición climática.

La literatura consultada destaca la importancia de los modelos econométricos para comprender las interacciones entre los mercados de energía y los esquemas de comercio de emisiones, particularmente en condiciones de baja volatilidad. Esto subraya la necesidad de una comprensión más profunda sobre cómo la volatilidad de los precios de la energía, especialmente en los mercados del petróleo, impacta los mecanismos de fijación de precios del carbono y la estabilidad de los sistemas de comercio de emisiones.

Son varios estudios los que exploran las complejidades de la relación entre los mercados de energía y la fijación del precio del carbono. Si bien los mercados de carbono pueden proporcionar incentivos financieros para la reducción de emisiones, su diseño e implementación son fundamentales para lograr los resultados deseados, lo que se alinea con los estudios de autores como [Adekoya et al. \(2021\)](#) y [MacKenzie \(2009\)](#), quienes enfatizan la necesidad de datos empíricos para validar la dinámica operativa de estos mercados.

Las implicaciones del análisis son importantes para los formuladores de políticas y los stakeholders del mercado. Una mejor comprensión de la volatilidad de los precios de la energía y sus efectos en los mercados de carbono puede contribuir a marcos regulatorios y diseños de mercado más eficaces. Asimismo, la literatura sugiere que abordar las limitaciones de las metodologías de investigación actuales (como la dependencia de datos históricos y correlaciones por pares) puede mejorar la solidez y calidad de estudios futuros, lo que exige un cambio hacia modelos econométricos más integrales e interdisciplinarios que tengan en cuenta las interacciones sistémicas dentro de la relación Carbono-Energía-Finanzas.

Son evidentes algunas discrepancias entre los estudios respecto de los fundamentos históricos y epistemológicos de los mercados de carbono. Mientras que algunos académicos sugieren análisis económicos tradicionales (Chen et al., 2021; Zhu et al., 2020), otros abogan por un enfoque más interdisciplinario y amplio que incorpore dimensiones tecnológicas y sociológicas (Chevallier, 2011b; Lin & Jia, 2019). Esta divergencia refleja un reconocimiento cada vez mayor de las limitaciones de los modelos económicos convencionales para abordar las complejidades del cambio climático y la necesidad de soluciones innovadoras que se basen en diversos campos de estudio, como la política pública, la sostenibilidad y los estudios medioambientales.

CONCLUSIONES

Este artículo ofrece una visión integral del panorama científico que rodea el tema de los mercados de carbono, revelando tres clústeres que resaltan áreas críticas de investigación y sus implicaciones para los objetivos de desarrollo sostenible (ODS).

El primer clúster se centra en las interacciones entre los mercados de carbono y los mercados de energía, enfatizando la necesidad de modelos econométricos sólidos para comprender estas dinámicas. Se subraya la importancia de integrar la fijación de precios de la energía con los mecanismos de fijación de precios del carbono, lo cual contribuye en el ODS 7 (Energía asequible y limpia) y el ODS 13 (Acción por el clima). Los hallazgos sugieren que los formuladores de políticas deben considerar la volatilidad de los precios de la energía al diseñar regulaciones del mercado de carbono para garantizar la estabilidad y la eficacia.

El segundo clúster evalúa la efectividad de las políticas de fijación de precios del carbono, revelando un consenso sobre la necesidad de mayor evidencia empírica para evaluar su impacto en las reducciones de emisiones. Lo anterior es importante para el ODS 13, ya que resalta la necesidad de políticas climáticas efectivas que puedan impulsar reducciones en las emisiones de GEI. El llamado a enfoques interdisciplinarios sugiere que la colaboración entre economistas, científicos y formuladores de políticas es esencial para mejorar su eficacia.

El tercer clúster enfatiza en las implicaciones socioeconómicas de los mercados de carbono, particularmente, en lo que respecta a la equidad y la distribución

de beneficios y cargas. Este enfoque se alinea con el ODS 10 (Reducción de las desigualdades), resaltando la importancia de garantizar que los mecanismos del mercado de carbono no afecten de manera desproporcionada a las poblaciones vulnerables.

El artículo evidencia que la producción académica en el tema está concentrada en enfoques económicos y de política pública, no tanto así en las dimensiones institucionales y distributivas de la sostenibilidad. Dicha asimetría teórica sugiere la necesidad de una perspectiva más integrada de los mercados de carbono, donde la eficiencia económica se articule con la gobernanza y la equidad ambiental. En consecuencia, se propone una agenda de investigación que explore los vínculos entre lo regulatorio, la legitimidad institucional y justicia climática, incluyendo el desarrollo de estudios comparativos de corte empírico que contribuyan a la coherencia entre sostenibilidad, competitividad y transición energética.

En general, el artículo no solo contribuye al discurso académico sobre los mercados de carbono, sino que también proporciona marcos de referencia para los responsables de la formulación de políticas que buscan alinear sus estrategias con los ODS. Al abordar las complejidades e interconexiones identificadas en los grupos, los diferentes stakeholders como formuladores y ejecutores de políticas públicas, las comunidades, la academia y el sector privado pueden desarrollar soluciones más efectivas y equitativas para combatir el cambio climático y promover el desarrollo sostenible.

El futuro de la investigación del mercado de carbono es a la vez prometedor y desafiante. Los clústeres identificados (que se centran en las implicaciones políticas, la dinámica del mercado y la evidencia empírica) resaltan la naturaleza multifacética de este campo. Es evidente la necesidad de estudios de casos de corte empírico a fin de respaldar los marcos teóricos y mejorar la pragmaticidad de los resultados de investigación.

Por último, es necesario advertir sobre las limitaciones del presente artículo, en términos de la dependencia de datos históricos y el predominio de algunas perspectivas teóricas pueden obstaculizar una comprensión integral de los mercados de carbono en su necesaria interdisciplinariedad. Como se señaló, la necesidad de modelos econométricos más detallados y evidencia empírica es fundamental para avanzar en el conocimiento en esta área. Específicamente, en relación al presente trabajo, limitaciones del estudio incluyen el uso de las bases de datos como Scopus y WoS, lo que podría restringir el alcance y diversidad de los documentos analizados.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Lemus-Restrepo: Escritura – Borrador original, Escritura - Revisión y edición, Visualización, Supervisión, Metodología, Análisis formal, Curación de datos, Conceptualización.

Vieira-Salazar: Escritura – Borrador original, Escritura - Revisión y edición, Visualización, Supervisión, Administración del proyecto, Metodología, Análisis formal, Curación de datos, Conceptualización.

FINANCIACIÓN

El artículo es producto de la tesis doctoral denominada “Gobernanza territorial en el Mercado Voluntario de Carbono en Proyectos de Reducción de emisiones por Deforestación y degradación de Bosques (REDD+) desde la cosmovisión de Pueblos Indígenas en Guainía, Colombia”, desarrollado en el programa Doctorado en Estudios Ambientales de la Universidad Nacional de Colombia. No recibió financiación externa de instituciones públicas, privadas o de cooperación internacional. Todos los gastos relacionados con el desarrollo del estudio fueron sufragados por los propios autores.

DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses que puedan haber influido en la investigación, la autoría o la publicación de este artículo.

REFERENCIAS

- Adekoya, O. B., Oliyide, J. A., & Noman, A. (2021). The volatility connectedness of the EU carbon market with commodity and financial markets in time- and frequency-domain: The role of the U.S. economic policy uncertainty. *Resources Policy*, 74(102252), 102252. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2021.102252>
- Al-Awami, A. T., Amleh, N. A., & Muqbel, A. M. (2017). Optimal demand response bidding and pricing mechanism with fuzzy optimization: Application for a virtual power plant. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 53(5), 5051–5061. <https://doi.org/10.1109/tia.2017.2723338>
- Alberola, E., Chevallier, J., & Chèze, B. (2009). Emissions compliances and carbon prices under the EU ETS: A country specific analysis of industrial sectors. *Journal of Policy Modeling*, 31(3), 446–462. <https://doi.org/10.1016/j.jpolmod.2008.12.004>
- Appio, F. P., Cesaroni, F., & Di Minin, A. (2014). Visualizing the structure and bridges of the intellectual property management and strategy literature: a document co-citation analysis. *Scientometrics*, 101(1), 623-661. <https://doi.org/10.1007/s11192-014-1329-0>
- Aria, M., & Cuccurullo, C. (2017). Bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, 11(4), 959–975. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007>

- Balcilar, M., Demirer, R., Hammoudeh, S., & Nguyen, D. K. (2016). Risk spillovers across the energy and carbon markets and hedging strategies for carbon risk. *Energy Economics*, 54, 159–172. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2015.11.003>
- Burtraw, D., Evans, D. A., Krupnick, A., Palmer, K., & Toth, R. (2005). ECONOMICS OF POLLUTION TRADING FOR SO₂ AND NO_x. *Annual Review of Environment and Resources*, 30(1), 253–289. <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.30.081804.121028>
- Callon, M. (2009). Civilizing markets: Carbon trading between in vitro and in vivo experiments. *Accounting, Organizations and Society*, 34(3-4), 535–548. <https://doi.org/10.1016/j.aos.2008.04.003>
- Capoor, K., & Ambrosi, P. (2007). *State and trends of the carbon market 2007*. World Bank Institute in cooperation with the International Emissions Trading Association. <https://openknowledge.worldbank.org/server/api/core/bitstreams/d3c47e6d-ab9c-5ddf-b0c1-e2afc2527e6a/content>
- Cárdenas, E. A., Freites, Z. M., & Crespo, H. M. (2023). Estimación y análisis de la relación entre desarrollo económico y emisiones de CO₂. *Económicas CUC*, 44(2), 147–172. <https://doi.org/10.17981/econcuc.44.2.2023.Org.1>
- Chen, C., Dubin, R., & Schultz, T. (2015). Science Mapping. In D. B. A. (ed). M. Khosrow-Pour (Ed.), *Encyclopedia of Information Science and Technology* (pp. 4171–4184). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-4666-5888-2.ch410>
- Cheng, Y. (2022). Carbon derivatives-directed international supervision laws and regulations and Carbon Market mechanism. *Sustainability*, 14(23), 16157. <https://doi.org/10.3390/su142316157>
- Chen, Y., Ba, S., Yang, Q., Yuan, T., Zhao, H., Zhou, M., Bartocci, P., & Fantozzi, F. (2021). Efficiency of China's carbon market: A case study of Hubei pilot market. *Energy (Oxford, England)*, 222(119946), 119946. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.119946>
- Chen, Z., Liu, Z., Suárez Serrato, J. C., & Xu, D. Y. (2021). Notching R&D investment with corporate income tax cuts in China. *American Economic Review*, 111(7), 2065–2100. <https://doi.org/10.1257/aer.20191758>
- Chevallier, J. (2009). Carbon futures and macroeconomic risk factors: A view from the EU ETS. *Energy Economics*, 31(4), 614–625. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2009.02.008>
- Chevallier, J. (2011a). Evaluating the carbon-macroeconomy relationship: Evidence from threshold vector error-correction and Markov-switching VAR models. *Economic Modelling*, 28(6), 2634–2656. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2011.08.003>

- Chevallier, J. (2011b). Macroeconomics, finance, commodities: Interactions with carbon markets in a data-rich model. *Economic Modelling*, 28(1-2), 557–567. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2010.06.016>
- Chevallier, J., Ielpo, F., & Mercier, L. (2009). Risk aversion and institutional information disclosure on the European carbon market: A case-study of the 2006 compliance event. *Energy Policy*, 37(1), 15–28. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.07.030>
- Cubero, M. C. (2021). La Responsabilidad Social Empresarial y el Greenwashing como estrategias empresariales: efectos sobre el medio ambiente. Caso de la industria textil. *Observatorio Medioambiental*, 24, 21–32. <https://doi.org/10.5209/obmd.79512>
- Del Cioppo Morstadt, F. J. (2019). Inserción de Dióxido de Carbono (CO₂) con base al crecimiento económico y la población en Ecuador (2000 – 2050). *Económicas CUC*, 40(2), 183–194. <https://doi.org/10.17981/econcuc.40.2.2019.11>
- Di Stefano, G., Peteraf, M., & Verona, G. (2010). Dynamic capabilities deconstructed: a bibliographic investigation into the origins, development, and future directions of the research domain. *Industrial and Corporate Change*, 19(4), 1187–1204. <https://doi.org/10.1093/icc/dtq027>
- Donthu, N., Kumar, S., Mukherjee, D., Pandey, N., & Lim, W. M. (2021). How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 133, 285–296. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.04.070>
- Du, H., Li, B., Brown, M. A., Mao, G., Rameezdeen, R., & Chen, H. (2015). Expanding and shifting trends in carbon market research: a quantitative bibliometric study. *Journal of Cleaner Production*, 103, 104–111. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.05.094>
- Dumortier, J., & Elobeid, A. (2021). Effects of a carbon tax in the United States on agricultural markets and carbon emissions from land-use change. *Land Use Policy*, 103(105320), 105320. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105320>
- Ferrari, R. (2015). Writing narrative style literature reviews. *Medical Writing*, 24(4), 230–235. <https://doi.org/10.1179/2047480615z.000000000329>
- Green, J. F. (2021). Does carbon pricing reduce emissions? A review of ex-post analyses. *Environmental Research Letters*, 16(4), 043004. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abdae9>
- Guo, H., Chen, Q., Xia, Q., & Kang, C. (2020). Modeling strategic behaviors of renewable energy with joint consideration on energy and tradable green certificate markets. *IEEE Transactions on Power Systems : A Publication of the Power Engineering Society*, 35(3), 1898–1910. <https://doi.org/10.1109/tpwrs.2019.2953114>

- Hamilton, K., Bayon, R., Turner, G., & Higgins, D. (2007). *State of the voluntary carbon market 2007: picking up steam*. Ecosystem Marketplace. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20083168538>
- Hamilton, K., Sjardin, M., Marcello, T., & Xu, G. (2008). *Forging a frontier: state of the voluntary carbon markets, 2008*. Ecosystem Market place & New Carbon Finance. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20083168583>
- Hintermann, B., Peterson, S., & Rickels, W. (2016). Price and market behavior in phase II of the EU ETS: A review of the literature. *Review of Environmental Economics and Policy*, 10(1), 108–128. <https://doi.org/10.1093/reep/rev015>
- Hua, Y., & Dong, F. (2019). China's carbon market development and carbon market connection: A literature review. *Energies*, 12(9), 1663. <https://doi.org/10.3390/en12091663>
- Huanca-Arohuanca, J. W. (2022). Combate cuerpo a cuerpo para entrar a la Liga de los Dioses: Scopus y Web of Science como fin supremo. *Revista venezolana de gerencia*, 27(Edición Especial 7), 663–679. <https://doi.org/10.52080/rvgluz.27.7.43>
- Huang, W., Wang, Q., Li, H., Fan, H., Qian, Y., & Klemeš, J. J. (2022). Review of recent progress of emission trading policy in China. *Journal of Cleaner Production*, 349(131480), 131480. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131480>
- Ji, Q., Xia, T., Liu, F., & Xu, J.-H. (2019). The information spillover between carbon price and power sector returns: Evidence from the major European electricity companies. *Journal of Cleaner Production*, 208, 1178–1187. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.167>
- Ji, Q., Zhang, D., & Geng, J.-B. (2018). Information linkage, dynamic spillovers in prices and volatility between the carbon and energy markets. *Journal of Cleaner Production*, 198, 972–978. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.07.126>
- Juntunen, M., & Lehenkari, M. (2021). A narrative literature review process for an academic business research thesis. *Studies in Higher Education*, 46(2), 330–342. <https://doi.org/10.1080/03075079.2019.1630813>
- Kang, C., Zhou, T., Chen, Q., Wang, J., Sun, Y., Xia, Q., & Yan, H. (2015). Carbon emission flow from generation to demand: A network-based model. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 6(5), 2386–2394. <https://doi.org/10.1109/tsg.2015.2388695>
- Koch, N. (2014). Dynamic linkages among carbon, energy and financial markets: a smooth transition approach. *Applied Economics*, 46(7), 715–729. <https://doi.org/10.1080/00036846.2013.854301>
- Köseoglu, M. A. (2020). Identifying the intellectual structure of fields: introduction of the MAK approach. *Scientometrics*, 125(3), 2169–2197. <https://doi.org/10.1007/s11192-020-03719-8>

- Lee, H. C. B., Cruz, J. M., & Shankar, R. (2018). Corporate social responsibility (CSR) issues in supply chain competition: Should greenwashing be regulated? *Decision Sciences*, 49(6), 1088–1115. <https://doi.org/10.1111/dec.12307>
- Liberati, A., Altman, D. G., Tetzlaff, J., Mulrow, C., Gøtzsche, P. C., Ioannidis, J. P. A., Clarke, M., Devereaux, P. J., Kleijnen, J., & Moher, D. (2009). The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration. *Journal of Clinical Epidemiology*, 62(10), e1–e34. <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2009.06.006>
- Lin, B., & Jia, Z. (2019). What are the main factors affecting carbon price in Emission Trading Scheme? A case study in China. *The Science of the Total Environment*, 654, 525–534. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.11.106>
- Liu, X., Ning, X., Wu, C., & Zhang, Y. (2024). Evolutionary trends in carbon market risk research. *Energies*, 17(18), 4655. <https://doi.org/10.3390/en17184655>
- Liu, X., Zhou, X., Zhu, B., & Wang, P. (2020). Measuring the efficiency of China's carbon market: A comparison between efficient and fractal market hypotheses. *Journal of Cleaner Production*, 271, 122885. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122885>
- Liu, Y., & Mao, J. (2019). How do tax incentives affect investment and productivity? Firm-level evidence from China. *American Economic Journal. Economic Policy*, 11(3), 261–291. <https://doi.org/10.1257/pol.20170478>
- Liu, Z., Qian, Q., Hu, B., Shang, W.-L., Li, L., Zhao, Y., Zhao, Z., & Han, C. (2022). Government regulation to promote coordinated emission reduction among enterprises in the green supply chain based on evolutionary game analysis. *Resources, Conservation, and Recycling*, 182(106290), 106290. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2022.106290>
- Li, Y., Feng, T.-T., Liu, L.-L., & Zhang, M.-X. (2023). How do the electricity market and carbon market interact and achieve integrated development?--A bibliometric-based review. *Energy (Oxford, England)*, 265(126308), 126308. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.126308>
- Lohmann, L. (2010). Neoliberalism and the Calculable World: The Rise of Carbon Trading. In D. Kotz (Ed.), *The Rise and Fall of Neoliberalism* (pp. 1–290). Bloomsbury Publishing. <https://www.torrossa.com/resources/an/5215663>
- MacKenzie, D. (2009). Making things the same: Gases, emission rights and the politics of carbon markets. *Accounting, Organizations and Society*, 34(3-4), 440–455. <https://doi.org/10.1016/j.aos.2008.02.004>
- Mizrach, B. (2012). Integration of the global carbon markets. *Energy Economics*, 34(1), 335–349. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2011.10.011>

- Paterson, M. (2012). Who and what are carbon markets for? Politics and the development of climate policy. *Climate Policy*. <https://doi.org/10.1080/14693062.2011.579259>
- Pedraza-Navarro, I., & Sánchez-Serrano, S. (2022). Análisis de las publicaciones presentes en WoS y Scopus. Posibilidades de búsqueda para evitar literatura fugitiva en las revisiones sistemáticas. *Revista Interuniversitaria de Investigación En Tecnología Educativa*, 41–61. <https://doi.org/10.6018/riite.548361>
- Porter, M. E., & Linde, C. van der. (1995). Toward a new conception of the environment-competitiveness relationship. *The Journal of Economic Perspectives: A Journal of the American Economic Association*, 9(4), 97–118. <https://doi.org/10.1257/jep.9.4.97>
- Rabe, B. (2018). *Can We Price Carbon?* (MIT Press (ed.)). https://books.google.com/books/about/Can_We_Price_Carbon.html?hl=es&id=DeVVDwAAQBAJ
- Ramus, C. A., & Montiel, I. (2005). When are corporate environmental policies a form of greenwashing? *Business and Society*, 44(4), 377–414. <https://doi.org/10.1177/0007650305278120>
- Rocha, M., & de Mello, P. (2005). *Aquecimento global e o mercado de carbono: uma aplicação do modelo CERT*. 421–426. <https://cetesb.sp.gov.br/aguasinteriores/wp-content/uploads/sites/36/2014/04/aquecimentoglobaleomercadodecarbono.pdf>
- Rusko, R. (2021). CSR and Greenwashing in Finland: Analysis About the Public Discussions of Greenwashing. In I. Oncioiu (Ed.), *CSR and Management Accounting Challenges in a Time of Global Crises* (p. 15). IGI Global Scientific Publishing. <https://doi.org/10.4018/978-1-7998-8069-1.ch005>
- Song, L., & Moura, P. (2019). An (Even More) Inconvenient Truth: Why Carbon Credits for Forest Preservation May Be Worse Than Nothing. *Reader Support News*, 1–9. https://www.agricanto.org/uploads/5/2/6/3/52634281/why_carbon_credits_for_forest_preservation_may_be_worse_than_nothing.pdf
- Sutter, C., & Parreño, J. C. (2007). Does the current Clean Development Mechanism (CDM) deliver its sustainable development claim? An analysis of officially registered CDM projects. *Climatic Change*, 84(1), 75–90. <https://doi.org/10.1007/s10584-007-9269-9>
- Tan, X., Sirichand, K., Vivian, A., & Wang, X. (2020). How connected is the carbon market to energy and financial markets? A systematic analysis of spillovers and dynamics. *Energy Economics*, 90(104870), 104870. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2020.104870>
- Valencia-Hernandez, D. S., Robledo, S., Pinilla, R., Duque-Méndez, N. D., & Olivartost, G. (2020). SAP algorithm for citation analysis: An improvement to tree of

- Science. *Ingeniería E Investigación*, 40(1). <https://doi.org/10.15446/ing.investig.v40n1.77718>
- Vergara Tamayo, C. A., & Ortiz Motta, D. C. (2016). Desarrollo sostenible: enfoques desde las ciencias económicas. *Apuntes Del Cenes*, 35(62), 15–52. <https://doi.org/10.19053/22565779.4240>
- Verbeek, A., Debackere, K., Luwel, M., & Zimmermann, E. (2002). Measuring progress and evolution in science and technology – I: The multiple uses of bibliometric indicators. *International Journal of Management Reviews*, 4(2), 179–211. <https://doi.org/10.1111/1468-2370.00083>
- Villegas Pocaterra, E., Molero Oliva, L. E., Rodríguez López, V. E., & Andino Chancay, T. S. (2022). Los efectos del IDH sobre las emisiones de CO2 en América Latina y el Caribe. *Apuntes Del Cenes*, 41(74). <https://doi.org/10.19053/01203053.v41.n74.2022.13996>
- Wang, L., Jiao, S., Xie, Y., Xia, S., Zhang, D., Zhang, Y., & Li, M. (2022). Two-way dynamic pricing mechanism of hydrogen filling stations in electric-hydrogen coupling system enhanced by blockchain. *Energy (Oxford, England)*, 239(122194), 122194. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.122194>
- Wang, P., Tang, J., Zhang, Z., Li, Y., Wu, H., Ji, C., Lin, Z., Ma, J., Qi, H., Zhang, W., Yang, L., & Lin, Z. (2022). Bidding strategy optimization for power generation company in carbon emission rights and electricity market. *Energy Reports*, 8, 325–331. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2022.02.174>
- Wang, Y., & Cai, J. (2018). Structural break, stock prices of clean energy firms and carbon market. *IOP Conference Series. Earth and Environmental Science*, 120, 012018. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/120/1/012018>
- Wang, Y., & Guo, Z. (2018). The dynamic spillover between carbon and energy markets: New evidence. *Energy (Oxford, England)*, 149, 24–33. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.01.145>
- Wara, M. (2007). Is the global carbon market working? *Nature*, 445(7128), 595–596. <https://doi.org/10.1038/445595a>
- Watt, R. (2021). The fantasy of carbon offsetting. *Environmental Politics*, 30(7), 1069–1088. <https://doi.org/10.1080/09644016.2021.1877063>
- White, H. D., & Griffith, B. C. (1981). Author cocitation: A literature measure of intellectual structure. *Journal of the American Society for Information Science. American Society for Information Science*, 32(3), 163–171. <https://doi.org/10.1002/asi.4630320302>
- Wilches-Visbal, J. H., Castillo-Pedraza, M. C., & Obispo-Salazar, K. J. (2023). Clasificación de revistas científicas Publindex 2022: ¿Scopus/Web of Science o perecer? *Revista de La Universidad Industrial de Santander Salud*, 55(1). <https://doi.org/10.18273/saluduis.55.e:23028>

- Yang, S., Chen, D., Li, S., & Wang, W. (2020). Carbon price forecasting based on modified ensemble empirical mode decomposition and long short-term memory optimized by improved whale optimization algorithm. *The Science of the Total Environment*, 716, 137117. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137117>
- Yan, E., & Ding, Y. (2011). Discovering author impact: A PageRank perspective. *Information Processing & Management*, 47(1), 125–134. <https://doi.org/10.1016/j.ipm.2010.05.002>
- Zhang, H., Duan, M., & Deng, Z. (2019). Have China's pilot emissions trading schemes promoted carbon emission reductions?– the evidence from industrial sub-sectors at the provincial level. *Journal of Cleaner Production*, 234, 912–924. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.247>
- Zhang, L., Li, D., Cao, C., & Huang, S. (2018). The influence of greenwashing perception on green purchasing intentions: The mediating role of green word-of-mouth and moderating role of green concern. *Journal of Cleaner Production*, 187, 740–750. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.201>
- Zhang, Y., Qi, L., Lin, X., Pan, H., & Sharp, B. (2022). Synergistic effect of carbon ETS and carbon tax under China's peak emission target: A dynamic CGE analysis. *The Science of the Total Environment*, 825(154076), 154076. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154076>
- Zhu, B., Zhou, X., Liu, X., Wang, H., He, K., & Wang, P. (2020). Exploring the risk spillover effects among China's pilot carbon markets: A regular vine copula-CoES approach. *Journal of Cleaner Production*, 242(118455), 118455. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118455>
- Zuluaga, M., Robledo, G., Osorio-Zuluaga, G. A., Yathe, L., Gonzalez, D., & Taborda, G. (2016). Metabolomics and pesticides: systematic literature review using graph theory for analysis of references. *Nova*, 14(25), 121-138.