OPEN JOURNAL SYSTEMS
ISSN: 2595-4431

Revista **B**rasileña de **M**edio **A**mbiente, v.14, n.2. 244-263 (2026)

Revista Brasileña de Medio Ambiente

Cedrún-Vázquez et al.

Revista Brasileira de Meio Ambiente

Los sistemas de comercio de emisiones de carbono y el desempeño financiero: un análisis bibliométrico

Emilio Cedrún-Vázquez[1], Leticia Elizabeth Romero-García[2, 3], Omar Rojas-Altamirano[4], Norman Aguilar-Gallegos[5, 3*]

[1]*Estudiante en el Doctorado en Ciencias Empresariales. Universidad Panamericana, Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Álvaro del Portillo 49, Zapopan, Jalisco, 45010, México.*
[2]*Doctora en Ingeniería de Sistemas. Universidad Panamericana, Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Álvaro del Portillo 49, Zapopan, Jalisco, 45010, México.*
[3]*Networks and Systems Thinking Research Group – NeST, Zapopan, México.*
[4]*Doctor en Matemáticas. Universidad Panamericana, Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Álvaro del Portillo 49, Zapopan, Jalisco, 45010, México.*
[5]*Doctor en Problemas Económico Agroindustriales. Universidad Panamericana, Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Álvaro del Portillo 49, Zapopan, Jalisco, 45010, México. (*Autor de correspondencia: naguilarg@up.edu.mx)*

Historial del artículo: Enviado el: 20/02/2026 – Revisado el: 27/03/2026 – Aceptado el: 03/04/2026

R E S U M E N

En este artículo se investiga la evolución del conocimiento científico de los Sistemas de Comercio de Emisiones de CO_2 (SCE) y su relación con el desempeño financiero de las empresas. Se analizó una base de datos con 644 documentos con procedimientos bibliométricos: análisis de desempeño y mapeo de la ciencia. En cuanto al primero, los resultados demostraron que el tema ha venido creciendo y atrayendo más el interés de investigación. En el segundo, se reveló que la investigación de los SCE se ha desarrollado en diferentes ejes temáticos, donde los SCE de la UE y de China son los más estudiados. Se encontró evidencia de la relación de los SCE con el desempeño financiero, pero se necesitan más contribuciones empíricas. Se concluye que el tema presenta oportunidades de investigación y que aún hay una brecha en el estudio del desempeño financiero de las empresas y la efectividad de los SCE.

Palabras clave: Sistema de comercio de emisiones, Desempeño financiero, Precio del carbono, Bibliometría, Análisis de redes sociales.

Carbon emissions trading systems and financial performance: a bibliometric analysis

A B S T R A C T

In this study, the evolution of scientific knowledge on emissions trading systems (ETS) for CO_2 and their relationship with the financial performance of firms is researched. A dataset of 644 documents was analysed with bibliometric procedures: performance analysis and science mapping. Regarding the former, results show that the topic has been growing and attracting more research interest. In the latter, it was revealed that research on ETS has developed along multiple thematic streams, where the EU ETS and China ETS are the most analysed. Evidence regarding the link between ETS and the firms' financial performance was found, but further empirical contributions are needed. It is concluded that the topic offers opportunities for research, and there remains a gap regarding the financial performance of firms and the effectiveness of the ETS.

Keywords: Emissions trading systems, Financial performance, Carbon price, Bibliometrics, Social network analysis.

Cedrún-Vázquez, E., Romero-García, L. E., Rojas-Altamirano, O., Aguilar-Gallegos, N. (2026). Los sistemas de comercio de emisiones de carbono y el desempeño financiero: un análisis bibliométrico. **Revista Brasileña de Medio Ambiente**, v.14, n.2, p.244-263.

Derechos de autor. La Revista Brasileña de Medio Ambiente utiliza la licencia Creative Commons CC BY 4.0.

Os sistemas de comércio de emissões de carbono e o desempenho financeiro: uma análise bibliométrica

R E S U M O

Este artigo expõe a pesquisa da evolução do conhecimento científico sobre os Sistemas de Comércio de Emissões de CO2 (SCE) e sua relação com o desempenho financeiro das empresas. Uma base de dados com 644 documentos foi analisada com procedimentos bibliométricos: análise de desempenho e mapeamento da ciência. Quanto à primeira, os resultados demonstraram que o tema tem crescido e atraído mais interesse de pesquisa. No mapeamento, evidencia-se que a pesquisa sobre os SCE foi desenvolvida em diferentes eixos temáticos, sendo os SCE da UE e da China os mais estudados. Foram encontradas evidências da relação dos SCE com o desempenho financeiro, mas são necessárias mais contribuições empíricas. Conclui-se que o tema apresenta oportunidades de pesquisa e que ainda existe uma lacuna no estudo do desempenho financeiro das empresas e da efetividade dos SCE.

Palavras-Chaves: Sistema de comércio de emissões, Desempenho financeiro, Preço do carbono, Bibliometria, Análise de redes sociais.

1. Introducción

Hoy en día, se reconoce la urgencia de descarbonizar la economía mundial para disminuir el acelerado incremento en la temperatura de la tierra, pues este está llegando a niveles que ponen en riesgo los ecosistemas fundamentales para la vida humana. Así, los Sistemas de Comercio de Emisiones (SCE) de CO_2 constituyen una de las políticas públicas con mayor aceptación entre los países firmantes del Acuerdo de París para combatir el Cambio Climático. Los SCE son instrumentos de política pública que operan mediante un esquema de mercado de "*cap and trade*", para reducir las emisiones de CO_2 de las unidades económicas generadoras de Gases Efecto Invernadero (GEI), estableciendo límites a las actividades económicas. Algunos elementos que constituyen los SCE son el precio del carbono, la asignación de los permisos de emisión y los límites de emisión por industria, entre otros (ICAP, 2021).

Los SCE se basan en las teorías económicas de Pigou (1920) y Coase (2013) aplicadas por Crocker (1972), Baumol y Oates (1971), Montgomery (1972), T. Tietenberg (2010), T. H. Tietenberg (1973), entre otros, que fueron usadas para controlar la contaminación del aire en Estados Unidos. También, la referencia previa de la aplicación de un instrumento de mercado para mejorar el medio ambiente fue el Programa de comercio de permisos de dióxido de azufre (SO_2) para el control de la lluvia ácida en Estados Unidos (Ferrall, 1991). Este Programa generó aprendizaje en la aplicación conjunta de políticas ambientales y económicas (Stavins, 1998) y se considera la base para el comercio de emisiones en EUA (Burtraw et al., 2005).

Además, los alcances de los SCE llegan a actividades económicas que incluyen el 58% del PIB mundial, cubriendo el 18% de las emisiones de GEI (ICAP, 2024). De esta forma, el reporte del ICAP (2024) enlista 36 SCE implementados y/o reglamentados; siendo el principal, por su alcance y nivel de madurez, el implementado por la Unión Europea, a partir del 1° de enero de 2005 (Directiva 2003/87/CE) con vigencia al 2030, estableciendo las bases para el Protocolo de Kyoto (Kruger & Pizer, 2004). Adicionalmente, la Ley Europea del Clima establece la urgencia para reducir las emisiones de GEI (European Union, 2021). También se ha reconocido el SCE de China (China-ETS), que comenzó a operar en 2021, pues es el más grande en términos de emisiones cubiertas, aproximadamente el 40% de las emisiones del país (ICAP, 2024).

La importancia de este tema sigue en el Acuerdo de París, COP21, en el año 2015, para descarbonizar la economía mundial; posteriormente, en 2016 el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUD), presenta la denominada *Guide to banking and Sustainability* (UNEP, 2016) y, en el G20, se estableció el Grupo de Estudio de Finanzas Verdes (GFSG por sus siglas en inglés). Así, ya en la Cumbre del Clima del 2022, COP27, se destaca el papel de las políticas públicas y los incentivos para reducir las emisiones de las unidades económicas con mayor impacto en la emisión de CO_2 a la atmósfera. Asimismo, en la COP29, entre los temas centrales y prioritarios está la financiación climática.

Es así que la transición a una economía baja en carbono implicará que algunas industrias incrementen su relevancia en la economía, mientras otras dejen de ser viables; un cambio sistémico de este tipo puede tener importantes repercusiones en la estabilidad de los sistemas financieros, con movimientos acelerados en la valuación de activos e incumplimientos de pagos de deuda entre otros (Semieniuk et al., 2021). Si bien en el contexto internacional los compromisos nacionales para disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero son fundamentales para atender un problema de carácter global, se tiene que analizar de manera particular a los generadores de dichas emisiones que son las unidades económicas y más aún cuando se habla de sus efectos en el desempeño financiero de las empresas (López-Manuel et al., 2023). Aún más porque se ha indicado que se tiene poco conocimiento de la relación entre el desempeño ambiental y el desempeño financiero de las empresas (Lee et al., 2015; Park et al., 2024). Sin embargo, las empresas requieren valorar su capacidad innovadora y de desarrollo tecnológico (Pinkse & Kolk, 2010) para tener acceso a herramientas tecnológicas y financieras que les permitan dinamizar sus modelos de negocio, modernizar sus sistemas productivos y mejorar sus estrategias de negocios con relación al cambio climático (Aggarwal & Dow, 2012), por ejemplo las innovaciones ecológicas empresariales (He et al., 2024) o las patentes ambientales (Deng et al., 2024).

Sin embargo, desde la perspectiva de las empresas en particular, esto se traduce en el riesgo de transición de carbono el cual refleja una tasa incierta de ajuste hacia la neutralidad de carbono, por su parte los inversionistas se ven expuestos en los próximos años al riesgo de la transición y los mercados de valores miran hacia el futuro, por lo que es natural preguntarse en qué medida este riesgo de transición se refleja en los rendimientos de las acciones (Bolton & Kacperczyk, 2023).

Lo anterior cobra mayor sentido al considerar el costo de las externalidades (Coase, 2013). Este problema radica en la diferencia entre costos sociales y privados pues la forma en que se distribuyen estos costos suele ser injusta. Aplicado a las externalidades causadas por las emisiones de GEI -costo social- la ley tendría que obligar a las unidades económicas a cubrir este costo por las afectaciones en las regiones más afectadas por el cambio climático. El análisis de costo-beneficio establecería la cantidad óptima de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en el punto en que este costo social sea igual al incremento (Pearce, 2003). También, porque se ha mencionado que las regulaciones ambientales no necesariamente hacen que las empresas sean menos competitivas (Porter, 1991). Por el contrario, se ha explicado que las regulaciones ambientales, que obligan a las empresas a actualizar su tecnología, no sólo reducirán la contaminación, sino que mejorarán la calidad y reducirán los costos, volviéndose una fuente potencial de ventajas competitivas (Porter & Kramer, 2006). Estos conceptos siguen siendo válidos y han evolucionado a otros modelos integrales; por ejemplo, el *Environmental, Social, and Governance* (ESG) o el *Corporate Social Responsibility* (CSR) que han demostrado un buen desempeño financiero (Tarmuji et al., 2016; Tsang et al., 2023).

Bajo este contexto, se reconoce la necesidad de analizar la trayectoria y alcances del conocimiento científico alrededor de los SCE para identificar propuestas, y/o herramientas que permitan evaluar si este mecanismo genera incentivos económicos y financieros suficientes y oportunos para que las empresas inviertan en innovación y tecnología para transitar a una economía baja en carbono; pues se ha hecho énfasis (Naranjo Tuesta et al., 2021) en que es necesario estudiar más a fondo las relaciones entre la rentabilidad de las empresas y las políticas para reducir sus emisiones de carbono.

Lo anterior destaca la importancia de desarrollar un estudio bibliométrico alrededor del tema para buscar evidencia al respecto. Por tanto, el objetivo de este artículo es revelar el cúmulo de conocimiento científico relacionado a los sistemas de comercio de emisiones (SCE), así como su estructura conceptual, a través de un análisis de desempeño y mapeo de la ciencia, propios de una investigación bibliométrica. Con el desarrollo de esta investigación, también se buscan evidencias de la relación entre el desempeño financiero de las empresas y su participación en los SCE. Así, este artículo contribuiría a la identificación de brechas de conocimiento entre los incentivos económicos, los retos y riesgos que enfrentan las unidades económicas participantes en los SCE, en la transición hacia una economía neutra en carbono.

2. Materiales y Métodos

2.1 Definición de los términos de búsqueda

La metodología utilizada, conocida como Análisis bibliométrico, se define por Broadus (1987), como el "estudio cuantitativo de unidades físicas publicadas, o de unidades bibliográficas, de sus subrogantes". Para el uso de los métodos bibliométricos, se integró una colección de 644 artículos, indexados en Scopus, a través de la definición de 17 términos relacionados con el comercio de emisiones de carbono y su unión con el desempeño financiero de las empresas; además, se incorporan los acrónimos "EU-ETS" y "China-ETS" para asegurar la inclusión de las publicaciones de estos sistemas. La cadena de búsqueda final se utilizó en los campos de título, resumen y palabras clave, quedando configurada de la siguiente forma:

TITLE-ABS-KEY("carbon emission* trading" OR "carbon cap and trade" OR "EU ETS" OR "China ETS") AND (TITLE-ABS-KEY("financial performance" OR "financial cost of carbon" OR "climate finance" OR "corporate carbon emission*") OR TITLE-ABS-KEY("cost of capital" OR "cost of debt" OR "stock returns" OR "return on equity" OR "return on assets" OR "capital expenditure" OR "enterprise value" OR "firm value" OR "carbon transition risk" OR "carbon pric*"))

En cuanto a criterios de inclusión y exclusión. No se consideró establecer ningún límite en el periodo de publicación para tener una perspectiva amplia del tema. Para el caso del tipo de documento, se retuvieron aquellos que estuvieran clasificados como *article* y *review* en Scopus. Por último, en el caso del idioma, se consideraron sólo las publicaciones en inglés y español. La descarga de los datos considerando lo anterior se llevó a cabo el día 10 de junio del 2025.

2.2 Limpieza de los datos

Para proporcionar una perspectiva más confiable y precisa del análisis bibliométrico, se procedió a la limpieza de los datos de las variables: nombres de los autores, palabras clave de autores, países y, fuentes de las publicaciones. Se escogieron estas variables por el objetivo mismo de este artículo. En la mayoría de estos casos, se siguió la recomendación de Romero-García et al. (2026), en donde indican la necesidad de homogeneizar y limpiar, al menos, cinco aspectos: homonimias y sinonimias en los nombres de autores y, en el caso de las palabras clave: singular y plural, abreviaturas, errores de escritura, sinónimos y variaciones entre inglés británico y americano.

Con base en lo anterior, por ejemplo, en la base original se tenían 1809 palabras clave de autor, después de la limpieza se tuvieron 1559 (13.8% menos). Este decremento se debió a que varias palabras clave refieren a lo mismo; por ejemplo, se encontraron trece términos distintos para referirse a "EU ETS". En el caso de los autores, en la base original se identificaron 1363 nombres cortos de autores, 1805 nombres largos y 1791 ScopusID, después del proceso de limpieza todos los campos quedaron homologados a 1791 nombres únicos (31.4% más con base en los nombres cortos). Este incremento se debió principalmente a la participación de autores chinos dentro de la colección; así, por ejemplo, se encontró que el nombre corto "ZHANG Y" tenía 16 variantes en nombres largos y 17 diferentes ScopusID. Estos procesos de limpieza, revisión, homogenización y demás, se realizaron en RStudio con librerías del tipo *stringr, tidyr* y *dplyr*, básicamente siguiendo técnicas de minería de texto (Silge & Robinson, 2017).

2.3 Análisis bibliométrico

Para el análisis bibliométrico se utilizaron las dos principales herramientas indicadas por Donthu et al. (2021): análisis de desempeño y mapeo de la ciencia. Así, se aplicaron los indicadores de desempeño para enmarcar y dimensionar la información científica publicada. Posteriormente, a través del mapeo de la ciencia,

junto con el uso del enfoque del análisis de redes sociales (Aguilar-Gallegos et al., 2017; Borgatti et al., 2013), se formaron distintas redes derivadas del análisis de co-palabras. Esto último, se realizó con las palabras clave de autor. En específico, se trabajó el análisis de desempeño en el paquete de Bibliometrix (Aria & Cuccurullo, 2017) en RStudio y, el de mapeo de la ciencia en VOSViewer (van Eck & Waltman, 2010) y los gráficos de redes en Gephi (Bastian et al., 2009).

2.4 Revisión sobre el desempeño financiero y las finanzas verdes

Como se mencionó esta investigación busca también evidencias sobre la relación entre el desempeño financiero de las empresas y los SCE dado que es un tema que hace falta estudiar más a fondo (Naranjo Tuesta et al., 2021). Así, con base en la colección general, se definieron un conjunto de cinco términos asociados al concepto de *green finance* (ver sección 3.3. para mayor detalle), mismos que fueron denominados *financial terms (carbon finance, climate finance, corporate financial performance, green finance, sustainable finance)*. Se ha encontrado que éstos llegan a ser cruciales para promover el crecimiento económico sostenible (Fu et al., 2023) y, con ello ver la relación entre las estrategias de mitigación de emisiones, adaptación al cambio climático y esquemas financieros ambientales. Con base en estos términos, se identificaron un subconjunto de 25 documentos de la colección original que utilizaban los *financial terms*. Estos 25 documentos se leyeron a profundidad y se obtuvieron las principales evidencias relacionadas a la relación entre el desempeño financiero de las empresas y su participación en los SCE. Básicamente, lo anterior represento una revisión sistemática temática de la literatura dentro de la colección original.

3. Resultados y Discusión

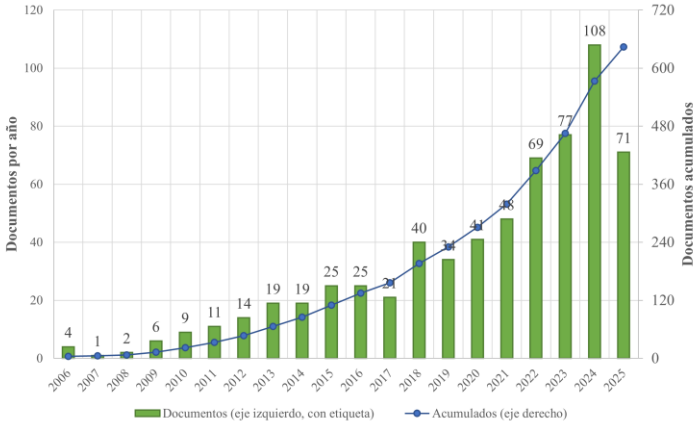
Esta sección se divide en tres bloques, primero se analiza el desempeño a través de la producción científica; posteriormente, se presenta el mapeo de la ciencia mediante el análisis de co-palabras; por último, se sintetizan los artículos identificados con perspectiva financiera alrededor de los SCE.

3.1 Análisis de desempeño

3.1.1 Producción científica

Respecto a la producción científica, se encontró que el tema ha venido en creciendo (Figura 1), con una tendencia positiva y un crecimiento anual de 30.66%, lo que ha permitido que en casi 20 años (2006-2025) haya pasado la producción de cuatro documentos en el 2006 a un acumulado de 644 en el 2025.

Figura 1 – Producción científica anual
Figure 1 – Annual scientific output

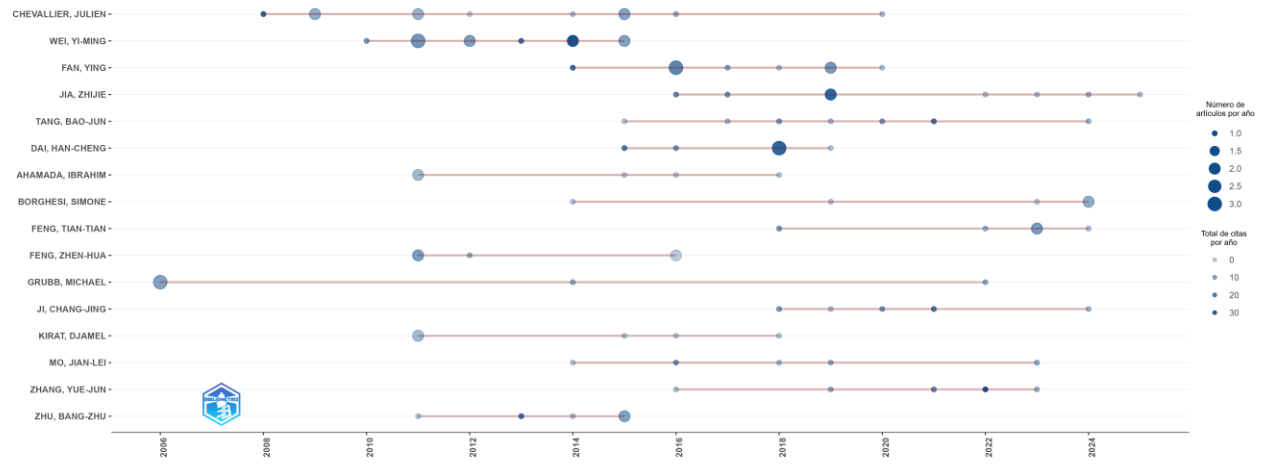


Esta producción significó que, en promedio, se publicaron 32.2 documentos al año. Este hallazgo se refuerza en el hecho de que el primer SCE entró en vigor en la UE a partir de 2005 lo que explica que a partir de 2006 comienza la publicación de artículos de investigación. Adicionalmente, se observa una relación positiva interesante de la producción con la puesta en operación del SCE de China en 2021.

3.1.2 Producción a nivel de autores

En cuanto a los autores relacionados con la producción de los 644 documentos, se identificaron a 1791 autores diferentes, con un promedio de 3.34 autores por artículo, sólo 51 documentos (7.9%) han sido producidos por un solo autor. En la Figura 2, se filtraron los autores más productivos, el límite fue que tuvieran al menos 5 documentos publicados.

Figura 2 – Autores más citados y dinámica de producción
Figure 2 – More cited authors and output dynamics



Fuente: Elaborado por los autores con base en salidas de Bibliometrix (2025)
Source: Prepared by the authors based on the results of Bibliometrix (2025)

Se encontraron 16 autores con tal característica, existiendo dos autores cuya producción llega hasta once documentos, mientras que otros diez han participado en cinco. Otro dato de interés es que varios de estos autores llevan más de diez años dentro de la temática e incluso algunos han publicado hasta tres documentos al año. Por último, varios de estos autores han participado en algunos de los documentos más citados; por ejemplo, Chevallier, J. es coautor en el segundo artículo más citado en la colección (ver siguiente sección).

3.1.3 Producción a nivel de países

Se encontró que la colección, con base en los autores de correspondencia, se ha generado en 47 países; sin embargo, los primero ocho países, con más de diez documentos, concentran el 71.9% de las publicaciones. China predomina con 328 artículos (50.9% del total); en segundo lugar, está Alemania, pero sólo con 34 documentos (5.3%); posteriormente, les siguen Francia con 31 (4.8%), Reino Unido con 21 (3.3%), España con 17 (2.6%), Australia y Corea, ambos con 11 (1.7%), e Italia con 10 (1.6%). Sin embargo, es importante comentar, que hubo 62 documentos (9.6% de la colección) en donde no se indicó este dato. Adicionalmente, los resultados mostraron que 1 de cada 4 documentos se ha publicado en colaboración a nivel de país, pues

149 documentos de los 644 (23.1%) han sido firmados por autores de múltiples países; en este caso, China ha generado 18.9% de su producción con otros países.

3.1.4 Documentos más citados

Al respecto del número de citas que hasta el momento habían acumulado los documentos analizados, se encontró que en promedio las citas por artículo son de 35.2 en toda la colección. Por su parte, lo diez artículos más citados se presentan en la Tabla 1 y éstos acumulan 3870 citas, equivalente al 17.1% del total de citas.

Tabla 1 – Top 10 de los artículos más citados en la colección (TC: total de citas, TCY: citas por año)
Table 1 – Top 10 most cited articles in the collection (TC: total citations, TCY: citations per year)

Posición	Cita	Título	TC	TCY
1	Hua et al. (2011)	Managing carbon footprints in inventory management.	681	45.4
2	Alberola et al. (2008)	Price drivers and structural breaks in European carbon prices 2005-2007.	502	27.9
3	L. Liu et al. (2015)	China's carbon-emissions trading: overview, challenges and future.	437	39.7
4	K. Wang y Wei (2014)	China's regional industrial energy efficiency and carbon emissions abatement costs.	362	30.2
5	Clarkson et al. (2015)	The valuation relevance of greenhouse gas emissions under the European Union carbon emissions trading scheme.	332	30.2
6	Zhu y Wei (2013)	Carbon price forecasting with a novel hybrid arima and least squares support vector machines methodology.	323	24.8
7	Narassimhan et al. (2018)	Carbon pricing in practice: a review of existing emissions trading systems.	313	39.1
8	Zakeri et al. (2015)	Carbon pricing versus emissions trading: a supply chain planning perspective.	313	28.5
9	Cui et al. (2014)	How will the emissions trading scheme save cost for achieving China's 2020 carbon intensity reduction target?	304	25.3
10	Koch et al. (2014)	Causes of the EU ETS price drop: recession, cdm, renewable policies or a bit of everything? new evidence.	303	25.3

Fuente: Elaborado por los autores (2025)
Source: Prepared by the authors (2025)

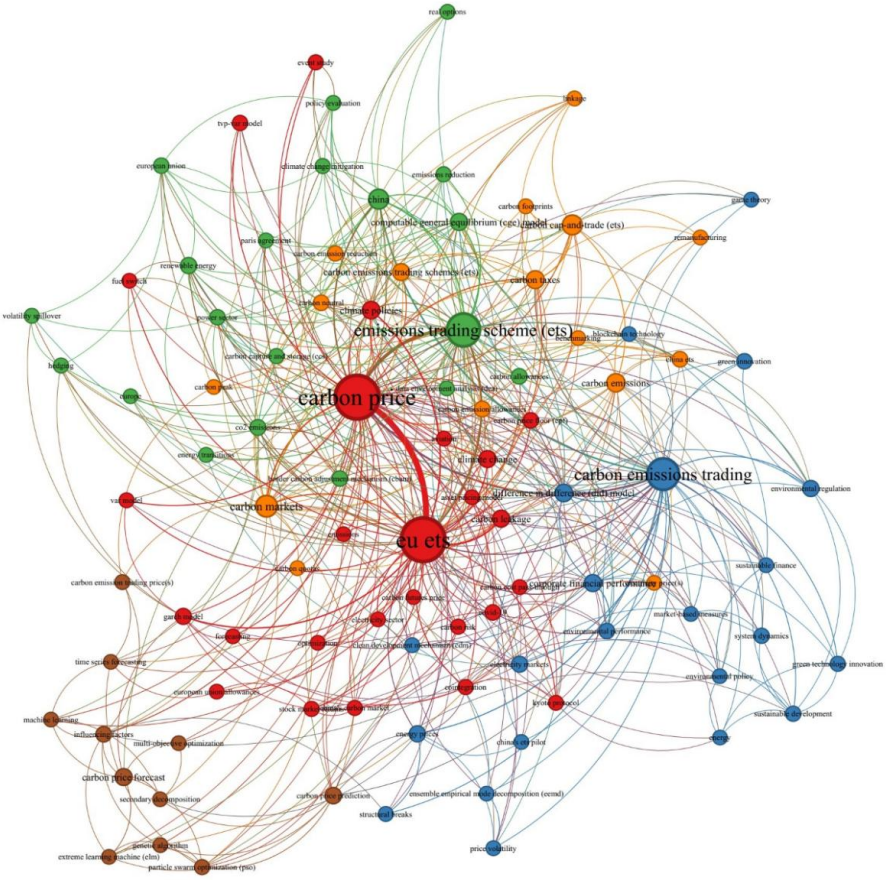
En promedio, estos trabajos han sido citados 387 veces, lo cual da evidencia de su importancia con respecto a los documentos de toda la colección. De hecho, estos artículos acumulan desde 25 hasta 45 citas cada año. Es de notarse que los artículos más citados son, en su mayoría (excepto uno), de los primeros 10 años de producción científica sobre el tema (ver Figura 1) en donde precisamente se empezó a generar más

evidencias de cómo las empresas gestionan su huella y emisiones de carbono (e.g., Hua et al., 2011), caracterizar la fijación de los precios del carbono (e.g., Alberola et al., 2008) y el papel de China en el mercado de comercio de carbono (e.g., L. Liu et al., 2015; K. Wang & Wei, 2014), entre otros.

3.2 Mapeo de la ciencia sobre la estructura conceptual

Para profundizar en el desarrollo del tema, se realizó un análisis centrado en las relaciones de co-ocurrencia de las 1559 palabras clave de autores; con ello, revelar lo que se denominan como ejes temáticos a través del mapeo de la ciencia, para esto se hizo uso también del enfoque del análisis de redes sociales. En la Figura 3 se muestra el mapeo considerando las palabras clave que fueron utilizadas al menos cuatro veces dentro de la colección. Los resultados muestran una red conformada por 95 términos y 532 vínculos entre los mismos. Se encontraron cinco comunidades que se denominaron ejes temáticos en los cuales se ha desarrollado la investigación sobre los SCE. Además, se reveló que cada uno de los ejes tiene distinto desarrollo y estructura. En la Tabla 2 se muestran las características principales de cada uno de ellos; además, se incluyen las palabras clave cuya recurrencia de uso dentro de la colección fue mayor a diez.

Figura 3 – Red de co-ocurrencia de palabras clave de autores
Figure 3 – Co-occurrence network of the authors' keywords



Fuente: Elaborado por los autores (2025)
Source: Prepared by the authors (2025)

Tabla 2 – Características de los ejes estratégicos (comunidades de redes) identificados.
Table 2 – Characteristics of the identified strategic axes (network communities)

Clúster	Tamaño	Enlaces	Palabras clave (con recurrencia mayor a diez)
1	26	66	eu ets (156), carbon price (156), climate polices (19), carbon leakage (16), climate change (16), garch model (11).
2	22	56	carbon emissions trading (93), difference in difference (did) model (19), corporate financial performance (17), energy prices (12), environmental regulation (12), electricity markets (11).
3	20	57	emissions trading scheme (ets) (100), china (31), computable general equilibrium (cge) model (17), renewable energy (12), co2 emissions (10).
4	16	34	carbon markets (40), carbon cap-and-trade (ets) (31), carbon emissions (12), carbon taxes (21), carbon emissions trading schemes (ets) (16), carbon emission allowances (10).
5	11	22	carbon price forecast (16), carbon price prediction (13).

Fuente: Elaborado por los autores (2025)
Source: Prepared by the authors (2025)

Con base en lo anterior, el análisis de la estructura reticular, se describen las comunidades que representan los ejes temáticos y su desarrollo. Así, en la **comunidad 1** se tiene el desarrollo principalmente del precio del carbono (*carbon price)* y el comercio de emisiones en la Unión Europea (*eu ets*), que a su vez se liga con políticas climáticas (*climate policies*); por ejemplo, los objetivos de política que se han perseguido con los ETS y la definición de precios del carbono (Verbruggen et al., 2019).

Por su parte, en la **comunidad 2** se destaca el comercio de emisiones de carbono (*carbon emissions trading*), el modelo de diferencias en diferencias y de forma muy interesante se manifiesta el análisis del desempeño financiero corporativo (*corporate financial performance*), entre otros; por ejemplo, se ha analizado con un diseño cuasi-experimental, usando diferencias en diferencias, el efecto que tiene participar en el comercio de emisiones de carbono, por parte de las empresas y la relación con su desempeño financiero (S. Zhang & Gan, 2024).

En el mismo sentido, en la **comunidad 3** se expresaron los esquemas de comercio de emisiones (*emissions trading scheme (ets)*) con un enlace fuerte con China; además, se hace mención de las energías renovables (*renewable energy*) y las emisiones de CO_2 (*co2 emissions*); por ejemplo, en un caso de estudio sobre energía eólica en China, analizan el impacto del ETS sobre las inversiones en energías de bajas emisiones de CO_2 (Mo et al., 2016); también se ha analizado un ETS regional y encontraron que las empresas que impulsan la innovación en energías renovables y de combustibles fósiles tienen un mejor resultado (Jia & Takeuchi, 2024).

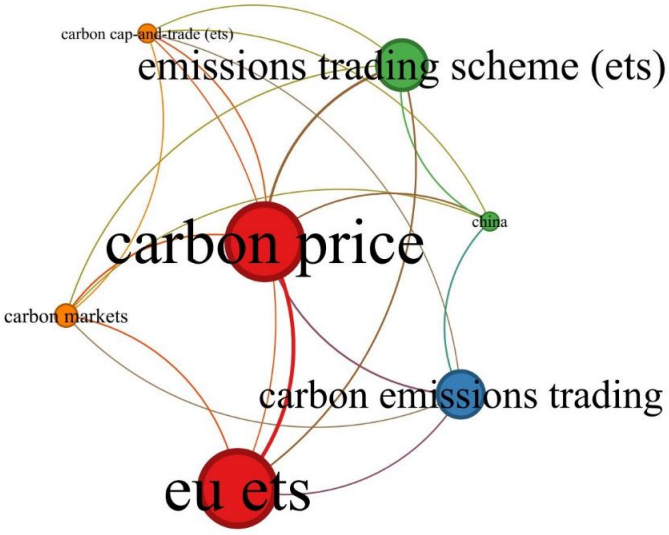
En la **comunidad 4** se separaron la mayoría de los términos asociados al mercado, comercio e impuestos de las emisiones del carbono (i.e., *carbon markets, carbon cap-and-trade (ets), carbon emissions, carbon taxes*), así como de los derechos de emisión (*carbon emission allowances*); por ejemplo, se ha buscado evidencia de si realmente el precio del carbono reduce las emisiones, llegando a indicar que los impuestos al carbono funcionan mejor que los ETS (Green, 2021); también se han generado casos específicos sobre el tema, por ejemplo, para identificar si el mercado del carbono tiene algún efecto sobre la eficiencia energética de empresas en China (N. Zhang & Wang, 2024).

Por último, la **comunidad 5** estuvo muy bien identificada con los pronóstico y predicciones del precio del carbono (i.e., *carbon price forecast* y*, carbon price prediction*) en donde se combinan diferentes técnicas

de para su predicción (Huang et al., 2021); incluidas, más reciente mente, modelos basados en *machine learning* (Chai et al., 2025).

Además, se encontró que en las tres primeras comunidades aparecieron modelos asociados a los análisis o enfoques de estudio del tema, entre ellos: *garch model* en la **comunidad 1**, *difference in difference* en la **comunidad 2** y, el *computable general equilibrium (cge)* en la **comunidad 3**. Por último, es interesante observar que los términos más usados (mayor a 30 veces), aunque pertenecen a diferentes comunidades, están conectados entre ellos, de hecho, representan a las primeras cuatro comunidades (Figura 4).

Figura 4 – Red de las palabras clave más utilizadas en la colección (recurrencia mayor a 30)
Figure 4 – Network of the most used keywords in the collection (recurrence greater than 30)



Fuente: Elaborado por los autores (2025)
Source: Prepared by the authors (2025)

Los resultados anteriores demuestran que el desarrollo temático entorno a los sistemas de comercio de emisiones de carbono se ha venido dando en diferentes vertientes (Figura 3) y que éstas apuntan a distintos sub-temas, áreas de interés, enfoques de análisis, países y aspectos clave relacionados con la temática principal. Además, que existen un conjunto de términos que van a estructurar a los demás y que éstos son claves en el desarrollo de sus propias comunidades (Figura 4).

3.1 Desempeño financiero y las finanzas verdes, una revisión focalizada

Como se mencionó, a partir de 2016 tanto el G20 como el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUD) formalizaron iniciativas para desarrollar el marco conceptual e impulsar el desarrollo sostenible mediante la vinculación entre las finanzas y el medio ambiente. A partir de estas iniciativas, se desarrolló el concepto de *green finance*, que hace referencia a la vinculación entre finanzas, el medio ambiente e inversión. *Green finance* surge como una estrategia que abarca instrumentos para mitigar emisiones de GEI y adaptarse al cambio climático y diversos esquemas financieros para atender problemas ambientales (Sharma et al., 2022). Se reconoce que las *green finance* pueden ser cruciales para lograr la neutralidad de carbono y promover el crecimiento económico sostenible (Fu et al., 2023).

Así, los términos que forman parte de esta conceptualización, además del propio *green finance* son: *climate finance, carbon finance* y *sustainable finance.* Estos tres términos están asociados a financiar la transición hacia una economía baja en carbono e incentivar la reducción de emisiones a través de mecanismos

de mercado; además, para el G20, las finanzas sostenibles implican invertir dinero de maneras que generen prosperidad duradera y significativa. Por último, con base en el análisis realizado asociado a la bibliometría, se incorporó un término clave: *financial performance.*

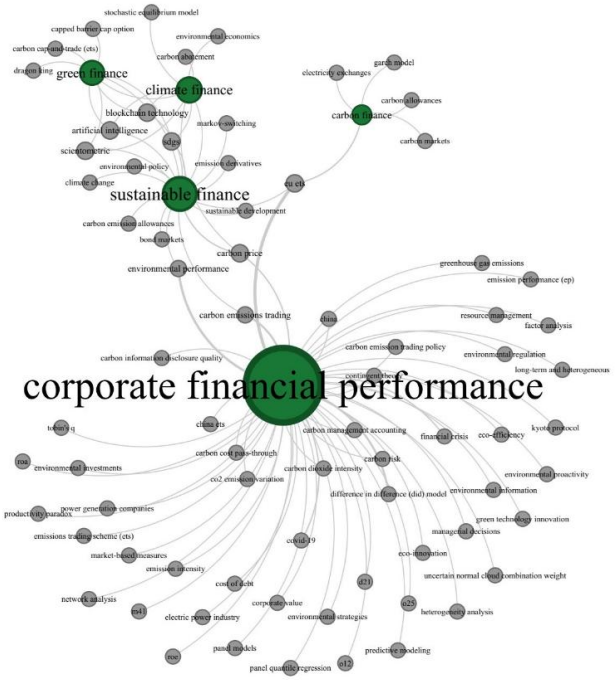
Con lo anterior y con base en el enfoque del análisis de redes sociales, se identificaron estas palabras clave dentro de la red y se observó su nivel de co-ocurrencia con otros términos (Tabla 3). Además, se construyó una red con enfoque ego-céntrico basado en estos cinco términos (Figura 5). Con ello se logró observar su estructura y relación temática de los *green finance* y *financial performance* (*financial terms)* con los otros términos asociados al estudio de los SCE.

Tabla 3 – Términos financieros verdes, nivel de ocurrencia en los documentos y co-ocurrencia con otros términos
Table 3 – Green financial terms, level of occurrence in documents and co-occurrence with other terms

Términos financieros (*Financial terms)*	**Recurrencia (documentos)**	**Términos en co-ocurrencia**
Carbon finance	2	5
Climate finance	2	10
Corporate financial performance	17	53
Green finance	2	9
Sustainable finance	4	17

Fuente: Elaborado por los autores (2025)
Source: Prepared by the authors (2025)

Figura 5 – Red ego-céntrica formada por los cinco *financial terms* dentro de toda la red de co-ocurrencia
Figure 5 – Ego-centric network formed by the five financial terms within the entire co-occurrence network

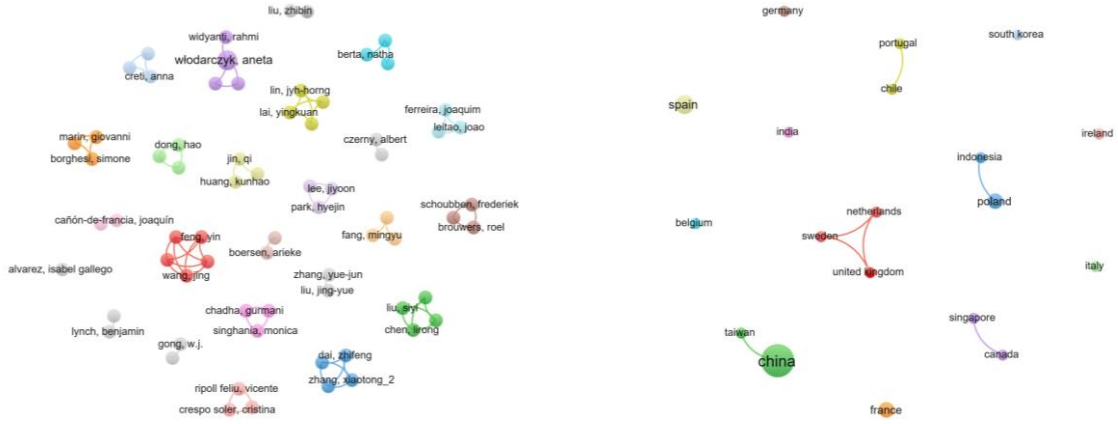


Fuente: Elaborado por los autores (2025)
Source: Prepared by the authors (2025)

En la Figura 5 se observa la red formada por los cinco términos. En conjunto, se alcanzó un tamaño de 79 términos (5.1% de los 1549 términos) y 91 enlaces de co-ocurrencia. Se encontró que los cinco términos tienen niveles de uso y co-ocurrencia diferentes (Tabla 3 y Figura 5), el término más usado y posicionado con otros fue precisamente el de *corporate financial performance* que se ha usado en 17 documentos y está conectado con otros 53 términos, sin embargo, éste no está conectado con ningún otro término de los cinco. Por su parte, los términos *climate finance, green finance* y *sustainable finance* sí están conectados entre sí, pero se han usado en pocos documentos, aunque estos últimos pueden llegar a conectarse, en promedio, con otros 12 términos. Entre los otros términos que se posicionaron por los cinco buscados, encontramos: *carbon price, eu ets, sdgs, artificial intelligence, blockchain technology* y *scientometric*

A partir de los cinco *financial* terms se integró un subconjunto de documentos de la colección que dentro de sus keywords utilizará alguno de ellos, resultando en 25 artículos. Con ello se procedió a realizar un análisis de colaboración científica a dos niveles: autores (Figura 6a) y países (Figura 6b).

Figura 6 – Red de colaboración científica a nivel de autor (a) y de país (b) de la sub colección asociada a los cinco términos catalogados como *financial terms*
Figure 6 – Scientific collaboration network at the author (a) and country (b) level of the sub-collection associated with the five terms cataloged as financial terms



a. A nivel autor (author level) b. A nivel país (country level)

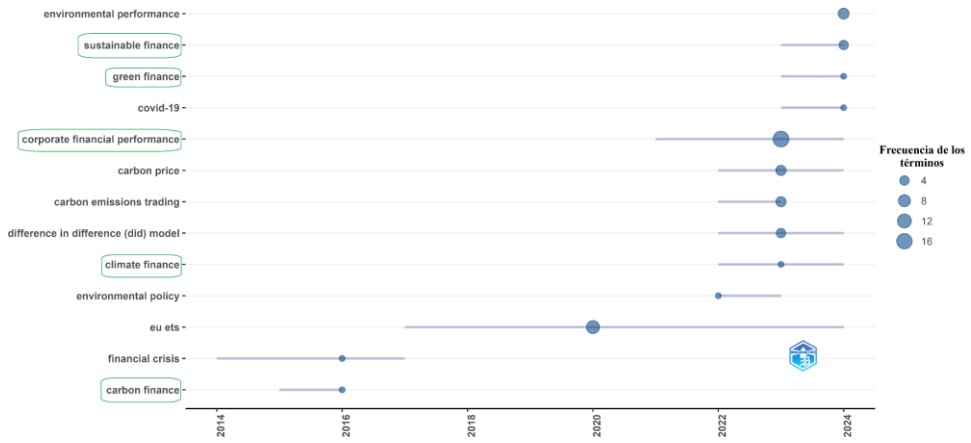
Fuente: Elaborado por los autores con base en los resultados de VOSViewer (2025)
Source: Prepared by the authors based on the results of VOSViewer (2025)

Lo anterior, reveló que este subconjunto de la literatura se ha desarrollado de forma fragmentada y que no existen grupos de investigación que estén abordando de forma focalizada estos términos (autores = 69 con 24 subgrupos, países = 19 con 13 subgrupos). Estos resultados demuestran la necesidad de darle mayor interés a estos términos para futuras investigaciones, lo que está en línea con Singhania et al. (2024).

Considerando la sub colección de los 25 artículos identificados, se encontró que el primer documento en abordar uno de los *financial terms* fue publicado en 2012 (Alvarez, 2012), es decir 6 años después de que se comenzaran a estudiar los SCE. En este artículo (Alvarez, 2012) se analiza la variación de las emisiones de CO_2 de empresas internacionales (2006-2008) y evalúa su impacto en el rendimiento financiero (ROE y ROA) durante un periodo afectado por la crisis financiera (2007-2010). Posteriormente, hasta el año 2021, la producción fue escasa, acumulándose apenas ocho artículos de los 25; fue hasta el periodo de 2022 y 2025 que se publicaron los otros 17 documentos, lo que demuestra el interés que está atrayendo el tema, pero que como

se indicó, hace falta seguir abordándolo. De hecho, en la Figura 7 se demuestra que cuatro de los cinco *financial terms* han sido usados de forma reciente, mientras que *carbon finance* fue usado casi hace una década y ya no se ha abordado recientemente.

Figura 7 – Tendencia de los términos más usados en la sub colección de 25 documentos, incluyendo los *financial terms*
Figure 7 – Trends in the most used terms in the sub-collection of 25 documents, including financial terms



Fuente: Elaborado por los autores con base en salidas de Bibliometrix (2025)
Source: Prepared by the authors based on the results of Bibliometrix (2025)

Dentro de los 25 documentos mencionados, se encontró que éstos se han abordado en diferentes sectores, entre ellos: cinco investigaciones sobre la industria eléctrica (e.g., Boersen & Scholtens, 2014; X. Zhang et al., 2023), uno en el de seguros (i.e., Li et al., 2023)) y el resto en la industria en general sin especificar sectores. El desarrollo de estas investigaciones se ha hecho, en su mayoría, en la Unión Europea (12) y China (9), Polonia (2), Corea (1) y un estudio conjunto de empresas en la UE, EUA, Canadá y Australia (Alvarez, 2012).

Las principales variables analizadas en estas investigaciones para estudiar la vinculación entre las emisiones de carbono de las industrias participantes en los SCE y su desempeño económico se presentan en la Figura 8.

Figura 8 – Tópicos vinculados con el desempeño financiero dentro de la sub colección de 25 documentos
Figure 8 – Topics linked to financial performance within the sub-collection of 25 documents



Fuente: Elaborado por los autores (2025)
Source: Prepared by the authors (2025)

Así, se destaca la inversión en tecnologías verdes (e.g., Czerny & Letmathe, 2024; R. Wang et al., 2025), que hace también referencia a la inversión en tecnologías bajas en carbono e innovación. En referencia al impacto en el costo del financiamiento o del crédito a estas empresas, se encontró que se ha analizado el riesgo, la disponibilidad y las restricciones para acceder al crédito. Por ejemplo, Ni et al. (2022) analizaron empresas públicas en China, en el período de 2010 a 2016, identificaron que la introducción del China-ETS piloto incrementó el costo de la deuda de las empresas, acentuándose este efecto en aquellas con mayor dependencia de financiamiento externo. Además, que el aumento en las restricciones de financiamiento influye negativamente en el desempeño de las empresas (X. Zhang et al., 2023). Recientemente, Park et al. (2024) identificaron el efecto en el desempeño financiero de las empresas públicas participantes, observando una ligera mejoría en su desempeño, pero una significativa caída en su valor, afirmando que el ETS de Corea no incentiva de manera eficaz la reducción de emisiones de las empresas, afectando a la baja su valor a largo plazo.

Dentro de la sub colección, de las evidencias más contundentes sobre la temática, se encontró que el costo de las emisiones de carbono tiene un impacto negativo en el desempeño financiero de las empresas, pero solo si éstas no son capaces de trasladar estos costos a sus consumidores (Brouwers et al., 2018). Además que la proactividad en la estrategia ambiental favorece una relación positiva entre la inversión ambiental y el desempeño financiero (Cañón-De-Francia & Garcés-Ayerbe, 2019). Los resultados muestran que el impacto varía según la industria, con efectos negativos en la industria de metales no ferrosos y positivos en la industria energética.

También, se ha generado evidencia de cómo la contabilidad de la gestión del carbono (*Carbon management accounting*: CMA) impacta el desempeño financiero de empresas europeas (Naranjo Tuesta et al., 2021). Como se ha destacado, la producción científica en China ha sido abundante y con ello la evidencia misma, de esta forma, en 2019, se analizó cómo la política de comercio de emisiones de carbono afectaba el desempeño financiero de las empresas en diferentes industrias chinas entre 2010 y 2017 (Y.-J. Zhang & Liu, 2019). También, se ha estudiado cómo el esquema de comercio de emisiones (ETS) impacta las inversiones ambientales de las empresas chinas. Los resultados muestran que el ETS aumenta estas inversiones, especialmente en empresas con mayor liquidez en los mercados de carbono, con mayor presión regulatoria y menor capacidad para trasladar los costos a los clientes (Chen et al., 2022). Además, en 2023, se estudió cómo la calidad de la divulgación de información sobre carbono afecta el desempeño financiero en empresas públicas de la industria eléctrica en China (Z. Liu & Zhu, 2023). Por su parte, X. Zhang et al. (2023) determinaron que el lanzamiento del ETS en China tuvo efectos negativos en el desempeño financiero de las empresas de generación de energía.

Recientemente, se ha investigado en la Unión Europea la influencia del EU ETS con el desempeño ambiental y financiero de las empresas, concluyendo que una menor intensidad de emisiones mejora el desempeño financiero (Flori et al., 2024). Adicionalmente, Czerny & Letmathe (2024) afirman que las inversiones en innovación y tecnología que se realizan, toman tiempo para que sus efectos impacten y mejoren, por ejemplo, en la productividad. Al respecto, se ha hecho énfasis en los beneficios positivos sobre el desempeño de las empresas, pero éste es a largo plazo y habiendo diferencias entre empresas (R. Wang et al., 2025). Incluso, ya hay evidencia de que los precios del carbono pueden predecir la priorización de los objetivos financieros y también ambientales de las empresas participantes (Eslahi et al., 2025); además que, se ha venido incentivando la participación de las empresas para reducir sus emisiones (Lynch y O'Hagan-Luff, 2024).

4. Conclusiones

Mediante métodos bibliométricos, se analizó la trayectoria del conocimiento científico en torno a los Sistemas de Comercio de Emisiones (SCE). Además, se identificó de forma particular los conceptos relativos

al desempeño financiero de las unidades económicas que han adoptado estos sistemas.

Se utilizaron las herramientas propias del análisis de desempeño y del mapeo de la ciencia. Al respecto del primero, los resultados nos permiten concluir que el interés en el tema ha venido incrementando, lo que se ha visto reflejado en tres vertientes: mayor producción, mayor número de autores involucrados y más ejes temáticos desarrollados. Este incremento, además, está asociado a eventos internacionales, entre ellos que en el 2005 entró en vigor el primer SCE en la UE. También, en 2021, se pone en operación el SCE de China que, en la actualidad, representa el mercado de mayor volumen de CO_2. Adicionalmente, se ha demostrado la relevancia que tiene China con respecto al tema. En cuanto al mapeo de la ciencia, el análisis de co-palabras permitió revelar una estructura con distintos ejes temáticos, concluyendo así que los temas de mayor interés han sido los SCE de la Unión Europea, el precio y los mercados del carbono y junto con ello las predicciones en dicho precio, además del comercio de las emisiones de carbono, el papel de China en distintos ejes, así como el uso de diversos modelos o métodos aplicados para abordar los tópicos anteriores.

Debido a la relevancia que actualmente se ha puesto en la relación entre indicadores financieros y los SCE, en esta investigación se exploraron con mayor detalle 25 artículos que contenían términos asociados a este tópico. Con los resultados encontrados en esa sub colección, se concluye que la relación entre estas variables ha sido abordada escasamente, pero que en los últimos años ha atraído mayor interés. Al respecto, ya existe evidencia de que los SCE pueden generar impactos positivos, pero siempre y cuando se cumplan ciertas características o premisas, como las ya mencionadas; de tal forma que también existen evidencias de efectos negativos. Así, podemos afirmar que todavía no existen conclusiones que puedan ser generalizadas en cuanto al impacto de los SCE en el desempeño financiero de las empresas. Lo anterior, tiene implicaciones prácticas que apuntan hacia la necesidad de investigar a mayor profundidad el tema de los indicadores y el desempeño financiero y, con ello, se detectan algunas brecha de conocimiento que puede atraer la atención de otros investigadores, entre ellas, los efectos diferenciados según el sector, tamaño, región y antigüedad de las empresas, el papel que tiene el gobierno y las políticas públicas; así como, sencillamente, generar más literatura relacionada a los tópicos mencionados.

Adicionalmente, con base en esta sub colección y la importancia de los indicadores financieros, se puede advertir que son las unidades económicas las responsables de implementar los cambios tecnológicos y realizar las inversiones de capital para disminuir sus índices de emisiones por unidad producida, por lo que es fundamental validar que los SCE estén generando los incentivos económicos suficientes para alcanzar la neutralidad climática en el futuro cercano.

5. Referencias

Aggarwal, R., & Dow, S. (2012). Corporate governance and business strategies for climate change and environmental mitigation. **The European Journal of Finance**, 18(3–4), 311–331. https://doi.org/10.1080/1351847X.2011.579745

Aguilar-Gallegos, N., Martínez-González, E. G., & Aguilar-Ávila, J. (2017). **Análisis de redes sociales: Conceptos clave y cálculo de indicadores**. Universidad Autónoma Chapingo (UACh), Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM). Serie: Metodologías y herramientas para la investigación, Volumen 5.

Alberola, E., Chevallier, J., & Cheze, B. (2008). Price drivers and structural breaks in European carbon prices 2005–2007. **Energy Policy**, 36, 787–797. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2007.10.029

Alvarez, I. G. (2012). Impact of CO2 emission variation on firm performance. **Business Strategy and the Environment**, 21(7), 435–454. https://doi.org/10.1002/bse.1729

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

Bastian, M., Heymann, S., & Jacomy, M. (2009). **Gephi: An open source software for exploring and manipulating networks**. ICWSM.

Baumol, W. J., & Oates, W. E. (1971). **The use of standards and prices for protection of the environment**. In P. Bohm & A. V. Kneese (Eds.), The Economics of Environment (pp. 53–65). Palgrave Macmillan UK. https://doi.org/10.1007/978-1-349-01379-1_4

Boersen, A., & Scholtens, B. (2014). The relationship between European electricity markets and emission allowance futures prices in phase II of the EU (European Union) emission trading scheme. **Energy**, 74, 585–594. https://doi.org/10.1016/j.energy.2014.07.024

Bolton, P., & Kacperczyk, M. (2023). Global pricing of carbon-transition risk. **Journal of Finance**, 78(6), 3677–3754. https://doi.org/10.1111/jofi.13272

Borgatti, S. P., Everett, M. G., & Johnson, J. C. (2013). **Analyzing social networks**. SAGE Publications Limited.

Broadus, R. N. (1987). Some notes on research in bibliometrics. **Journal of Education for Library and Information Science**, 28(2), 152–153. https://doi.org/10.2307/40323625

Brouwers, R., Schoubben, F., & Van Hulle, C. (2018). The influence of carbon cost pass through on the link between carbon emission and corporate financial performance in the context of the European Union Emission Trading Scheme. **Business Strategy and the Environment**, 27(8), 1422–1436. https://doi.org/10.1002/bse.2193

Burtraw, D., Evans, D. A., Krupnick, A., Palmer, K., & Toth, R. (2005). Economics of pollution trading for SO2 and NOx. **Annual Review of Environment and Resources**, 30, 253–289. https://doi.org/10.1146/annurev.energy.30.081804.121028

Cañón-De-Francia, J., & Garcés-Ayerbe, C. (2019). Factors and contingencies for the "It pays to be green hypothesis". The European Union's Emissions Trading System (EU ETS) and financial crisis as contexts. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, 16(16), 2988. https://doi.org/10.3390/ijerph16162988

Chai, S., Zhang, Z., & Zhang, Z. (2025). Carbon price prediction for China's ETS pilots using variational mode decomposition and optimized extreme learning machine. **Annals of Operations Research**, 345(2), 809–830. https://doi.org/10.1007/s10479-021-04392-7

Chen, L., Liu, S., Liu, X., & Wang, J. (2022). The carbon emissions trading scheme and corporate environmental investments: A quasi-natural experiment from China. **Emerging Markets Finance and Trade**, 58(9), 2670–2681. https://doi.org/10.1080/1540496X.2021.2009338

Coase, R. H. (2013). The problem of social cost. **The Journal of Law and Economics**, 56(4), 837–877. https://doi.org/10.1086/674872

Crocker, T. D. (1972). On air pollution control instruments. **Loyola of Los Angeles Law Review**, 5(2), 280–297. https://digitalcommons.lmu.edu/llr/vol5/iss2/2/

Czerny, A., & Letmathe, P. (2024). The productivity paradox in carbon-intensive companies: How eco-innovation affects corporate environmental and financial performance. **Business Strategy and the Environment**, 33(6), 5900–5919. https://doi.org/10.1002/bse.3776

Deng, Q., Huang, G., Li, D., & Yang, S. (2024). The impact of climate risk on corporate innovation: An international comparison. **Journal of Multinational Financial Management**, 75, 100870. https://doi.org/10.1016/j.mulfin.2024.100870

Donthu, N., Kumar, S., Mukherjee, D., Pandey, N., & Marc, W. (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

Eslahi, E., Creti, A., & Sanin, M. E. (2025). Signal received? Carbon price and financial–environmental performance prioritization in EU ETS firms. International **Review of Financial Analysis**, 105, 104348. https://doi.org/10.1016/j.irfa.2025.104348

European Union. (2021). **Regulation (EU) 2021/1119 of the European Parliament and of the Council of 30 June 2021. Establishing the framework for achieving climate neutrality and amending Regulations (EC) No 401/2009 and (EU) 2018/1999 ('European Climate Law')**. Official Journal of the European Union. https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2021/1119/oj

Ferrall, B. L. (1991). Will a market in sulfur dioxide work?: An evaluation of the acid deposition title of the Clean Air Act amendments of 1990. **Virginia Environmental Law Journal**, 11(2), 309–351. http://www.jstor.org/stable/24782095

Flori, A., Borghesi, S., & Marin, G. (2024). The environmental-financial performance nexus of EU ETS firms: A quantile regression approach. **Energy Economics**, 131, 107328. https://doi.org/10.1016/j.eneco.2024.107328

Fu, C., Lu, L., & Pirabi, M. (2023). Advancing green finance: a review of sustainable development. Digital **Economy and Sustainable Development**, 1(1), 1–19. https://doi.org/10.1007/s44265-023-00020-3

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

He, F., Hao, J., & Lucey, B. (2024). Effects of climate risk on corporate green innovation cycles. **Technological Forecasting and Social Change**, 205, 123447. https://doi.org/10.1016/j.techfore.2024.123447

Hua, G., Cheng, T. C. E., & Wang, S. (2011). Managing carbon footprints in inventory management. **International Journal of Production Economics**, 132(2), 178–185. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2011.03.024

Huang, Y., Dai, X., Wang, Q., & Zhou, D. (2021). A hybrid model for carbon price forecasting using GARCH and long short-term memory network. **Applied Energy**, 285, 1164865. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.116485

ICAP. (2021). **Comercio de emisiones en la práctica: manual sobre el diseño y la implementación de sistemas de comercio de emisiones (Segunda ed)**. Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento/Banco Mundial. https://icapcarbonaction.com/system/files/document/ets-handbook-2020_finalweb-spanish_0.pdf

ICAP. (2024). **Emissions trading worldwide: Status report 2024**. International Carbon Action Partnership (ICAP). https://icapcarbonaction.com/en/publications/emissions-trading-worldwide-2024-icap-status-report

Jia, X., & Takeuchi, K. (2024). Induced innovation in power generation technologies: Evidence from the Tokyo–Saitama Emissions Trading System. **Energy Economics**, 129, 107227. https://doi.org/10.1016/j.eneco.2023.107227

Kruger, J., & Pizer, W. A. (2004). **The EU emissions trading directive: Opportunities and potential pitfalls**. Resources for the Future. https://www.rff.org/publications/working-papers/the-eu-emissions-trading-directive-opportunities-and-potential-pitfalls/

Lee, K.-H., Min, B., & Yook, K.-H. (2015). The impacts of carbon (CO2) emissions and environmental research and development (R&D) investment on firm performance. **International Journal of Production Economics**, 167, 1–11. https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2015.05.018

Li, X., Lu, T., Lin, J.-H., & Lai, Y. (2023). Assessing insurer green finance in response to manufacturing carbon emissions trading in a dragon-king environment: A capped barrier cap option approach. **Energy Economics**, 128, 107181. https://doi.org/10.1016/j.eneco.2023.107181

Liu, L., Chen, C., Zhao, Y., & Zhao, E. (2015). China's carbon-emissions trading: Overview, challenges and future. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 49, 254–266. https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.04.076

Liu, Z., & Zhu, Y. (2023). The impact of carbon information disclosure quality on the financial performance based on UNC combination weight and FA: evidence from public companies in China's electric power industry. **Environmental Science and Pollution Research**, 30(30), 75564–75580. https://doi.org/10.1007/s11356-023-27772-x

López-Manuel, L., Vázquez, X. H., & Sartal, A. (2023). Firm, industry, and country effects on CO2 emissions levels. **Business Strategy and the Environment**, 32(6), 3965–3976. https://doi.org/10.1002/bse.3348

Lynch, B., & O'Hagan-Luff, M. (2024). Finally, it seems to be working–the evolving valuation effect of the European Union's emissions trading system. **European Journal of Finance**, 30(3), 229–248. https://doi.org/10.1080/1351847X.2023.2204195

Mo, J.-L., Agnolucci, P., Jiang, M.-R., & Fan, Y. (2016). The impact of Chinese carbon emission trading scheme (ETS) on low carbon energy (LCE) investment. **Energy Policy**, 89, 271–283. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2015.12.002

Montgomery, W. D. (1972). Markets in licenses and efficient pollution control programs. **Journal of Economic Theory**, 5(3), 395–418. https://doi.org/10.1016/0022-0531(72)90049-X

Naranjo Tuesta, Y., Crespo Soler, C., & Ripoll Feliu, V. (2021). Carbon management accounting and financial performance: Evidence from the European Union emission trading system. **Business Strategy and the Environment**, 30(2), 1270–1282. https://doi.org/10.1002/bse.2683

Ni, X., Jin, Q., & Huang, K. (2022). Environmental regulation and the cost of debt: Evidence from the carbon emission trading system pilot in China. **Finance Research Letters**, 49, 103134. https://doi.org/10.1016/j.frl.2022.103134

Park, H., Khue, P. M., & Lee, J. (2024). The effects of carbon emissions trading on profitability and value: Evidence from Korean listed firms. **Journal of International Financial Management and Accounting**, 35(3), 760–799. https://doi.org/10.1111/jifm.12211

Pearce, D. (2003). **The social cost of carbon and its policy implications**. Oxford Review of Economic Policy, 19(3), 362–384. http://ideas.repec.org/a/oup/oxford/v19y2003i3p362-384.html

Pigou, A. C. (1920). Some problems of foreign exchange. **The Economic Journal**, 30(120), 460–472. https://doi.org/10.2307/2222870

Pinkse, J., & Kolk, A. (2010). Challenges and trade-offs in corporate innovation for climate change. **Business Strategy and the Environment**, 19(4), 261–272. https://doi.org/10.1002/bse.677

Porter, M. E. (1991). America's green strategy. **Scientific American**, 264(4), 168–168. https://doi.org/10.1038/scientificamerican0491-168

Porter, M. E., & Kramer, M. R. (2006). Strategy and society: The link between competitive advantage and corporate social responsibility. **Harvard Business Review**, 84(12), 1–13. https://hbr.org/2006/12/strategy-and-society-the-link-between-competitive-advantage-and-corporate-social-responsibility

Romero-García, L. E., Aguilar-Gallegos, N., & Gallardo, Y. (2026). A bibliometric analysis of ethics in the scholarly and scientific research and publication: a gender perspective. **Journal of Academic Ethics**, 24(1), 26. https://doi.org/10.1007/s10805-025-09698-w

Semieniuk, G., Campiglio, E., Mercure, J.-F., Volz, U., & Edwards, N. R. (2021). Low-carbon transition risks for finance. Wiley Interdisciplinary Reviews: **Climate Change**, 12(1), e678. https://doi.org/10.1002/wcc.678

Silge, J., & Robinson, D. (2017). ***Text mining with R. A tidy approach*.** O'Reilly Media, Inc.

Sharma, G. D., Verma, M., Shahbaz, M., Gupta, M., & Chopra, R. (2022). Transitioning green finance from theory to practice for renewable energy development. **Renewable Energy**, 195, 554–565. https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.06.041

Singhania, M., Chadha, G., & Prasad, R. (2024). Sustainable finance research: Review and agenda. **International Journal of Finance and Economics**, 29(4), 4010–4045. https://doi.org/10.1002/ijfe.2854

Stavins, R. N. (1998). What can we learn from the grand policy experiment? Lessons from SO2 allowance trading. **Journal of Economic Perspectives**, 12(3), 69–88. https://doi.org/10.1257/jep.12.3.69

Tarmuji, I., Maelah, R., & Tarmuji, N. H. (2016). The impact of environmental, social and governance practices (ESG) on economic performance: Evidence from ESG score. **International Journal of Trade, Economics and Finance**, 7(3), 67–74. https://doi.org/10.18178/ijtef.2016.7.3.501

Tietenberg, T. (2010). Cap-and-trade: The evolution of an economic idea. **Agricultural and Resource Economics Review**, 39(3), 359–367. https://doi.org/10.1017/S106828050000736X

Tietenberg, T. H. (1973). Specific taxes and the control of pollution: A general equilibrium analysis. The **Quarterly Journal of Economics**, 87(4), 503–522. https://doi.org/10.2307/1882022

Tsang, A., Frost, T., & Cao, H. (2023). Environmental, social, and governance (ESG) disclosure: A literature review. **The British Accounting Review**, 55(1), 101149. https://doi.org/10.1016/j.bar.2022.101149

UNEP. (2016). **Guide to banking and sustainability (Edition 2)**. United Nations Environment Programme (UNEP) Finance Initiative. https://www.unepfi.org/industries/banking/guide-to-banking-and-sustainability-2/

van Eck, N. J., & Waltman, L. (2010). Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. **Scientometrics**, 84(2), 523–538. https://doi.org/10.1007/s11192-009-0146-3

Verbruggen, A., Laes, E., & Woerdman, E. (2019). Anatomy of Emissions Trading Systems: What is the EU ETS? **Environmental Science and Policy**, 98, 11–19. https://doi.org/10.1016/j.envsci.2019.05.001

Wang, K., & Wei, Y.-M. (2014). China's regional industrial energy efficiency and carbon emissions abatement costs. **Applied Energy**, 130, 617–631. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.03.010

Wang, R., Zhang, H., Feng, Y., Wang, J., & Yang, T. (2025). A long-term and heterogeneous study on the impact of carbon emission trading policy on financial performance. **Carbon Management**, 16(1). https://doi.org/10.1080/17583004.2025.2486627

Zhang, N., & Wang, S. (2024). Can China's regional carbon market pilots improve power plants' energy efficiency? **Energy Economics**, 129, 107262. https://doi.org/10.1016/j.eneco.2023.107262

Zhang, S., & Gan, H. (2024). Is carbon emission trading a green blessing or a curse for firm performance in China? A quasi-experiment design and exploring the spatial spillover effect. **Environmental Science and Pollution Research**, 31(46), 56736–56752. https://doi.org/10.1007/s11356-023-28511-y

Zhang, X., Zhang, Q., Dai, Z., & Zhang, X. (2023). The impact of carbon markets on the financial performance of power producers: Evidence based on China. **Energy Economics**, 127, 107119. https://doi.org/10.1016/j.eneco.2023.107119

Zhang, Y.-J., & Liu, J.-Y. (2019). Does carbon emissions trading affect the financial performance of high energy-consuming firms in China? **Natural Hazards**, 95, 91–111. https://doi.org/10.1007/s11069-018-3434-5