

ORIGINAL

Trends in research on the implementation of artificial intelligence in supply chain management

Tendencias de las investigaciones sobre la implementación de la inteligencia artificial a la gestión de cadenas de suministro

Yasniel Sánchez Suárez^{1,2}  , Naylet Sangroni Laguardia³  

¹Universidad de Matanzas, Departamento de Ingeniería Industrial. Matanzas, Cuba.

²Proyecto de Desarrollo Local Ruta Futuro, Centro de Estudios Futuro. Matanzas, Cuba.

³Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Guadalajara, Jalisco, México.

Citar como: Sánchez Suárez Y, Sangroni Laguardia N. Trends in research on the implementation of artificial intelligence in supply chain management. LatIA. 2023; 1:6. <https://doi.org/10.62486/latia20236>

Enviado: 02-07-2023

Revisado: 22-08-2023

Aceptado: 10-12-2023

Publicado: 11-12-2023

Editor: Misael Ron 

ABSTRACT

Supply chains play a critical role in the functioning of the global economy. The integration of information systems and emerging technologies, such as artificial intelligence and the Internet of Things, improves visibility, decision making and responsiveness throughout the supply chain. The objective of the research is to analyze research trends on the implementation of artificial intelligence to supply chain management. The research paradigm was quantitative, based on a descriptive, retrospective and bibliometric study, in the SCOPUS database, during the period from 2019 to 2024, without language restriction. The trend of research was positive and towards increase with a maximum peak in the year 2023 of 214 researches, research articles in the area of computer science predominated. The top producing country was the United Kingdom with 127 research papers and four lines of scientific research were identified around the implementation of artificial intelligence in supply chain management. In the business environment, the ability of supply chains to adapt to change is crucial; their management includes planning and coordination, logistics process management and customer relationship management. The integration of information systems and emerging technologies, such as artificial intelligence, has had a great impact on the improvement of all the processes involved in management.

Keywords: Bibliometric Analysis; Supply Chain; Value Chain; Artificial Intelligence; Disruptive Technologies.

RESUMEN

Las cadenas de suministro desempeñan un papel fundamental en el funcionamiento de la economía global. La integración de sistemas de información y tecnologías emergentes, como la inteligencia artificial y el Internet de las Cosas, mejora la visibilidad, la toma de decisiones y la capacidad de respuesta a lo largo de la cadena de suministro. El objetivo de la investigación es analizar las tendencias de investigación sobre la implementación de la inteligencia artificial a la gestión de cadenas de suministro. El paradigma de la investigación fue cuantitativo, a partir de un estudio descriptivo, retrospectivo y bibliométrico, en la base de datos SCOPUS, durante el período de 2019 a 2024, sin restricción idiomática. La tendencia de las investigaciones fue positiva y hacia el incremento con un pico máximo en el año 2023 de 214 investigaciones, predominaron los artículos de investigación en el área de las ciencias de la computación. El país más productor fue Reino Unido con 127 investigaciones y se identificaron cuatro líneas de investigación científica en torno a la implementación de la inteligencia artificial en la gestión de cadenas de suministro. En el entorno empresarial, la capacidad de las cadenas de suministro para adaptarse a los cambios es crucial, su gestión incluye la planificación y coordinación, la gestión de procesos logísticos y la gestión de relaciones con el cliente. La integración de sistemas de información y tecnologías emergentes, como la inteligencia artificial ha manifestado gran impacto en la mejora de todos los procesos que intervienen en la gestión.

Palabras clave: Análisis Bibliométrico; Cadena de Suministro; Cadena de Valor; Inteligencia Artificial; Tecnologías Disruptivas.

INTRODUCCIÓN

Las cadenas de suministro desempeñan un papel fundamental en el funcionamiento de la economía global. ⁽¹⁾ Estas redes de proveedores, fabricantes, distribuidores y minoristas son responsables de llevar productos y servicios desde su origen hasta los consumidores finales. ⁽²⁾ Una cadena de suministro eficiente y bien gestionada puede proporcionar a las empresas una ventaja competitiva significativa. ^(3,4) Al optimizar los procesos logísticos, ^(5,6) reducir los tiempos de entrega ⁽⁷⁾ y minimizar los costos. ^(8,9)

En un entorno empresarial cada vez más volátil, la capacidad de las cadenas de suministro para adaptarse a los cambios y recuperarse de disrupciones es crucial. ⁽¹⁰⁾ Las empresas deben implementar estrategias de gestión de riesgos y desarrollar la resiliencia de sus cadenas de suministro. ⁽¹¹⁾ Las cadenas de suministro pueden adoptar diversas formas y estructuras en función de las características de la industria, ⁽¹²⁾ el tipo de producto ⁽¹³⁾ y las estrategias de la empresa. ⁽¹⁴⁾ Entre las más simples: las cadenas de suministro lineales, ⁽¹⁵⁾ las cadenas de suministro circulares ^(16,17) y las cadenas de suministro complejas. ⁽¹⁸⁾ También en función de la naturaleza del bien resultado en la cadena se clasifican en cadenas de suministro de producción o de servicios. ^(19,20,21,22)

La gestión de la cadena de suministro incluye un conjunto de elementos que garantizan la competitividad empresarial, ⁽²³⁾ entre ellos la planificación y coordinación, ⁽²⁴⁾ esto implica la integración de procesos como la previsión de la demanda, ⁽²⁵⁾ la gestión de inventarios, ⁽²⁶⁾ la programación de la producción ⁽²⁷⁾ y la distribución de productos. ⁽²⁸⁾ Otros estudios hacen alusión a la importancia de la integración entre los diferentes actores en la planificación y como etapa superior de colaboración o planificación colaborativa. ⁽²⁹⁾

Por otro lado, se encuentran la gestión de relaciones con los proveedores, ⁽³⁰⁾ gestión de procesos logísticos o procesos internos como el transporte, el almacenamiento y la manipulación de materiales, ⁽³¹⁾ y gestión de relaciones con el cliente (CRM). ⁽¹⁴⁾ La incorporación de prácticas sostenibles y responsables en la gestión de la cadena de suministro, como la reducción de emisiones y el respeto a los derechos laborales, contribuye a la creación de valor a largo plazo. ⁽³²⁾

La integración de sistemas de información y tecnologías emergentes (tecnologías disruptivas), como la inteligencia artificial (IA) y el Internet de las Cosas, mejora la visibilidad, la toma de decisiones y la capacidad de respuesta a lo largo de la cadena de suministro. ⁽³³⁾

La IA es un campo de la ciencia y la tecnología que se enfoca en el desarrollo de sistemas capaces de realizar tareas que normalmente requieren inteligencia humana, como el aprendizaje, el razonamiento, la percepción, la toma de decisiones y la resolución de problemas. Mediante el uso de algoritmos y técnicas avanzadas, la IA busca replicar y mejorar las capacidades cognitivas humanas en sistemas artificiales. ⁽³⁴⁾

La importancia de la IA para la mejora de la calidad empresarial radica en su capacidad para optimizar procesos, tomar decisiones más informadas y adaptarse rápidamente a los cambios del mercado, esta herramienta se ha implementado para la mejora de la gestión de la cadena de suministro.

Entre las principales implementaciones de la IA en la mejora de la gestión de la cadena de suministro se encuentra: la automatización de procesos logísticos mediante la reducción de los errores humanos, ⁽³⁵⁾ mejora de las previsiones de demanda mediante el análisis de grandes volúmenes de datos históricos y en tiempo real, ⁽³⁶⁾ identificación de problemas y toma de decisiones al analizar patrones en los datos para detectar problemas potenciales en la cadena de suministro, ⁽³⁷⁾ como cuellos de botella o disrupciones, además, utiliza algoritmos de aprendizaje automático para recomendar soluciones y apoyar la toma de decisiones e integración de la sostenibilidad al medir y optimizar el impacto ambiental y social de sus operaciones logísticas, facilitando la implementación de prácticas sostenibles como la economía circular.

El estudio de las diferentes implementaciones de la IA y los impactos en la gestión de la cadena de suministro constituyen el punto de partida para la generalización de buenas prácticas, en este sentido el objetivo de la investigación es analizar las tendencias de investigación sobre la implementación de la inteligencia artificial a la gestión de cadenas de suministro.

MÉTODO

El paradigma de la investigación fue cuantitativo, ^(38,39) a partir de un estudio descriptivo, retrospectivo y bibliométrico, ^(40,41) con la finalidad de analizar tendencia e indicadores en torno a las implementaciones de la inteligencia artificial en la gestión de la cadena de suministro, y de este análisis identificar posibles líneas de investigación.

La revisión se realizó en la base de datos SCOPUS (<https://www.scopus.com/>), durante el período de 2019 a 2024, sin restricción idiomática, solo se tuvieron en cuenta los artículos de investigación y revisión que se encontraron en acceso abierto. Se realizó una descarga de un fichero formato “.RIS” y se analizó en el gestor bibliográfico EndNote X8 por dos investigadores de forma independiente, ⁽⁴²⁾ donde los criterios de selección inclusión fueron ajuste al tema, relevancia y calidad de las investigaciones, así como que al menos se evidenciara de forma explícita la implementación de la inteligencia artificial en algún momento de la gestión de la cadena de suministro.

Estrategia de búsqueda

En la confección se la estrategia de búsqueda se tuvo en cuenta dos descriptores temáticos principales:

“cadena de suministro” y “inteligencia artificial” en idioma inglés, de su utilización en combinación con los criterios de inclusión y exclusión quedó la fórmula estructurada: TITLE-ABS-KEY (“supply chain” AND “artificial intelligence”) AND PUBYEAR > 2018 AND PUBYEAR < 2025 AND (LIMIT-TO (DOCTYPE, “ar”) OR LIMIT-TO (DOCTYPE, “re”)) AND (LIMIT-TO (OA, “all”)). Se llevó a cabo el 25 de junio de 2024 y se recopiló un total de 679 investigaciones (n=679).

Indicadores bibliométricos

Se analizaron cinco indicadores bibliométricos, de ellos cuatro indicadores relacionados con la producción y uno de tendencia. La descripción de los indicadores aparece a continuación:

Indicador de tendencia

- Tendencia de las investigaciones por año: se analizaron la cantidad de investigaciones por año y su tendencia a partir de la representación de la línea de tendencia y su nivel de ajuste (R^2).

Indicadores de producción

- Producción científica por tipo de documento: se realizó un análisis de la cantidad de artículos de investigación y revisión identificados.
- Producción científica por área del conocimiento: se realizó un análisis de la cantidad de artículos por área del conocimiento.
- Producción científica por país: se realizó un análisis de la cantidad de artículos por país y los niveles de introducción de resultados a partir de un mapa de densidad.
- Producción científica por filiación institucional: se realizó un análisis de la cantidad de artículos por filiación institucional.

Fuente de información: los indicadores se obtuvieron de la base de datos SCOPUS, donde se descargaron archivos .XLSX en formato Excel. El mapa de países se realizó en la plataforma Lens (<https://www.lens.org/>).

Mapas de conocimiento

- Mapa de colaboración entre países: el objetivo fue analizar los principales clústers de colaboración entre países y las posibles transferencias de conocimiento entre regiones.
- Red de coocurrencia de palabras clave: se realizó un análisis de coocurrencia de palabras clave a partir de mapa bibliométrico network. Se realizó un análisis de los clústers principales para la identificación de posibles líneas de investigación.
- Mapa de nube de palabras clave: se realizó un análisis de frecuencia de las palabras clave, para identificar las palabras que más aparecen en las investigaciones.
- Red de colaboración entre autores: se realizó un análisis de la colaboración entre autores.
- Mapa de citas: se realizó un análisis de las principales citas en el período, en función del nivel de acceso a las publicaciones y la comparación entre los niveles de citas en acceso abierto o no.

Fuente de información: para la confección de mapas de conocimiento se utilizó el software Vosviewer y la plataforma Lens.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN



Figura 1. Tendencia de las investigaciones por año

La tendencia de las investigaciones fue positiva y hacia el incremento con un pico máximo en el año 2023 de 214 investigaciones, caracterizada por una función polinómica con un nivel de confianza del 73,74 % (Figura 1). En el año 2024 ya en el primer semestre se cuenta con 127 investigaciones, de continuar esta tendencia se espera que se supere la cantidad de investigaciones del año anterior.

La figura 2 muestra un análisis de la producción científica por tipo de documentos, donde predominaron los artículos de investigación con 536 artículos que representan el 79 % del total, mientras que el 21 % restante fueron artículos de revisión.

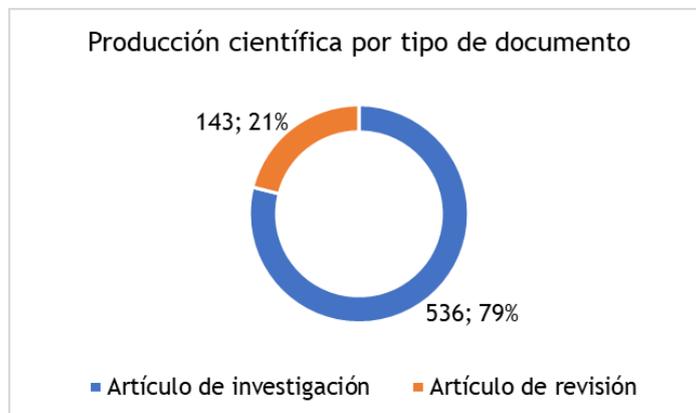


Figura 2. Producción científica por tipo de documento

Se identificaron investigaciones en 26 áreas del conocimiento, un análisis de las áreas del conocimiento con más de 50 investigaciones evidenció que predominaron las investigaciones en el área de las ciencias de la computación con 302 artículos, seguido de la Ingeniería y el Negocio, Administración y Contabilidad con 269 y 178 investigaciones respectivamente.

Áreas del conocimiento	Cantidad
Ciencias de la computación	302
Ingeniería	269
Negocio, Administración y Contabilidad	178
Ciencias de la decisión	136
Ciencias sociales	119
Ciencias ambientales	100
Energía	81
Ciencias agrícolas y biológicas	56
Matemáticas	54
Muestra	1295

Se identificaron investigaciones en 88 países, la figura 3 muestra un análisis de los países con 30 investigaciones o más, el país más productor fue Reino Unido con 127 investigaciones, seguido de la India y los Estados Unidos con 107 y 95 investigaciones respectivamente. Al analizar la densidad en el mapa se evidencia que los países con mayor introducción de resultados fueron China, Estados Unidos y la India.

Entre las principales aplicaciones en China se encuentra la automatización y optimización de procesos logísticos relacionados con la previsión de la demanda, gestión de almacenes y transporte, así como técnicas para la selección de proveedores.⁽⁷⁾ En Estados Unidos las principales aplicaciones se enfocan en la gestión de inventarios para analizar datos en tiempo real y tomar decisiones informadas, estrategias que también han sido implementadas en la India, donde, además, se han implementado la recopilación de datos, el Internet de las Cosas (IoT) y la analítica avanzada para la predicción de la demanda.⁽⁴³⁾

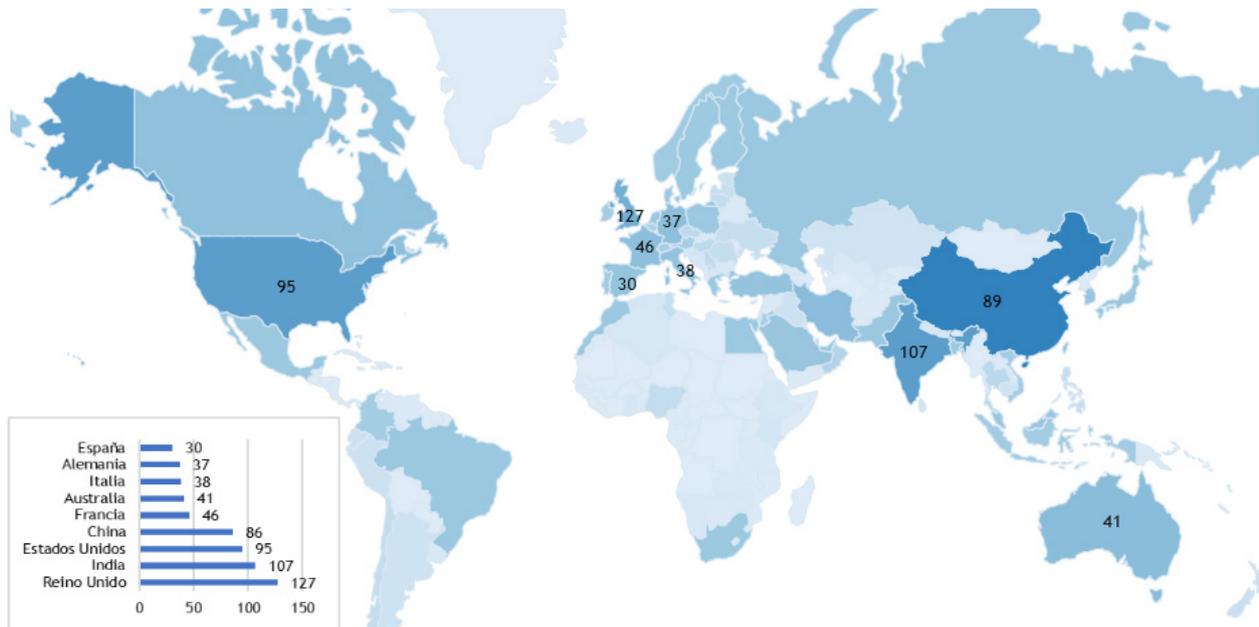


Figura 3. Producción científica por país

La figura 4 muestra la producción científica por filiación institucional, se identificaron en el estudio 160 filiaciones institucionales con investigaciones, donde la University of Cambridge con 14 investigaciones fue la universidad más productora, seguido de Swansea University y University of Oxford con 11 y 9 investigaciones respectivamente.

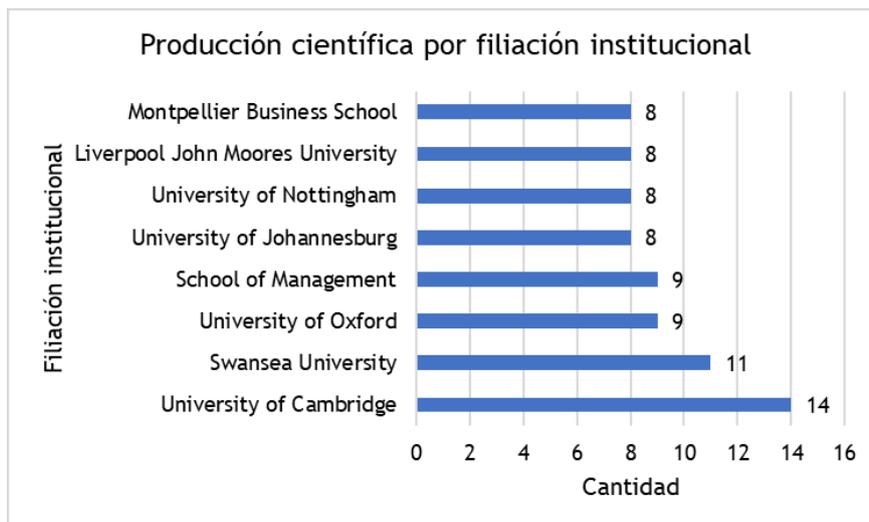


Figura 4. Producción científica por filiación institucional

Se realizó un análisis de la red de colaboración entre países con un nivel de coocurrencia mayor o igual a 12, donde se identificaron 28 ítems (países) y se agruparon en cinco clústers principales, en el clúster 1 se interrelacionaron los países: Canadá, Francia, Alemania, Italia, Holanda, Portugal, España y Estados Unidos, en el clúster 2 los países: Australia, Irán, Malasia, Paquistán y Polonia, mientras que en el centro en el clúster 5 colaboraron los países: Serbia, Taiwán y Reino Unido.

Se realizó un análisis de coocurrencia palabras clave con un nivel mayor o igual que 26, donde se identificaron 26 ítems agrupados en cuatro clústers de investigación, de su análisis se identificaron cuatro líneas de investigación científica.

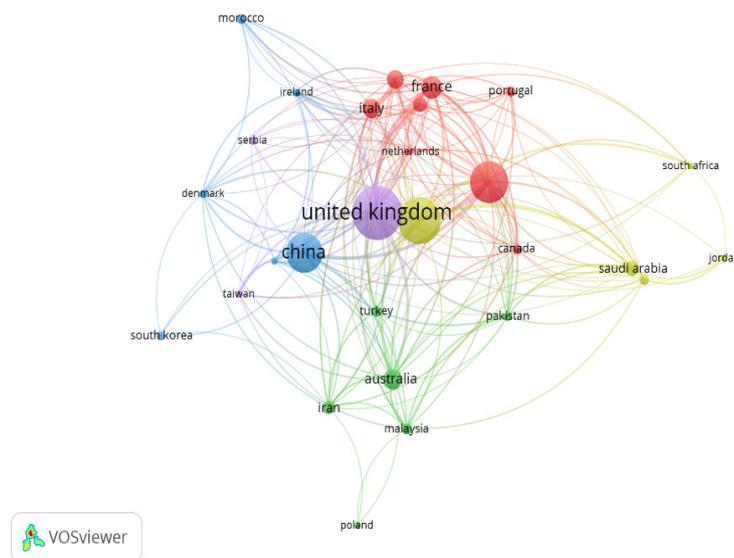


Figura 5. Red de colaboración entre países

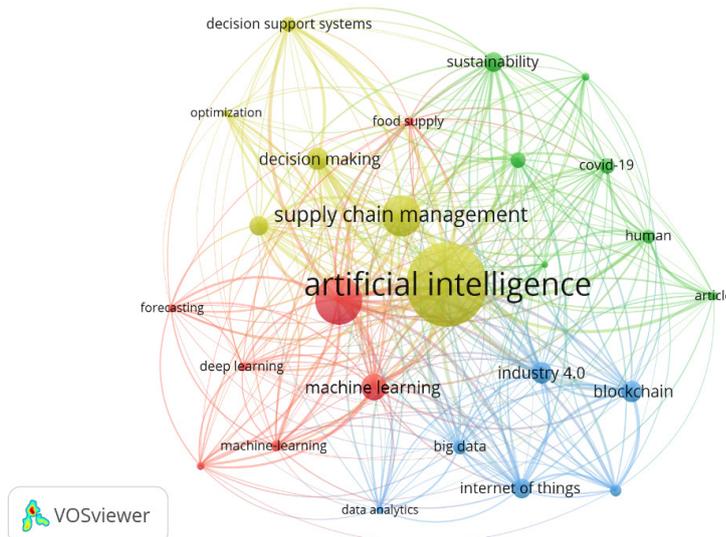


Figura 6. Red de coocurrencia de palabras clave (n≥26)

Las principales líneas de investigación científica fueron:

- Clúster 1 (7 ítems): predicciones de la oferta de alimentos mediante la utilización de sistemas de aprendizaje profundo y cadenas de suministro del sector.^(44,45,46)
- Clúster 2 (7 ítems): impacto de la pandemia de COVID-19 en el desarrollo sostenible y la movilidad humana desde la gestión integral de cadenas de suministro.^(47,48)
- Clúster 3 (6 ítems): integración de big data, blockchain y analítica de datos en las cadenas de suministro en el marco de la Industria 4.0.^(49,50,51)
- Clúster 4 (6 ítems): sistemas de soporte de decisiones basados en inteligencia artificial para la optimización de la gestión de cadenas de suministro.⁽⁵²⁾

Al analizar el mapa de nube de palabras clave (Figura 7), se evidenció que la palabra clave con mayor frecuencia de aparición fue ciencias de la computación que se repitió 5660 veces, elemento que coincide con el área del conocimiento más relevante, seguido de negocios (3858), cadena de suministro (3152), marketing (2457), inteligencia artificial (2097) e Ingeniería (2065).

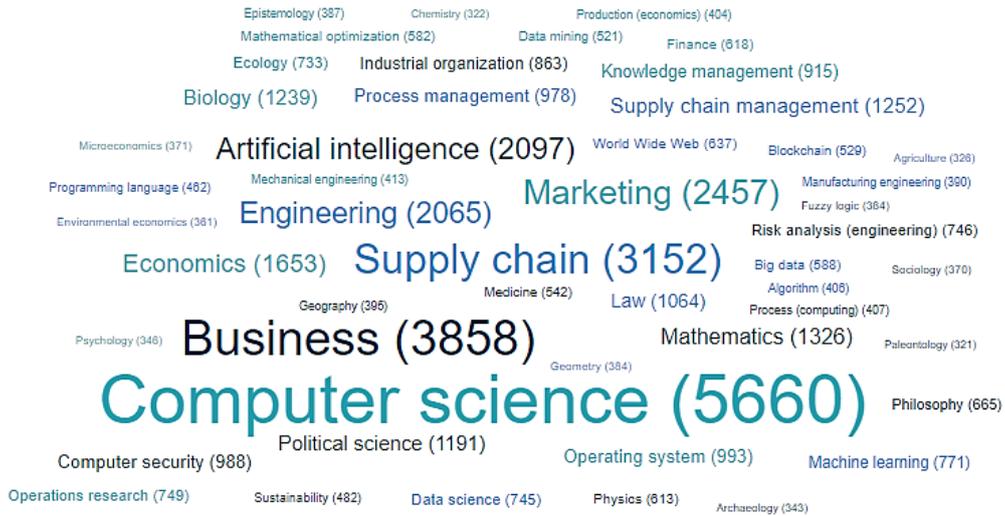


Figura 7. Mapa de nube de palabras clave

La figura 8 muestra la red de colaboración entre autores, donde los autores más representativos fueron Brintrup, A. con 7 investigaciones, seguido de Allahham, M., Dwivedi, Y.K. y Kumar, A. todos con 6 investigaciones publicadas durante el período.

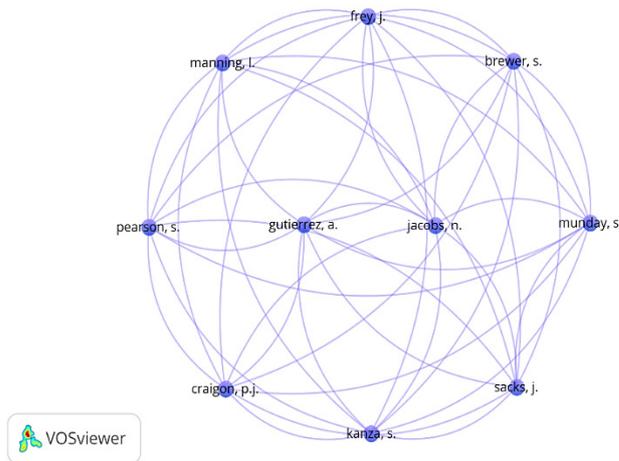


Figura 8. Red de colaboración entre autores

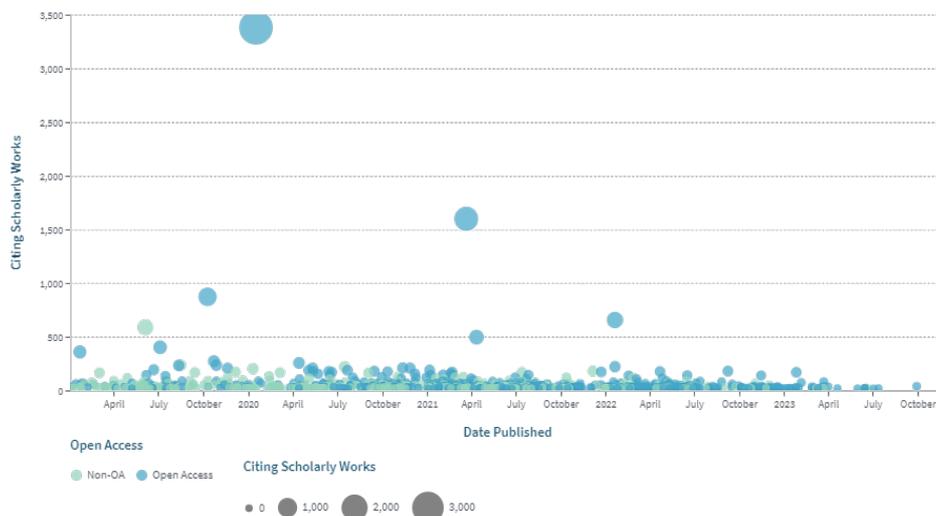


Figura 9. Mapa de citas

Al analizar el mapa de citas (Figura 9), se evidenció que la mayor cantidad de citas estuvo en el rango de 0 a 250 con un pico máximo de citas en acceso abierto en enero del 2021 de 3400 citas, y en el año 2022 de 1600 citas. Predominaron las citas en revistas en acceso abierto.

CONCLUSIONES

En un entorno empresarial cada vez más volátil, la capacidad de las cadenas de suministro para adaptarse a los cambios y recuperarse de disrupciones es crucial, su gestión incluye un conjunto de elementos que garantizan la competitividad empresarial, entre ellos la planificación y coordinación, gestión de procesos logísticos y gestión de relaciones con el cliente. La integración de sistemas de información y tecnologías emergentes (tecnologías disruptivas), como la inteligencia artificial (IA) se ha convertido en una ventaja competitiva con gran impacto en la mejora de todos los procesos que intervienen en la gestión.

Se evidenció que las tendencias en las investigaciones manifestaron un comportamiento hacia el incremento elemento que refleja el interés de los investigadores en estos temas, con picos máximos en el año 2023, donde predominaron los artículos de investigación en el área de las ciencias de la computación. En el país más productor fue Reino Unido mientras que la filiación más representativa fue University of Cambridge de este país.

Se realizó un análisis de coocurrencia de palabras clave donde se identificaron cuatro líneas de investigación científica: predicciones de la oferta de alimentos mediante la utilización de sistemas de aprendizaje profundo y cadenas de suministro del sector, impacto de la pandemia de COVID-19 en el desarrollo sostenible y la movilidad humana desde la gestión integral de cadenas de suministro, integración de big data, blockchain y analítica de datos en las cadenas de suministro en el marco de la Industria 4.0 y sistemas de soporte de decisiones basados en inteligencia artificial para la optimización de la gestión de cadenas de suministro.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Loizidou XI, Loizides MI, Orthodoxou DL, Petsa D. Optimizing waste management for green shipping: industry commitment through participatory processes in Cyprus. *Journal of Shipping and Trade*. 2024;9(1). Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s41072-024-00168-x>.
2. Manrique Nugent MAL, Teves Quispe J, Taco Llave AM, Flores Morales JA. Gestión de cadena de suministro: una mirada desde la perspectiva teórica. *Revista venezolana de gerencia*. 2019;24(88):1136-46. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/290/29062051009/29062051009.pdf>.
3. Chen T, Li Y, Xu F. Traceability strategy choice in competing supply chains based on blockchain technology. *International Transactions in Operational Research*. 2024;31(6):3873-904. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/itor.13332>.
4. Saribanon E, Wiwaha A, Sari M, Sihombing S, Ruminda M, Keke Y, et al. Supply chain strategy and supplier environment on competitive advantage: The moderating role of environmental uncertainty. *Uncertain Supply Chain Management*. 2024;12(1):323-32. Disponible en: <https://doi.org/10.5267/j.uscm.2023.9.018>.
5. Islam Mozumder MA, Sumon RI, Khan Z, Imtiyaz Uddin SM, Khan MO, Kim HC, editors. AI-Based Logistics System Overview and a Workflow for Digital Freight Forwarding in Logistics. *International Conference on Advanced Communication Technology, ICACT*; 2024. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.sftr.2024.100234>.
6. Viriyasitavat W, Bi Z, Hoonsopon D. Blockchain technologies for interoperation of business processes in smart supply chains. *Journal of Industrial Information Integration*. 2022;26. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jii.2022.100326>.
7. Li P. Analysis and Research on the Impact of Digital Transformation and Upgrading of China's Manufacturing Industry on Global Supply Chains. *Applied Mathematics and Nonlinear Sciences*. 2024;9(1). Disponible en: <https://doi.org/10.2478/amns-2024-1451>.
8. Javanmardan A, Golpîra H, Baradaran V. A socio-economic and quality-oriented optimal fruit supply chain network design in a multi-market and multi-product environment: A real case study. *Socio-Economic Planning Sciences*. 2024;94. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.seps.2024.101910>.
9. Jones EC. Lithium Supply Chain Optimization: A Global Analysis of Critical Minerals for Batteries. *Energies*. 2024;17(11). Disponible en: <https://doi.org/10.3390/en17112685>.
10. Sánchez Suárez Y, Pérez Castañeira JA, Sangroni Laguardia N, Cruz Blanco C, Medina Nogueira YE. Retos

actuales de la logística y la cadena de suministro. *Ingeniería Industrial*. 2021;42(1):169-84. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1815-59362021000100169&script=sci_arttext&tlng=pt.

11. Torres Barreto ML. Estudio de casos de éxito y fracaso de emprendedores a raíz del COVID-19 en Bucaramanga y su área metropolitana. *Región Científica*. 2023;2(1):202332-. Disponible en: <https://doi.org/10.58763/rc202332>.

12. Tegbar T, Klaus T, Nageswara Rao DK, Haile B, editors. Characteristics of Supply Chain Integration of Manufacturing Firms in Ethiopia. *Green Energy and Technology*; 2024. Disponible en: https://doi.org/10.1007/978-3-031-41173-1_15.

13. Corsini RR, Cannella S, Dominguez R, Costa A. Closed-loop supply chains: How do production capacity and production control policies impact the performance? *Computers and Industrial Engineering*. 2024;189. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cie.2024.109939>.

14. Barrera F, Segura M, Maroto C. Multiple criteria decision support system for customer segmentation using a sorting outranking method. *Expert Systems with Applications*. 2024;238. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.122310>.

15. Lozano-Oviedo J, Cortés CE, Rey PA. Sustainable closed-loop supply chains and their optimization models: a review of the literature. *Clean Technologies and Environmental Policy*. 2024;26(4):999-1023. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10098-023-02730-w>.

16. Bosch Nuñez O, Pérez García D, Sánchez Suárez Y, Marqués León M. Estrategias de economía circular en la cadena de suministro agroalimentaria en la Sucursal Islazul Varadero. *Retos Turísticos*. 2024;23(1). Disponible en: <https://retosturisticos.umcc.cu/index.php/retosturisticos/article/view/66/72>.

17. Kocaoglu B, Bulut M. Circular Supply Chain Network Design for E-commerce. *Gazi University Journal of Science*. 2024;37(2):840-52. Disponible en: <https://doi.org/10.35378/gujs.1234548>.

18. Bassiouni MM, Chakraborty RK, Sallam KM, Hussain OK. Deep learning approaches to identify order status in a complex supply chain. *Expert Systems with Applications*. 2024;250. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2024.123947>.

19. Liu R, Vakharia V. Optimizing Production Supply Chain With Markov Jump System for Logistics Collaboration. *Journal of Organizational and End User Computing*. 2024;36(1). Disponible en: <https://doi.org/10.4018/JOEUC.344452>.

20. Nakrachata-Amon T, Vorasayan J, Pitiruek K, Arunyanart S, Niyamosoth T, Pathumnakul S. Optimizing vertically integrated pork production supply chain: A Lagrangian heuristic approach. *Heliyon*. 2024;10(6). Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e26407>.

21. Ma S, He Y, Gu R, Yeh CH. How to cooperate in a three-tier food delivery service supply chain. *Journal of Retailing and Consumer Services*. 2024;79. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2024.103828>.

22. Zhang G, Xu J, Zhang Z, Chen W. Optimal decision-making and coordination of the shipping logistics service supply chain cooperation mode under the carbon quota and trading mechanism. *Ocean and Coastal Management*. 2024;255. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2024.107240>.

23. Zhu Q, Liu A, Li Z, Yang Y, Miao J. Sustainable Supplier Selection and Evaluation for the Effective Supply Chain Management System. *Systems*. 2022;10(5). Disponible en: <https://doi.org/10.3390/systems10050166>.

24. He L, Xue M, Gu B. Internet-of-things enabled supply chain planning and coordination with big data services: Certain theoretic implications. *Journal of Management Science and Engineering*. 2020;5(1):1-22. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jmse.2020.03.002>.

25. Amellal I, Amellal A, Seghioeur H, Ech-Charrat MR. An integrated approach for modern supply chain management: Utilizing advanced machine learning models for sentiment analysis, demand forecasting, and probabilistic price prediction. *Decision Science Letters*. 2024;13(1):237-48. Disponible en: <https://doi.org/10.5267/j.dsl.2023.9.003>.

26. Kosgoda D, Perera HN, Aloysius J. Effective goal framing for managers using inventory management systems. *European Journal of Operational Research*. 2024;316(1):138-51. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2024.01.034>.
27. Rabet R, Ganji M, Fathi M. A simheuristic approach towards supply chain scheduling: Integrating production, maintenance and distribution. *Applied Soft Computing*. 2024;153. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2024.111264>.
28. Johansyah MD, Sambas A, Vaidyanathan S, Abas SS, Hassan H, Makhtar M, et al. A New Chaotic Supply Chain Model, Its Bifurcation Analysis, Multi-Stability and Synchronization Using Backstepping Control. *Nonlinear Dynamics and Systems Theory*. 2024;24(3):275-85. Disponible en: [https://e-ndst.kiev.ua/v24n3/7\(93\).pdf](https://e-ndst.kiev.ua/v24n3/7(93).pdf).
29. Cerca M, Sosa A, Vance C, Pollard P, Maguire J, Murphy F. Small-scale low-tropic ocean farming and coastal rural landscapes: Why the logistics of seaweed matter? Insights from Ireland for collaborative planning. *Marine Policy*. 2024;163. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2024.106140>.
30. Hammadi A, Reiners T, Husnain B. Impact of IoT Adoption on Supply Chain Management and Supplier Relationships: Systematic Review. *Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies*. 2023;2024. p. 404-14. Disponible en: https://doi.org/10.1007/978-3-031-57931-8_39.
31. Batarlienè N, Jarašūnienè A. Improving the Quality of Warehousing Processes in the Context of the Logistics Sector. *Sustainability (Switzerland)*. 2024;16(6). Disponible en: <https://doi.org/10.3390/su16062595>.
32. Islam MS, Rubel MRB, Rimi NN, Amin MB, Quadir P. Attaining sustainable excellence: Investigating the impact of sustainable scm and circular economy on green garment industry in Bangladesh. *Sustainable Futures*. 2024;8. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.sftr.2024.100234>.
33. Zambrano Yépez CA, Giler Kuffó E, Vera Velásquez M, Franco Medranda Y. Beneficios y desafíos del uso de las TIC en la cadena de suministro. *Revista de Investigación en Tecnologías de la Información: RITI*. 2020;8(15):128-42. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7473761.pdf>.
34. García Cruz JA, García Díaz BL, Guevara Valdiviezo Y, Ortega Rojas YK, Sakibaru Mauricio LA, Vargas Cárdenas CA. Inteligencia artificial en la praxis docente: vínculo entre la tecnología y el proceso de aprendizaje. Josefrank Pernaleté Lugo (see profile). 2023. Disponible en: <https://doi.org/10.17613/vqt1-cp64>.
35. Allahham M, Sharabati AAA, Al-Sager M, Sabra S, Awartani L, Khraim ASL. Supply chain risks in the age of big data and artificial intelligence: The role of risk alert tools and managerial apprehensions. *Uncertain Supply Chain Management*. 2024;12(1):399-406. Disponible en: <https://doi.org/10.5267/j.uscm.2023.9.012>.
36. Singh AK, Simha JB, Agarwal R. Prediction of Intermittent Demand Occurrence using Machine Learning. *EAI Endorsed Transactions on Internet of Things*. 2024;10. Disponible en: <https://doi.org/10.4108/eetiot.5381>.
37. Senapati T, Sarkar A, Chen G. Enhancing healthcare supply chain management through artificial intelligence-driven group decision-making with Sugeno-Weber triangular norms in a dual hesitant q-rung orthopair fuzzy context. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*. 2024;135. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2024.108794>.
38. Sánchez Suárez Y, Marqués León M, Hernández Nariño A, Suárez Pérez MM. Metodología para el diagnóstico de la gestión de trayectorias de pacientes en hospitales. *Región Científica*. 2023;2(2):2023115-. Disponible en: <https://doi.org/10.58763/rc2023115>.
39. Tápanes Suárez E, Bosch Nuñez O, Sánchez Suárez Y, Marqués León M, Santos Pérez O. Sistema de indicadores para el control de la sostenibilidad de los centros históricos asociada al transporte. *Región Científica*. 2023;2(1):202352-. Disponible en: <https://doi.org/10.58763/rc202352>.
40. Sánchez Suárez Y, Pérez Gamboa AJ, Hernández Nariño A, Yang Díaz-Chieng L, Marqués León M, Pancorbo Sandoval JA, et al. Cultura hospitalaria y responsabilidad social: un estudio mixto de las principales líneas para su desarrollo. *Salud, Ciencia y Tecnología-Serie de Conferencias*. 2023;2:451-. Disponible en: <https://doi.org/10.56294/sctconf2023451>.

41. Raudales-Garcia EV, Acosta-Tzin JV, Aguilar-Hernández PA. Economía circular: una revisión bibliométrica y sistemática. *Región Científica*. 2024;3(1):2024192-. Disponible en: <https://doi.org/10.58763/rc2024192>.

42. Murgas Téllez B, Arturo Henao-Pérez A, Guzmán Acuña L. Opciones Reales y su aplicación en proyectos de energía renovable. Revisión de estado del arte. *Región Científica*. 2023;2(1):202349-. Disponible en: <https://doi.org/10.58763/rc202349>.

43. Gonçalves AA, De Castro Silva SLF, Silva Santos RL, Cheng C, Pereira Barbosa JG, Martins CHF, editors. Decision Support System for Inventory Management in Healthcare Organizations: A Case Study at the Brazilian National Cancer Institute. *Studies in Health Technology and Informatics*; 2019. Disponible en: <https://doi.org/10.3233/SHTI190007>.

44. Jamwal A, Agrawal R, Sharma M. Deep learning for manufacturing sustainability: Models, applications in Industry 4.0 and implications. *International Journal of Information Management Data Insights*. 2022;2(2). Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jjime.2022.100107>.

45. Kulkarni A, Xu C. A Deep Learning Approach in Optical Inspection to Detect Hidden Hardware Trojans and Secure Cybersecurity in Electronics Manufacturing Supply Chains. *Frontiers in Mechanical Engineering*. 2021;7. Disponible en: <https://doi.org/10.3389/fmech.2021.709924>.

46. Makridis G, Mavrepis P, Kyriazis D. A deep learning approach using natural language processing and time-series forecasting towards enhanced food safety. *Machine Learning*. 2023;112(4):1287-313. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10994-022-06151-6>.

47. Arabi YM, Azoulay E, Al-Dorzi HM, Phua J, Salluh J, Binnie A, et al. How the COVID-19 pandemic will change the future of critical care. *Intensive Care Medicine*. 2021;47(3):282-91. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00134-021-06352-y>.

48. Asokan DR, Huq FA, Smith CM, Stevenson M. Socially responsible operations in the Industry 4.0 era: post-COVID-19 technology adoption and perspectives on future research. *International Journal of Operations and Production Management*. 2022;42(13):185-217. Disponible en: <https://doi.org/10.1108/IJOPM-01-2022-0069>.

49. Akundi A, Euresti D, Luna S, Ankobiah W, Lopes A, Edinbarough I. State of Industry 5.0—Analysis and Identification of Current Research Trends. *Applied System Innovation*. 2022;5(1). Disponible en: <https://doi.org/10.3390/asi5010027>.

50. Al-Banna A, Rana ZA, Yaqot M, Menezes BC. Supply Chain Resilience, Industry 4.0, and Investment Interplays: A Review. *Production and Manufacturing Research*. 2023;11(1). Disponible en: <https://doi.org/10.1080/21693277.2023.2227881>.

51. Al-Banna A, Yaqot M, Menezes BC. Investment strategies in Industry 4.0 for enhanced supply chain resilience: an empirical analysis. *Cogent Business and Management*. 2024;11(1). Disponible en: <https://doi.org/10.1080/23311975.2023.2298187>.

52. Adamashvili N, Zhizhilashvili N, Tricase C. The Integration of the Internet of Things, Artificial Intelligence, and Blockchain Technology for Advancing the Wine Supply Chain. *Computers*. 2024;13(3). Disponible en: <https://doi.org/10.3390/computers13030072>.

FINANCIACIÓN

Los autores no recibieron financiación para el desarrollo de la presente investigación.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

Conceptualización: Yasniel Sánchez Suárez.

Curación de datos: Naylet Sangroni Laguardia.

Análisis formal: Yasniel Sánchez Suárez.

Adquisición de fondos: Naylet Sangroni Laguardia.

Investigación: Yasniel Sánchez Suárez, Naylet Sangroni Laguardia.

Metodología: Yasniel Sánchez Suárez, Naylet Sangroni Laguardia.

Administración del proyecto: Yasniel Sánchez Suárez.

Recursos: Naylet Sangroni Laguardia.

Software: Yasniel Sánchez Suárez.

Supervisión: Yasniel Sánchez Suárez.

Validación: Naylet Sangroni Laguardia.

Visualización: Yasniel Sánchez Suárez.

Redacción - borrador original: Yasniel Sánchez Suárez.

Redacción - revisión y edición: Naylet Sangroni Laguardia.