



Revisión bibliométrica sobre la optimización de costes y almacenamiento en logística: una perspectiva global (1980-2024)

*Miguel Guillén-Pujadas**
*Óscar Gutiérrez-Aragón***
*Carla Díaz Salgado****
*Alejandro Sánchez Díaz*****

Fecha de recepción: 25 de mayo de 2025

Fecha de aprobación: 23 de octubre de 2025

Resumen: El estudio tiene como objetivo ofrecer una visión estructurada y cuantitativa de la evolución de la investigación científica sobre la reducción de costes en el almacenamiento logístico, identificando tendencias, autores, instituciones, países y principales líneas temáticas, así como vacíos en la literatura. El enfoque, además de la reducción del gasto, destaca la gestión eficiente de recursos, espacio, tiempo y tecnología mediante estrategias planificadas y soluciones innovadoras. En este marco, la gestión de inventarios adquiere especial relevancia; se destacan prácticas como Just-in-Time y Vendor Managed Inventory, orientadas a reducir niveles de stock sin afectar la eficiencia operativa, disminuir costes y mejorar el servicio al cliente. La investigación adopta una metodología cuantitativa basada en un análisis bibliométrico de 7066 artículos indexados en Web of Science Core Collection durante el período 1980-2024, procesados mediante el *software* VOSviewer. Se aplicaron métricas de rendimiento, publicaciones, citas e índice h, junto con técnicas de mapeo científico de cocitación, coautoría y coocurrencia de palabras clave. Los resultados evidencian un crecimiento sostenido del interés científico, especialmente en la última década, una intensificación de la colaboración internacional y una mayor interdisciplinariedad entre áreas como ingeniería, gestión y ciencias económicas. El análisis de palabras clave identifica tres clústeres principales: innovación y digitalización; sostenibilidad; y optimización operativa. Esta perspectiva interdisciplinaria está configurando un nuevo paradigma de almacenes inteligentes, rentables y sostenibles, alineado con los principios de la Industria 4.0 y con las tendencias globales hacia la eficiencia operativa y la transformación digital.

Palabras clave: logística, costes operativos, reducción de costes, almacenamiento, bibliometría, mapeo científico, optimización, perspectiva, evolución, tendencias, métricas, gestión de inventarios, stocks, automatización.


Clasificación JEL: L91; D21; D23; D24; C89; D85; L81.


Cómo citar

Guillén-Pujadas, M., Gutiérrez-Aragón, O., Díaz-Salgado, C., & Sánchez-Díaz, A. (2026). Bibliometric review of Cost Optimization and Storage in Logistics: A Global Perspective (1980–2024). *Apuntes del Cenes*, 45 (81) Págs. 47 - 78. <https://doi.org/10.19053/aptc.01203053.v45.n81.2026.19534>

* Doctor en Empresariales. Profesor e Investigador del Departamento de Empresa de Universidad de Barcelona. miguel.guillen@ub.edu  <https://orcid.org/0000-0002-9530-3842>  Contacto de Correspondencia

** Doctor en Administración de Empresas por la Universidad de León, España. Profesor del Departamento de Empresa de la Universidad de Barcelona. oscar.gutierrez@eum.es  <https://orcid.org/0000-0002-4417-6310>

*** Investigadora del Departamento de Empresa de la Escuela Universitaria Mediterrani de Barcelona (Universidad de Girona, España). Graduada en Logística Empresarial por la Universidad de Girona. carladiazsalgado@gmail.com  <https://orcid.org/0009-0005-4481-959X>

**** Investigador del Departamento de Empresa de la Escuela Universitaria Mediterrani de Barcelona (Universidad de Girona, España). Graduado en Logística Empresarial por la Universidad de Girona. ale1424415@gmail.com  <https://orcid.org/0009-0001-5817-6194>

Bibliometric Review of Cost Optimization and Storage in Logistics: A Global Perspective (1980-2024)

Abstract

The study aims to provide a structured and quantitative overview of the evolution of scientific research into cost reduction in logistics warehousing, identifying trends, authors, institutions, countries, and main themes, as well as gaps in the literature. This approach is more than just a cost-cutting exercise; it emphasizes the effective management of resources, space, time, and technology through planned strategies and cutting-edge solutions. In this context, inventory management takes on special relevance, with practices such as JUST-IN-TIME and Vendor Managed Inventory aimed at reducing stock levels without affecting operational efficiency, lowering costs, and improving customer service. The research adopts a quantitative methodology based on a bibliometric analysis of 7,066 articles indexed in the Web of Science Core Collection during the period 1980-2024, processed using VOSviewer software. Performance metrics, publications, citations, and h-index were applied, along with scientific mapping techniques of co-citation, co-authorship, and keyword co-occurrence. The results show sustained growth in scientific interest, especially in the last decade, along with intensified international collaboration and greater interdisciplinarity between areas such as engineering, management, and economics. Keyword analysis reveals three main clusters: innovation and digitization; sustainability; and operational optimization. This interdisciplinary perspective is shaping a new paradigm of smart, cost-effective, and sustainable warehouses, aligned with Industry 4.0 principles and global trends toward operational efficiency and digital transformation.

Keywords: logistics, operating costs, cost reduction, storage, bibliometrics, scientific mapping, optimization, perspective, evolution, trends, metrics, inventory management, stocks, automation.

INTRODUCCIÓN

El crecimiento económico del siglo pasado, junto con la globalización, impulsó un aumento en el consumo y el intercambio internacional de mercancías (Dekker et al., 2012; Choi et al., 2019). Este contexto exige a los fabricantes una producción ágil y de alto valor, en un entorno de competencia creciente y cadenas de suministro cada vez más complejas (Gutiérrez-Aragón et al., 2024). La presión por reducir costes ha hecho que el funcionamiento logístico cobre una importancia estratégica (Bigliardi et al., 2021; Ivanov, 2021). En este sentido, el almacén se convierte en un eslabón esencial entre proveedores y consumidores, y su gestión eficiente permite disminuir el volumen de inventario sin afectar la calidad del servicio, mediante una adecuada planificación de pedidos y la clasificación de productos por categorías y ubicaciones (Stevenson et al., 2005; Zhang et al., 2019; Van den Berg & Zijm, 1999; Xie et al., 2016).

La optimización del almacén incide directamente en la reducción de costes, la rentabilidad y la adaptabilidad empresarial (Ghodsypour & O'Brien, 2001;

Ries et al., 2017). Ante este panorama, las empresas han comenzado a enfocarse en mejorar el rendimiento de sus operaciones de almacenamiento, eliminando actividades que no agregan valor y maximizando el uso del espacio disponible (Burinskiene et al., 2018; Lyu et al., 2020). Uno de los procesos clave en esta mejora es la preparación de pedidos, que influye significativamente en los costes y tiempos de operación. Para optimizarlo, es fundamental asignar ubicaciones estratégicas a los productos dentro del almacén, lo que facilita un flujo más eficiente (De Koster et al., 2007; Loske et al., 2023).

El objetivo del estudio es obtener una visión estructurada y cuantitativa del estado actual de la investigación en este campo. Mediante el estudio bibliométrico sobre la reducción de costes en el almacenamiento de publicaciones académicas de la Web of Science Core Collection, se busca identificar las tendencias predominantes, los marcos teóricos aplicados, los autores y países con mayor producción científica, así como las áreas temáticas más relevantes vinculadas con la optimización de costes en los procesos logísticos.

El análisis bibliométrico es una metodología empleada para evaluar la producción científica y detectar tendencias en una disciplina mediante la cuantificación de publicaciones académicas. En el ámbito logístico permite identificar las principales contribuciones y el impacto de los trabajos relevantes (Hajduk, 2017; Bigliardi et al., 2021; Donthu et al., 2021). A través del recuento de publicaciones, citas, autores e instituciones, este análisis revela patrones de productividad y conexiones clave en el campo (Vizquete-Luciano et al., 2023). Además, posibilita la elaboración de mapeos científicos que visualizan relaciones entre temas, subtemas y redes de colaboración (Moral-Muñoz et al., 2020). Estos mapeos se desarrollan mediante técnicas como el análisis de cocitas, la coautoría y la minería de textos, las cuales proporcionan una visión estructurada y dinámica del estado actual del conocimiento en una disciplina determinada (Aria & Cuccurullo, 2017; Guillén-Pujadas et al., 2024).

Este trabajo se estructura en las siguientes secciones: en la primera se presenta el marco teórico, donde se abordan los conceptos y teorías relevantes sobre las palabras clave abordadas; en la segunda se describe la metodología utilizada para llevar a cabo la investigación bibliométrica; en la tercera se exponen los hallazgos obtenidos, y en la última se presentan las conclusiones y se proponen recomendaciones basadas en los resultados obtenidos.

MARCO TEÓRICO

La gestión de almacenes permite aprovechar de manera eficiente los recursos disponibles y ofrecer servicios logísticos de almacenamiento de forma eficaz (Staudt et al., 2015). Este tipo de sistema facilita el reconocimiento de distintos tipos de gastos asociados, como los correspondientes al personal, al manejo de equipos y a la identificación de materiales. Su aplicación no solo busca reducir los costes logísticos generales relacionados con el almacenamiento, sino también favorecer su integración en otras etapas de la cadena de suministro, lo que incrementa el rendimiento operativo global (Kučera, 2017; Richards, 2018).

Para la realización del presente estudio se han empleado las siguientes palabras clave: *cost reduction*, *storage*, *inventory management*, *stock optimization* y *automation*. Estas se desarrollarán a continuación con el propósito de comprender su impacto y relevancia dentro del ámbito de la gestión de almacenes. La selección de estos términos permite establecer una base conceptual general que facilita el análisis de las tendencias y áreas de interés presentes en la literatura científica. Asimismo, el conocimiento de la literatura previa, junto con el análisis de las palabras clave, autores, instituciones, países y revistas de las publicaciones, permite comprender de manera más profunda la configuración y evolución de este

ámbito de estudio (Grant & Booth, 2009; Donthu et al., 2021).

Reducción de costes

La reducción de costes implica eliminar gastos innecesarios para aumentar las ganancias, lo que en el ámbito del almacenamiento se traduce en ajustar inventarios, optimizar operaciones y reducir el uso de espacio y tiempo (Lyu et al., 2020). El desarrollo de modelos de planificación contribuye a corregir ineficiencias y mejorar el rendimiento a largo plazo (Grosse et al., 2015). Una gestión eficiente del sistema logístico es esencial para controlar costes, y las innovaciones tecnológicas posibilitan optimizar procesos, minimizar errores y reducir costes operacionales (Lin et al., 2009; Fu et al., 2021).

El uso de enfoques como la estrategia *just-in-time* (JIT) y la metodología de intercambio electrónico de datos (EDI) han demostrado ser eficaces para disminuir los niveles de inventario y los costes administrativos, al facilitar una mayor sincronización entre los actores de la cadena de suministro (Lancioni et al., 2000). En la actualidad, tecnologías emergentes como el *blockchain* podrían fortalecer aún más este intercambio de información, al ofrecer trazabilidad, transparencia y seguridad en los flujos de datos, lo que contribuye a eliminar el temor inicial de compartir información con proveedores y promueve una colaboración más confiable (Jia et al., 2021; Zhang et al., 2021).

Por otro lado, la toma de decisiones en la cadena de suministro constituye un componente estrechamente relacionado con las estrategias de optimización. Estas decisiones suelen clasificarse en niveles estratégico, táctico y operativo, según su horizonte temporal y grado de impacto (Hiassat et al., 2017). No obstante, cuando se adoptan de forma aislada, pueden orientarse únicamente a la reducción de costes dentro de un área específica, sin considerar los efectos sobre el desempeño global de la cadena. Es importante señalar que dicha interpretación debe abordarse con cautela, dado que la estructura organizacional y los procesos internos varían significativamente entre empresas, lo que impide generalizar las dinámicas de decisión y sus consecuencias sobre los costes (Kumar & Sharma, 2021; Sawik & Sawik, 2024). Además, en el contexto de los almacenes automatizados, las máquinas Storage and Retrieval (S/R) representan aproximadamente el 40 % de la inversión inicial total, por lo que decisiones bien fundamentadas en el diseño y operación de los sistemas de almacenamiento resultan clave para lograr una reducción efectiva de los costes logísticos (Lerher et al., 2010).

Almacenamiento

El almacenamiento es una actividad fundamental dentro de la cadena de suministro, pero también una de las que genera mayores costes, debido a los gastos asociados con la retención de inventario y la mano de obra reque-

rida para la preparación de pedidos (Vahdani & Zandieh, 2010). Reducir estos costes y el tiempo que los productos permanecen almacenados representa una prioridad estratégica, dado que los costes de almacenamiento y transporte suelen superar a otros componentes logísticos (Lin et al., 2009). Los almacenes y centros de distribución desempeñan un papel esencial en la continuidad operativa y en la eficiencia de los flujos logísticos vinculados a la producción, el aprovisionamiento y la distribución (Lerher et al., 2010). Estos espacios pueden albergar distintos tipos de inventarios, según el producto que contengan, ya sean materias primas, productos en proceso o bienes terminados. Cada uno con características y requerimientos específicos en cuanto a su manipulación, rotación y nivel de servicio (Zhang et al., 2024; Van Gaalen & Slootweg, 2025). Las estrategias de almacenamiento y las decisiones orientadas a la reducción de costes deben adaptarse según el tipo de mercancía y del flujo logístico, ya sea en etapas iniciales de aprovisionamiento, intermedias de transformación o finales de distribución de última milla (Moncef & Dupuy, 2021; Bonilla et al., 2024).

La gestión eficiente del espacio y los recursos impacta directamente en el rendimiento logístico, medido por el tiempo y el esfuerzo necesarios para recoger, ubicar y transportar productos, y se refleja en indicadores como la distancia recorrida o el tiempo promedio de almacenamiento y recuperación

(Kovács, 2011; Guo et al., 2015). En este contexto, estrategias operativas como el *cross-docking* favorecen eliminar etapas de almacenamiento intermedio, lo cual reduce inventarios, acelera entregas y facilita la toma de decisiones en tiempo real (Vis & Roodbergen, 2008). Dado que en muchas instalaciones industriales el área destinada al almacenamiento puede superar a la de producción, la optimización del uso del espacio físico se vuelve un factor crítico para mejorar la eficiencia y reducir los costes asociados (Chen et al., 2014). Asimismo, la manipulación de materiales mediante equipos automatizados, como vehículos de guiado automático (Automated Guided Vehicles, AGV), grúas o sistemas transportadores, inciden directamente en la eficiencia del flujo de materiales y en la productividad global del sistema logístico (Van den Berg & Zijm, 1999).

Gestión de inventarios

Las empresas modernas buscan optimizar sus operaciones mediante la producción y distribución de alto volumen, minimizando inventarios y asegurando entregas rápidas, lo que exige alta productividad y tiempos de respuesta reducidos en sistemas de almacenamiento centralizados (Van den Berg & Zijm, 1999). Estrategias como el inventario gestionado por el proveedor (VMI) ayudan a reducir costes en la distribución y benefician principalmente a los compradores, aunque los proveedores pueden ver reducidos sus

márgenes a corto plazo; sin embargo, a largo plazo mejora la rentabilidad al optimizar la gestión de inventarios (Dong & Xu, 2002).

El *just-in-time* (JIT) y el control de inventarios (IC) buscan minimizar niveles de inventario y aplicar políticas según la demanda para reducir costes y mejorar eficiencia (Lin et al., 2009). El intercambio electrónico de datos (EDI) complementa estos enfoques al automatizar la colaboración y mantener bajos los inventarios (Lancioni et al., 2000). No obstante, muchos modelos tradicionales asumen condiciones estáticas que no se adaptan bien a productos con ciclos de vida cortos o demandas variables (Georgiadis et al., 2005). En el comercio electrónico, los centros de distribución enfrentan desafíos como pedidos urgentes y de baja cantidad, lo que ha impulsado el uso de estanterías mixtas para mejorar la eficiencia en la recolección (Weidinger et al., 2019).

Optimización de existencias

La optimización de inventarios es esencial para equilibrar el exceso y la escasez de existencias, reducir costes por almacenamiento innecesario, obsolescencia y desabastecimiento, y garantizar la disponibilidad de repuestos en el momento y cantidad adecuados (Bacchetti & Saccani, 2012). Para ello, los responsables estratégicos necesitan modelos integrales que permitan seleccionar políticas de inventario eficientes y mejorar la

rentabilidad de toda la cadena de suministro (Dolgui & Prodhon, 2007). Estas decisiones incluyen estructurar adecuadamente la cadena, definir acuerdos con proveedores, estrategias de distribución y políticas de gestión de inventarios, aspectos clave para la sostenibilidad operativa a largo plazo (Georgiadis et al., 2005).

La optimización logística requiere un plan detallado que abarque gestión de inventarios, tiempos de respuesta y costes de transporte, todos ellos determinantes en la eficiencia y competitividad de las operaciones (Christopher, 2022). Además, al aplicar estas estrategias, no solo se reducen costes operativos, sino que se mejora la capacidad de respuesta ante variaciones en la demanda y cambios en el entorno del mercado (Chopra & Meindl, 2010). Esto contribuye a elevar la satisfacción del cliente y proporcionar una ventaja competitiva sostenible en un entorno logístico cada vez más dinámico y exigente (Mentzer et al., 2001).

Automatización

Las diferentes revoluciones industriales han sido impulsadas por avances tecnológicos que han transformado los sistemas productivos y logísticos. La primera revolución se centró en la mecanización mediante vapor, la segunda en la electrificación, la tercera en la automatización por tecnologías de la información, y la cuarta, aún en curso, se caracteriza por la digitali-

zación y la integración de tecnologías como el internet de las cosas (IoT), sistemas ciberfísicos y aplicaciones inteligentes (Neumann et al., 2021). Esta etapa ha modificado el rol humano en la cadena de suministro: pese a la automatización, los operadores siguen siendo clave para garantizar flexibilidad en entornos complejos (Kayikci, 2018).

Tecnologías como sistemas automatizados, *software* especializado y contratos inteligentes permiten una gestión de inventarios más precisa, que reduce errores y costes (Lohmer et al., 2020). Asimismo, herramientas como RFID, sensores, GPS y sistemas de información geográfica (SIG) han mejorado la trazabilidad y visibilidad en toda la cadena (Al-Rakhami & Al-Mashari, 2021). La conectividad global ha acelerado la comunicación entre proveedores y clientes, lo que ha llevado a la optimización de costes logísticos y del servicio (Lancioni et al., 2000). Además, el desarrollo de nuevas tecnologías robóticas responde a la necesidad de automatizar tareas complejas ante el aumento de costes laborales y la reducción del precio de estos sistemas (Fantoni et al., 2014).

METODOLOGÍA

Para el desarrollo de este estudio se ha optado por una metodología de carácter cuantitativo basada en el análisis bibliométrico, con el objetivo de examinar la evolución y las principales tendencias científicas relacionadas

con la rentabilidad y la reducción de costes en el almacenamiento logístico. Esta técnica permite identificar los trabajos más influyentes, autores relevantes, instituciones destacadas y las líneas de investigación más recurrentes en el campo objeto de estudio (Guillén-Pujadas et al., 2025).

La base de datos seleccionada para la extracción del corpus bibliográfico ha sido Web of Science Core Collection (WoS), debido a su amplia cobertura de revistas de alto impacto y su reconocido nivel de fiabilidad en el ámbito académico (Alaminos et al., 2024). Esta plataforma, gestionada por Clarivate, incluye distintos índices de citación, entre los que destacan el *Science Citation Index Expanded (SCIE)*, el *Social Sciences Citation Index (SSCI)* y el *Emerging Sources Citation Index (ESCI)*, lo que garantiza una representación multidisciplinar y actualizada del conocimiento científico (Durán-Sánchez et al., 2017; Gaviria-Marín et al., 2019). El proceso de búsqueda en la WoS se desarrolló utilizando la búsqueda por palabras clave del autor, durante el mes de abril de 2025, con las siguientes palabras: «logistics», «cost reduction», «storage», «inventory management» y «stock optimization». Se aplicaron filtros para restringir los resultados a artículos publicados entre los años 1980 y 2024, y pertenecientes a áreas temáticas afines como Operations Research Management Science, Management, Engineering Industrial,

Enviromental Sciences, Energy Fuels, Food Science Technology.

Tras la preparación de la muestra inicial, se depuran los registros eliminando duplicados y publicaciones no pertinentes al objetivo del estudio. El análisis bibliométrico se llevó a cabo mediante dos enfoques complementarios: el análisis de rendimiento, enfocado en la cuantificación de publicaciones, citas e índice h por autor, revista o institución; y el mapeo científico, orientado a la visualización de redes de coocurrencia de palabras clave, coautoría y cocitación (Moral-Muñoz et al., 2020). Para el desarrollo de estos análisis se empleó el *software* VOSviewer, utilizado en investigaciones bibliométricas por su capacidad para generar representaciones visuales de las relaciones entre los elementos analizados (Van Eck & Waltman, 2010). El enfoque cuantitativo permite identificar patrones y actores clave en la producción científica sobre el tema, pero presenta ciertas limitaciones. La relevancia de un artículo no siempre se refleja en su número de citas, donde las investigaciones recientes pueden no haber alcanzado aún su impacto completo (Adriaanse & Rensleigh, 2013). No obstante, la metodología empleada se considera adecuada para alcanzar los objetivos del estudio, ya que proporciona una visión global, estructurada y validada del estado de la investigación en torno a la rentabilidad y la eficiencia en el almacenamiento logístico.

En la presentación de resultados se incluyen diversas tablas con indicadores bibliométricos. A continuación, se define la leyenda de acrónimos recurrentes: TP corresponde al número total de publicaciones (*Total Publications*); TC al total de citas recibidas (*Total Citations*); el índice H refleja la productividad e impacto de un autor o grupo de autores, de modo que un investigador tiene un índice h de 10 si ha publicado 10 artículos con al menos 10 citas cada uno; TC/TP indica la media de citas por artículo; ≥ 100 y ≥ 10 representan la cantidad de artículos con más de 100 y 10 citas, respectivamente. Asimismo, TP/Pop expresa el número de publicaciones por millón de habitantes, y TC/Pop el número de citas por millón de habitantes.

La Figura 1 presenta el procedimiento metodológico seguido en este estudio, basado en el protocolo SPAR-4-SLR (Scientific Procedures and Rationales for Systematic Literature Reviews). Este enfoque estructurado comprende cuatro fases: identificación del campo de investigación, recopilación de datos pertinentes, aplicación de filtros específicos y evaluación de los resultados. La implementación de este protocolo garantiza una revisión sistemática y rigurosa de la literatura existente, lo cual hace posible una comprensión profunda del estado actual del conocimiento en el área de estudio (Paul et al., 2021).

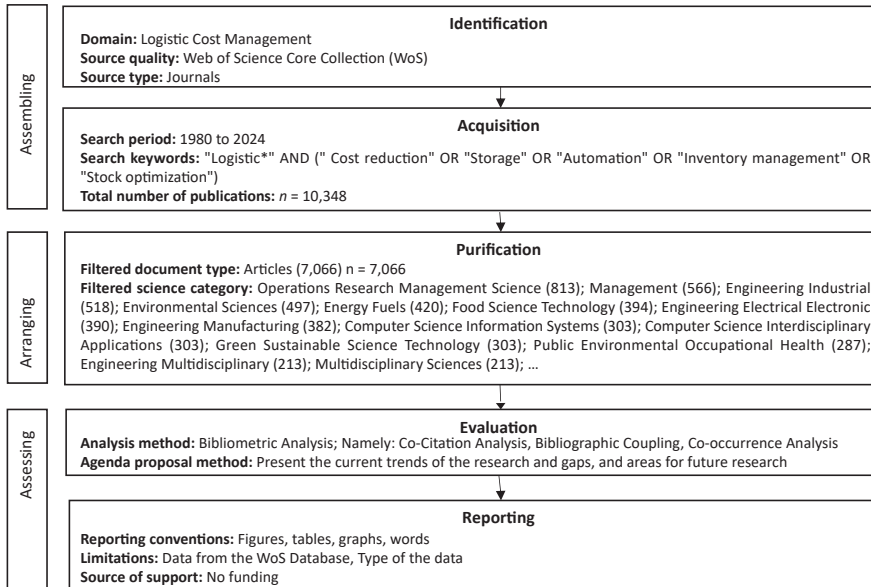


Figura 1. Procedimiento del estudio basado en el protocolo SPAR-4-SLR

Fuente: elaboración propia a partir de Paul et al. (2021)

RESULTADOS

Análisis del rendimiento bibliométrico

Publicaciones y estructura de citaciones

Los primeros estudios académicos sobre reducción de costes y rentabilidad en el almacenamiento logístico surgieron de forma esporádica en los años ochenta, con una producción científica limitada y sin continuidad clara hasta los años noventa, y reflejan un interés aún reducido en este campo (menos de diez publicaciones anuales). A partir del cambio de siglo, se observa un ligero aumento en la cantidad de estudios, pero en 2010 inicia su crecimiento, y se acelera especialmente en 2015. En 2018 se registraron 327 artículos, y en 2024 la

cifra alcanzó 902 publicaciones, hecho que evidencia la consolidación de esta línea de investigación. Este aumento responde a la creciente necesidad del sector logístico de mejorar la eficiencia operativa ante desafíos globales como la competitividad, sostenibilidad y digitalización. En este contexto, los costes de almacenamiento han adquirido un papel central en los análisis de rentabilidad, puesto que han incentivado a investigadores y profesionales a profundizar en el tema desde múltiples perspectivas. La Figura 2 ilustra con claridad cómo esta evolución ha sido no solo constante, sino también de carácter exponencial en los últimos años. Esto sugiere que el tema sigue atrayendo un gran interés dentro de la comunidad científica.

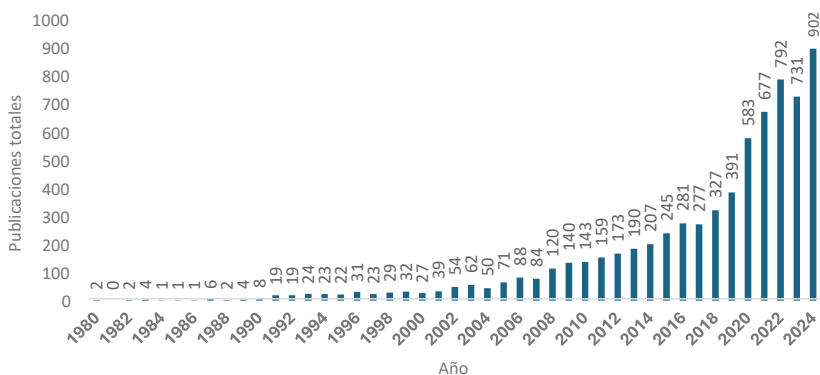


Figura 2. Número de artículos publicado por año

Fuente: elaboración propia

Artículos influyentes

Tal como se ha indicado previamente, la investigación sobre la reducción de costes y la rentabilidad en el almacenamiento logístico ha ido ganando presencia dentro del ámbito académico, especialmente en los últimos años. Analizar cuáles son los artículos más citados en esta línea temática permite, además de conocer los fundamentos teóricos que sustentan el campo, orientar futuras investigaciones hacia los enfoques que más interés han despertado entre la comunidad científica. En este sentido, la Tabla 1 muestra los 50 trabajos más citados, seleccionados a partir de la base de datos Web of Science Core Collection, incluyendo información relevante como el título, los autores, el año de publicación, el número total de citas y el promedio anual de citaciones. Entre los estudios más influyentes destaca el artículo de Dutta *et al.* (2020), titulado *Blockchain technology in supply chain operations:*

Applications, challenges and research opportunities, que encabeza el listado con 647 citas y una media anual de 129,40. Este trabajo ofrece una perspectiva integral sobre el uso de *blockchain* en la cadena de suministro, subrayando su potencial para incrementar la eficiencia, reducir costes y aportar mayor transparencia a las operaciones, incluyendo la gestión de almacenes.

Otro de los artículos clave es el de Dekker *et al.* (2012), con 568 citas, centrado en el análisis de sistemas de gestión logística y sus desafíos actuales. Este estudio enfatiza la importancia del control de costes y del uso de datos en la toma de decisiones. De forma complementaria, el trabajo de Kulp *et al.* (2004), con 533 citas, analiza los beneficios de compartir información entre los distintos actores de la cadena logística, destacando cómo esta práctica puede incidir de forma directa en la rentabilidad del almacén. A ello se suman

investigaciones como la de Ghodsypour y O'Brien (2001), que propone criterios múltiples para la selección de proveedores, ambos con un alto impacto en términos de citas.

También se han identificado trabajos recientes con una trayectoria ascendente en cuanto a relevancia, como el de Zhong *et al.* (2016), que explora el uso de macrodatos en la gestión de la cadena de suministro, o el de Lim *et al.* (2017), que emplea técnicas de modelado estructural interpretativo para evaluar el rendimiento sostenible.

El análisis global de los artículos incluidos en la tabla permite observar que la mayoría de las contribuciones más citadas fueron publicadas entre 2005 y 2020, lo que coincide con el auge de tecnologías emergentes aplicadas al almacenamiento, como la automatización, el *big data* o la inteligencia artificial. En conjunto, estos estudios no solo han recibido un elevado reconocimiento académico, sino que también han contribuido a construir un marco teórico sólido sobre eficiencia logística, que los consolida como referentes esenciales en esta área de estudio.

Tabla 1. Los 50 artículos más citados sobre temas de reducción de costes en el almacenamiento

Rank	Title	Author/s	Year	TC	C/Y
1	Blockchain technology in supply chain operations: Applications, challenges and research opportunities	Dutta, P.; Choi, T. M.; Somani, S.; Butala, R.	2020	647	129,40
2	Operations research for green logistics: an overview of aspects, issues, contributions and challenges	Dekker, R.; Bloemhof, J.; Mallidis, I.	2012	568	43,69
3	Manufacturer benefits from information integration with retail customers	Kulp, S. C.; Lee, H. L.; Ofek, E.	2004	533	25,38
4	A symmetric image encryption algorithm based on mixed linear-nonlinear coupled map lattice	Zhang, Y. Q.; Wang, X. Y.	2014	507	46,09
5	The total cost of logistics in supplier selection, under conditions of multiple sourcing, multiple criteria and capacity constraint	Ghodsypour, S.; O'Brien, C.	2001	433	30,93
6	Thirty years of inventory routing	Coelho, L. C.; Cordeau, J. F.; Laporte, G.	2014	387	35,18
7	Multiple-supplier inventory models in supply chain management: a review	Minner, S.	2003	352	16,00
8	Big data for supply chain management in the service and manufacturing sectors: challenges, opportunities, and future perspectives	Zhong, R. Y.; Newman, S. T.; Huang, G. Q.; Lan, S. L.	2016	340	37,78
9	Multi-task learning for classification with Dirichlet process priors	Xue, Y.; Liao, X. J.; Carin, L.; Krishnapuram, B.	2007	320	17,78
10	Performance contracting in after-sales service supply chains	Kim, S. H.; Cohen, M. A.; Netessine, S.	2007	317	17,61
11	BIM-based fall hazard identification and prevention in construction safety planning	Zhang, S. J.; Sulankivi, K.; Kiviniemi, M.; Romo, I.; Eastman, C. M.; Teizer, J.	2015	292	29,20
12	Supply chain and logistics issues of bio-energy production	Gold, S.; Seuring, S.	2011	291	20,79
13	Industry 4.0 and the human factor: a systems framework and analysis methodology for successful development	Neumann, W. P.; Winkelhaus, S.; Grosse, E. H.; Glock, C. H.	2021	286	71,50
14	The multiple flying sidekicks traveling salesman problem: parcel delivery with multiple drones	Murray, C. C.; Raj, R.	2020	283	56,60
15	Incorporating human factors in order picking planning models: framework and research opportunities	Grosse, E. H.; Glock, C. H.; Jaber, M.; Neumann, W. P.	2015	265	26,50
16	Life cycle assessment of biogas digestate processing technologies	Rehl, T.; Müller, J.	2011	265	18,93
17	Development and implementation of integrated biomass supply analysis and logistics model (IBSAL)	Sokhansanj, S.; Kumar, A.; Turhollow, A. F.	2006	257	13,53
18	Analysis of resilience strategies and ripple effect in blockchain-coordinated supply chains: an agent-based simulation study	Lohmer, J.; Bugert, N.; Lasch, R.	2020	243	48,60
19	Environmentally responsible inventory models: non-classical models for a non-classical era	Bonney, M.; Jaber, M. Y.	2011	243	17,36

Rank	Title	Author/s	Year	TC	C/Y
20	A genetic algorithm approach for location-inventory-routing problem with perishable products	Hiassat, A.; Diabat, A.; Rahwan, I.	2017	241	30,13
21	The greening of ports: a comparison of port management tools used by leading ports in Asia and Europe	Lam, J. S. L.; Notteboom, T.	2014	237	21,55
22	Effect of short-term vs. long-term blood storage on mortality after transfusion	Heddle, N. M.; Cook, R. J.; Arnold, D. M.; Liu, Y.; Barty, R.; Crowther, M. A.; Devereaux, P. J.; Hirsh, J.; Warkentin, T. E.	2016	235	26,11
23	A supply chain model of vendor managed inventory	Dong, Y.; Xu, K. F.	2002	234	10,17
24	Machine learning in cell biology: teaching computers to recognize phenotypes	Sommer, C.; Gerlich, D. W.	2013	225	18,75
25	Models for warehouse management: classification and examples	van den Berg, J. P.; Zijm, W. H. M.	1999	219	8,42
26	Knowledge management in sustainable supply chain management: improving performance through an interpretive structural modelling approach	Lim, M. K.; Tseng, M. L.; Tan, K. H.; Bui, T. D.	2017	219	27,38
27	Maintenance spare parts logistics: special characteristics and strategic choices	Huiskonen, J.	2001	192	8,00
28	Large-scale production, harvest and logistics of switchgrass (<i>Panicum virgatum</i> L.): current technology and envisioning a mature technology	Sokhansanj, S.; Mani, S.; Turhollow, A.; Kumar, A.; Bransby, D.; Lynd, L.; Laser, M.	2009	190	11,88
29	Digital supply chain model in Industry 4.0	Garay-Rondero, C. L.; Martinez-Flores, J. L.; Smith, N. R.; Caballero Morales, S. O.; Aldrette-Malacara, A.	2020	187	37,40
30	The role of the Internet in supply chain management	Lancioni, R. A.; Smith, M. F.; Oliva, T. A.	2000	186	7,44
31	Berth management in container terminal: the template design problem	Moorthy, R.; Teo, C. P.	2006	166	8,74
32	Grasping devices and methods in automated production processes	Fantoni, G.; Santochi, M.; Dini, G.; Tracht, K.; Scholz-Reiter, B.; Fleischer, J.; Lien, T. K.; Seliger, G.; Reinhart, G.	2014	164	14,91
33	The energy and carbon intensity of wine distribution: a study of logistical options for delivering wine to consumers	Cholette, S.; Venkat, K.	2009	161	10,06
34	Part logistics in the automotive industry: decision problems, literature review and research agenda	Boysen, N.; Emde, S.; Hoeck, M.; Kauderer, M.	2015	157	15,70
35	Design and operation of a future hydrogen supply chain: multi-period model	Almansoori, A.; Shah, N.	2009	157	9,81
36	RFID-based wireless manufacturing for real-time management of job shop WIP inventories	Huang, G. Q.; Zhang, Y. F.; Jiang, P. Y.	2008	156	9,18
37	Profit distribution in collaborative multiple centers vehicle routing problem	Wang, Y.; Ma, X. L.; Li, Z. B.; Liu, Y.; Xu, M. Z.; Wang, Y. H.	2017	154	19,25
38	A system dynamics modeling framework for the strategic supply chain management of food chains	Georgiadis, P.; Vlachos, D.; Iakovou, E.	2005	154	7,70
39	A production/remanufacturing inventory model with price and quality dependent return rate	El Saadany, A. M. A.; Jaber, M. Y.	2010	152	10,13
40	Capacitated warehouse location model with risk pooling	Ozsen, L.; Coullard, C. R.; Daskin, M. S.	2008	151	8,88
41	Fermatean fuzzy CRITIC-EDAS approach for the selection of sustainable third-party reverse logistics providers using improved generalized score function	Mishra, A. R.; Rani, P.; Pandey, K.	2022	150	50,00
42	Spare parts classification and demand forecasting for stock control: investigating the gap between research and practice	Bacchetti, A.; Sacconi, N.	2012	150	11,54
43	Multi-period design and planning of closed-loop supply chains with uncertain supply and demand	Zeballos, L. J.; Méndez, C. A.; Barbosa-Povoa, A. P.; Novais, A. Q.	2014	147	13,36
44	Concept review of a cloud-based smart battery management system for lithium-ion batteries: feasibility, logistics, and functionality	Tran, M. K.; Panchal, S.; Khang, T. D.; Panchal, K.; Fraser, R.; Fowler, M.	2022	145	48,33
45	Third-party logistics (3PL) selection for cold chain management: a fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS approach	Singh, R. K.; Gunasekaran, A.; Kumar,	2018	144	20,57
46	Modeling of yard congestion and optimization of yard template in container ports	Zhen, L.	2016	141	15,67
47	Scheduling trucks in cross-docking systems: robust meta-heuristics	Vahdani, B.; Zandieh, M.	2010	141	9,40
48	Inventory constrained maritime routing and scheduling for multi-commodity liquid bulk, part I: applications and model	Al-Khayyal, F.; Hwang, S. J.	2007	138	7,67
49	The adaptive approach for storage assignment by mining data of warehouse management system for distribution centres	Chiang, D. M. H.; Lin, C. P.; Chen, M.	2011	134	9,57
50	Integrated economic and environmental models for a multi stage cold supply chain under carbon tax regulation	Hariga, M.; As'ad . R.; Shamayleh, A.	2017	132	16,50

Autores principales sobre el tema

La Tabla 2 presenta los 25 autores más relevantes en el ámbito de la reducción de costes y rentabilidad en el sector logístico, específicamente en lo relacionado con el almacenamiento.

Encabezando la lista se encuentra Zhang, de la Renmin University of China, con un total de 36 publicaciones y 680 citas, seguido por Wang, de Chongqing University (China), quien cuenta con 28 publicaciones y un total de 774 citas, lo cual indica que es uno de los autores más citados. Por su parte, Boysen, de la Friedrich Schiller University of Jena, posee un índice de citas por artículo notablemente alto

(31,38), con 24 publicaciones y 753 citas en total.

En términos de impacto, destacan especialmente Glock, de la Technical University of Darmstadt, Alemania, y Grosse, de Saarland University, Alemania, quienes cuentan con una media de citas por artículo de 76,44 y 80,00 respectivamente, lo que los posiciona como referentes clave en la investigación sobre logística eficiente. También sobresale Sokhansanj, de la University of British Columbia (Canadá), con 1008 citas en solo 14 publicaciones y un índice H de 12, lo que indica una elevada influencia académica.

Tabla 2. Los 25 principales autores en reducción de costes en el almacenamiento

R	Author	University	Country	TP	TC	H	TC/TP	≥100	≥10
1	Zhang, Y.	Renmin University of China	China	36	680	15	18,89	1	17
2	Wang, Y.	Chongqing University	China	28	774	12	27,64	2	13
3	Boysen, N.	Friedrich Schiller University of Jena	Germany	24	753	13	31,38	2	16
4	Li, J.	Flinders University South	Australia	22	418	11	19,00	0	11
5	Xie, J.	Shanghai Ocean University	China	17	184	9	10,82	0	7
6	Kim, S.	Michigan State University	United States	17	135	6	7,94	0	5
7	Glock, C. H.	Technical University of Darmstadt	Germany	16	1.223	12	76,44	3	14
8	Manzini, R.	University of Bologna	Italy	16	427	10	26,69	0	10
9	Zhang, L.	Chinese Academy of Medical Sciences	China	16	369	8	23,06	2	8
10	Grosse, E. H.	Saarland University	Germany	15	1.200	12	80,00	3	13
11	Huang, G. Q.	Hong Kong Polytechnic University	Hong Kong	15	785	9	52,33	2	9
12	Sokhansanj, S.	University of British Columbia	Canada	14	1.008	12	72,00	3	12
13	Kumar, A.	University of Alberta	Canada	14	950	10	67,86	4	10
14	Kumar, S.	Valparaiso University	United States	14	346	9	24,71	0	9
15	Zhang, X. S.	Western University	United States	14	294	10	21,00	0	10
16	Accorsi, R.	University of Bologna	Italy	14	280	8	20,00	0	8
17	Liu, L.	Tongji University	China	14	231	7	16,50	0	6
18	Li, M.	Qingdao Agricultural University	China	14	183	7	13,07	0	5
19	Wang, H.	Xidian University	China	13	229	9	17,62	0	8
20	Wang, X.	University of Bremen	Germany	13	190	8	14,62	0	6
21	Li, Y.	Nanjing University of Chinese Medicine	China	13	137	6	10,54	0	4
22	Kim, J.	Korea Advanced Institute of Science & Technology	South Korea	13	89	5	6,85	0	3
23	Wang, Y. F.	Chinese Academy of Sciences	China	12	258	7	21,50	0	6
24	Yang, Y.	University of Hong Kong	Hong Kong	12	255	7	21,25	0	13
25	Hess, J. R.	University of Washington (UW) - Seattle	United States	12	251	8	20,92	0	8

Fuente: elaboración propia

Cabe destacar que la mayoría de los autores pertenecen a instituciones de China, Alemania y Estados Unidos, lo cual refleja el liderazgo de estos países en la investigación relacionada con la eficiencia operativa, el diseño de redes logísticas y la optimización de recursos en almacenes. Además, se observa que algunos autores, como Li, Kim o Xie, aunque presentan menor número de citas totales, han mantenido una producción científica constante y especializada, lo que justifica su presencia entre los investigadores más destacados.

Instituciones más influyentes

La Tabla 3 recoge las 25 instituciones más activas en la investigación sobre reducción de costes y rentabilidad en el sector logístico, basándose en distintos indicadores bibliométricos. Se consideran el total de publicaciones, el número de citas recibidas, el índice H y la media de citas por publicación. Además, se incluyen datos sobre artículos altamente citados y las posiciones que ocupan estas instituciones en los principales *rankings* internacionales, como el ARWU y el QS.

Tabla 3. Las instituciones más productivas e influyentes

R	Institution	Country	TP	TC	H	TC/TP	≥100	≥10	QS	ARWU
1	United States Department of Energy (DOE)	United States	69	2.462	26	35,68	5	45	N.A.	N.A.
2	Harvard University	United States	63	2.994	28	47,52	7	44	1	4
3	United States Department of Agriculture (USDA)	United States	61	1.117	16	18,31	3	30	N.A.	N.A.
4	Centre national de la recherche scientifique (CNRS)	France	55	847	16	15,4	0	25	N.A.	N.A.
5	Erasmus University Rotterdam	Netherlands	54	2.439	26	45,17	5	39	158	101-150
6	Hong Kong Polytechnic University	Hong Kong	53	1.826	18	34,45	3	28	57	151-200
7	National University of Singapore	Singapore	45	1.258	18	27,96	3	26	8	68
8	Johns Hopkins University	United States	42	558	17	13,29	2	20	32	17
9	Ku Leuven	Belgium	41	1.370	21	33,41	3	32	63	78
10	Egyptian Knowledge Bank (EKB)	Egypt	40	597	14	14,93	0	17	N.A.	N.A.
11	Wageningen University Research	Netherlands	39	1.518	20	38,92	3	24	155	151-200
12	Duke University	United States	38	1.719	21	45,24	5	30	61	39
13	University of Washington	United States	38	1.380	18	36,32	3	25	76	18
14	University of Tennessee Knoxville	United States	38	588	14	15,47	0	19	481	201-300
15	University College London	United Kingdom	37	1.390	17	37,57	4	22		16
16	Université de Montréal	Canada	37	1.339	15	36,19	2	20	159	151-200
17	University of Toronto	Canada	36	1.742	18	48,39	3	22	25	26
18	University of Bologna	Italy	36	939	14	26,08	1	19		201-300
19	University of Hong Kong	Hong Kong	35	1.259	17	35,97	2	23	17	69
20	University of Michigan	United States	35	769	16	21,97	0	22	44	30
21	University of Groningen	Netherlands	34	1.098	18	32,29	2	26	159	69
22	Polytechnic University of Milan	Italy	34	700	16	20,59	0	17		201-300
23	Ohio State University	United States	34	581	15	17,09	0	20	208	82
24	University of Florida	United States	33	1.282	17	38,85	5	24	215	101-150
25	Zhejiang University	China	33	527	14	15,97	0	19	47	27

Fuente: elaboración propia

El United States Department of Energy lidera el listado con 69 publicaciones y 2462 citas, seguido de cerca por Harvard University, que cuenta con 63 trabajos y casi 3000 citas. Harvard destaca también por su índice h (28) y una elevada media de citas por artículo, lo que subraya la calidad e impacto de sus investigaciones. Otras entidades gubernamentales relevantes son el USDA y el CNRS, que, pese a no figurar en los *rankings* internacionales, muestran una destacada producción científica en el ámbito logístico.

En el contexto europeo, universidades como la Erasmus University Rotterdam, Wageningen University & Research y KU Leuven presentan altos niveles de citación media por artículo y buenas posiciones en los *rankings* globales. Asia también está bien representada, con instituciones como la Hong Kong Polytechnic University y la National University of Singapore, que combinan una sólida producción con un creciente prestigio internacional. En cuanto a Estados Unidos, destacan además universidades como Washington, Duke y Michigan, todas con más de 35 publicaciones y fuerte presencia en el panorama científico global.

La distribución geográfica muestra una clara concentración de instituciones en Estados Unidos, seguido por centros académicos de Europa y Asia. También aparecen Canadá y, de forma destacada, un caso en África: el Egyptian Knowledge Bank. Aunque

universidades como Zhejiang (China) o la Politécnica de Milán aún tienen un volumen moderado de publicaciones, su inclusión refleja una expansión del interés por esta línea de investigación en regiones donde tradicionalmente tenía menor presencia.

Países más productivos e influyentes

La producción científica relacionada con la reducción de costes y la rentabilidad en logística presenta un carácter marcadamente global. La Figura 3 recoge los países con mayor volumen de publicaciones, liderados por Estados Unidos con 1693 artículos, seguido por China (1264) y Alemania (505). Estos países destacan tanto por la cantidad de estudios realizados como por su influencia en el desarrollo del conocimiento en este campo a nivel internacional. También destacan países europeos como Reino Unido, Italia y España, con cifras relevantes que reflejan un fuerte compromiso con esta línea de investigación. Del mismo modo, economías emergentes como India y Brasil presentan una participación destacada, mientras que naciones más pequeñas, como Suiza y Singapur, muestran una productividad científica notable en proporción a su población. Esta diversidad evidencia que el interés por mejorar la eficiencia logística trasciende tanto la dimensión económica como geográfica. Más de un centenar de países han contribuido a esta línea temática, incluyendo naciones con menor infraestructura científica como Nepal, Camboya o Malawi. Esta amplia participación

MAPEO CIENTÍFICO

El mapeo científico permite observar gráficamente las conexiones entre los distintos elementos de las publicaciones científicas, y actualmente es una de las metodologías más empleadas para el análisis bibliométrico. De esta forma, se pueden complementar los análisis con un modelo metodológico estructurado, visual y dinámico. A continuación, se muestran mapas bibliométricos con las conexiones entre los distintos autores, las principales revistas académicas, los países que han realizado más estudios en estas líneas de investigación y las palabras clave más utilizadas. Como se mencionó en la sección de metodología, se ha utilizado el programa VOSviewer para elaborar los gráficos de cocitaciones, coocurrencias y acoplamiento bibliográfico.

Las cocitaciones nos permiten ver la relación entre los distintos artículos mostrados. Las relaciones establecen la dualidad de citas dentro de un mismo artículo, cada una de ellas perteneciente a diferentes revistas. Por lo tanto, en el mapeo solo se mostrarán los datos de los dos artículos citados y no los del artículo que hace la citación. La representación gráfica de la cocitación mostrará los artículos más citados y las conexiones entre ellos. Finalmente, el mapa de coocurrencia muestra todos aquellos términos que están más próximos en una frase o texto, de modo que nos permitirá visualizar qué

descriptores se repiten y cuáles son las conexiones entre ellos.

En primer lugar, se muestran los autores más cocitados, lo que posibilitará ver quiénes son los académicos que aparecen repetidamente y las conexiones que tienen con el resto de los expertos del campo. Para ello, se ha establecido que deben tener al menos 100 citaciones y se han tomado los 30 autores más representativos. En la Figura 4 se identifican varios clústeres claramente diferenciados: en rojo, se encuentran autores como Ivanov, Christopher o Govindan, quienes destacan por sus estudios en resiliencia, sostenibilidad y diseño de cadenas de suministro eficientes. En verde, se agrupan autores como Boysen, Gu, Roodbergen y De Koster, cuya investigación se centra especialmente en operaciones de almacén, diseño de *layouts*, gestión de inventarios y automatización. En azul, aparecen investigadores como Manzini, Ekren y Lerher, también especializados en procesos internos de almacenes, pero con enfoques complementarios a los anteriores.

Para comprender mejor estas conexiones, la Figura 5 muestra cómo distintas universidades e instituciones están interconectadas en función de las referencias compartidas en sus publicaciones. En este mapa destacan universidades de alto prestigio como el MIT, Delft University of Technology, Georgia Tech, Shanghai Maritime University o la Chinese Academy of

de Europa Occidental como Alemania, Francia, Países Bajos o Italia, se agrupan en un clúster rojo, lo que indica una fuerte interconexión entre ellos en materia de publicaciones relacionadas con logística y almacenamiento. Por otro lado, los países del Este y Asia, como China, India, Japón o Corea del Sur, se encuentran más alineados con otro clúster (verde) y muestran una orientación distinta en sus referencias bibliográficas, a menudo más centradas en investigaciones regionales o desarrollos tecnológicos locales. Estados Unidos actúa como un nodo central (en verde), enlazando con múltiples países tanto europeos como asiáticos, lo que demuestra su papel predominante en la investigación global sobre logística. La presencia destacada de China y Estados Unidos confirma la tensión y liderazgo compartido en este campo, ya que son referentes clave en términos de publicaciones.

Otro factor muy importante es la observación de las revistas cocitadas, lo que nos permite ver cuáles son las principales fuentes de información para los artículos y dónde se pueden encontrar las más destacadas. Por lo tanto, se ha realizado un mapeo de cocitación para las 30 revistas más importantes con más de 699 citaciones. Como puede observarse en la Figura 7, se destacan revistas de gran prestigio académico dentro del ámbito de la investigación operativa, la gestión de la producción y la ingeniería industrial, como *European Journal of Operational*

Research, *International Journal of Production Economics*, *Computers & Industrial Engineering*, y *International Journal of Production Research*. Estas revistas forman un núcleo sólido de publicaciones interconectadas, que constituyen la base teórica sobre la que se sustentan los estudios relacionados con la optimización y eficiencia en procesos logísticos. Resulta interesante la presencia de *Expert Systems with Applications*, que revela un creciente interés en la aplicación de herramientas inteligentes y tecnologías emergentes en la reducción de costes. También es notable la aparición de revistas del ámbito energético y ambiental, como *Journal of Cleaner Production* o *Applied Energy*, lo cual sugiere una tendencia a integrar la sostenibilidad con la eficiencia logística, uniendo rentabilidad y responsabilidad ambiental.

Finalmente, en la Figura 8 se presenta un mapa de coocurrencia de las 65 palabras clave más frecuentes, con un mínimo de 65 apariciones, lo que permite identificar los temas más abordados dentro del ámbito de la logística y la reducción de costes en el almacenamiento. Esta representación visual facilita tanto la detección de las líneas de investigación predominantes como la identificación de aquellas aún poco desarrolladas. Todas las palabras clave que aparecen en la figura pueden considerarse válidas, utilizadas con frecuencia y significativas dentro de la literatura científica.

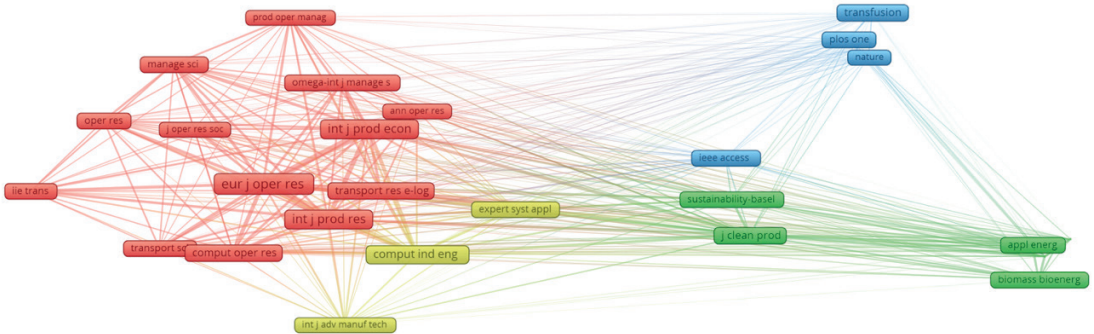


Figura 7. Cocitación de revistas

Fuente: elaboración propia mediante la herramienta VOSViewer

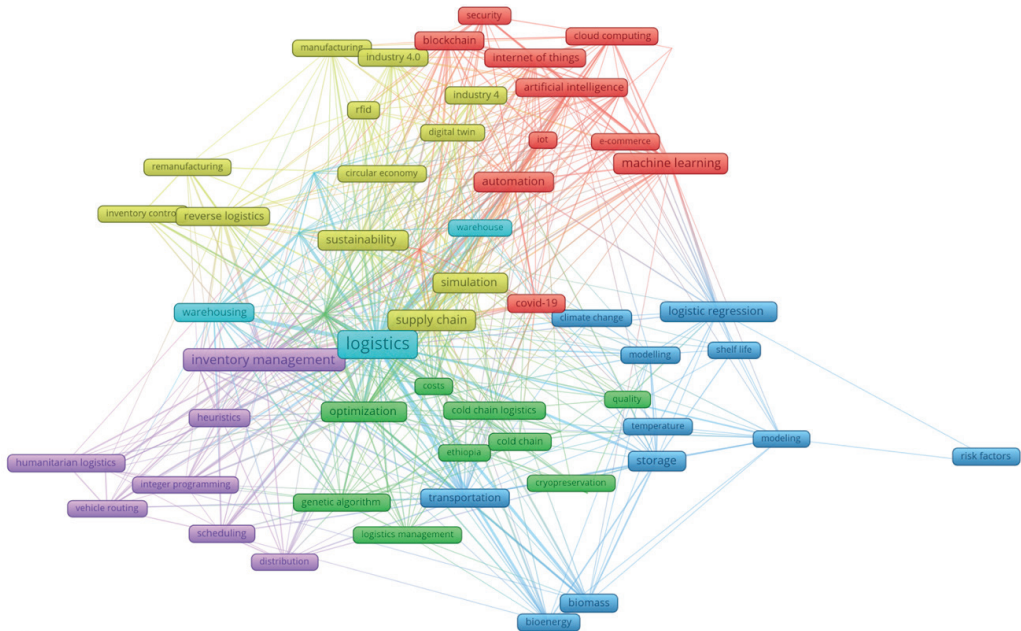


Figura 8. Coocurrencia de palabras clave

Fuente: elaboración propia mediante la herramienta VOSViewer

Naturalmente, los términos centrales que destacan son *logistics*, *supply chain*, *inventory management* y *optimization*, que reflejan directamente el

núcleo temático de este estudio. Estas palabras están altamente interconectadas con conceptos como *warehousing*, *transportation* y *costs*, lo cual sugiere

que los esfuerzos de investigación se centran principalmente en la eficiencia operativa y la asignación estratégica de recursos. El mapa revela varios clústeres temáticos. El clúster rojo está dominado por tecnologías emergentes como *machine learning*, *artificial intelligence*, *internet of things* y *blockchain*. Estos términos muestran una tendencia creciente en los últimos años, especialmente en relación con la *automation* y el *e-commerce*, como herramientas para mejorar los procesos en almacenes y reducir costes mediante sistemas predictivos e inteligentes.

En el clúster amarillo se encuentran términos clave relacionados con la sostenibilidad, como *reverse logistics*, *remanufacturing* y *circular economy*. Esto refleja una preocupación creciente por el impacto ambiental y la eficiencia de costes mediante la reutilización de recursos y los sistemas de ciclo cerrado. El clúster verde, por su parte, destaca por términos como *optimization*, *cold chain logistics* y *genetic algorithm*, vinculados a estrategias computacionales orientadas a mejorar la eficiencia logística y reducir los costes de almacenamiento. El clúster morado, donde aparecen términos como *vehicle routing*, *heuristics* y *scheduling*, representa una vertiente más técnica y operativa de la planificación logística, que aún ofrece un amplio margen de desarrollo en la gestión de costes en almacenes. Por otro lado, el clúster azul, compuesto por términos como *storage*, *modeling*, *quality* y *temperature*, parece centrarse

en aplicaciones específicas como el almacenamiento en frío, la biomasa y la conservación de inventarios, fundamentales en sectores que manejan productos perecederos o sensibles a la temperatura.

Este análisis de palabras clave proporciona una visión general de las líneas de investigación más relevantes y destaca perspectivas tecnológicas, medioambientales y operativas. Así mismo, permite identificar oportunidades futuras de estudio, especialmente en la integración de tecnologías avanzadas en el ámbito del almacenamiento y el desarrollo de modelos sostenibles orientados a la reducción de costes. Según lo representado en el clúster rojo, una posible línea de investigación futura podría centrarse en de qué manera tecnologías como *blockchain*, inteligencia artificial e *internet of things* pueden optimizar la gestión y seguridad en almacenes logísticos. Por otro lado, el clúster amarillo sugiere oportunidades en el estudio de la sostenibilidad y la economía circular, especialmente aplicadas a la logística inversa. Finalmente, el clúster azul destaca temáticas relacionadas con el almacenamiento y la biomasa, donde aún hay margen para explorar su aplicación en sectores sensibles como la cadena de frío.

CONCLUSIONES

Reducir los costes en los almacenes es hoy una prioridad estratégica para las empresas que buscan mantener su com-

petitividad en mercados globales cada vez más exigentes. No se trata únicamente de disminuir el gasto operativo, sino de gestionar de forma más eficiente los recursos, el espacio, el tiempo y la tecnología. Las investigaciones revisadas demuestran que la eficiencia en el almacenamiento es alcanzable mediante la aplicación de estrategias logísticas planificadas y tecnologías adecuadas (Lyu et al., 2020; Grosse et al., 2015). El almacenamiento representa una fuente significativa de costes debido tanto al espacio físico requerido como al personal necesario para la manipulación de productos (Vahdani & Zandieh, 2010). Por ello, las empresas han priorizado la automatización de procesos, la optimización del espacio y la reducción del tiempo de permanencia de los productos, para lograr mayor agilidad operativa y menores costes totales (Vis & Roodbergen, 2008; Lerher et al., 2010).

Asimismo, el uso de técnicas como el *cross-docking* ha permitido eliminar etapas de almacenamiento intermedio, acelerar las entregas y mejorar la sincronización en la cadena de suministro (Vis & Roodbergen, 2008). En la gestión de inventarios, enfoques como el JIT y el VMI han contribuido a reducir el stock sin comprometer la eficiencia, lo que ha optimizado los flujos de información y mejorado la satisfacción del cliente (Dong & Xu, 2002; Chen et al., 2014; Sawik & Sawik, 2024). Paralelamente, el uso de tecnologías avanzadas como RFID, sistemas automáticos de alma-

cenaje y contratos inteligentes ha fortalecido la trazabilidad y el control operativo, y ha disminuido errores y permitido decisiones más rápidas y precisas (Al-Rakhami & Al-Mashari, 2021; Lohmer et al., 2020).

El análisis bibliométrico realizado sobre 7066 artículos indexados en la Web of Science entre 1980 y 2024 evidencia un crecimiento sostenido en la producción científica a partir de 2010, con un máximo histórico de 902 publicaciones en 2024, situación que confirma la relevancia y actualidad del tema. En términos geográficos, Estados Unidos (1693 artículos), China (1264) y Alemania (505) lideran la investigación global, concentrando más del 45 % del total de publicaciones. Estas contribuciones se complementan con el papel destacado de instituciones como Harvard University, el United States Department of Energy, la Erasmus University Rotterdam, la Hong Kong Polytechnic University y Wageningen University & Research, que presentan los mayores índices de impacto y colaboración internacional. En cuanto a los autores más influyentes, destacan Zhang (36 publicaciones, 680 citas), Grosse (15 publicaciones, 1200 citas) y Glock (16 publicaciones, 1223 citas), cuyas investigaciones han aportado marcos teóricos sólidos en torno a la automatización, la eficiencia operativa y el diseño de almacenes inteligentes. Estas contribuciones consolidan una base académica interdisciplinar que

conecta la ingeniería industrial con la gestión y la sostenibilidad logística.

El mapeo científico permitió visualizar de forma estructurada las conexiones existentes entre autores, instituciones, países y temáticas dentro del campo de la optimización de costes en el almacenamiento logístico. Mediante el uso del *software* VOSviewer se identificaron redes de coautoría, cocitación y coocurrencia de palabras clave, que facilitaron la detección de los principales núcleos de investigación y su evolución conceptual. Los resultados muestran una alta concentración de colaboración entre universidades de Estados Unidos, Alemania, Países Bajos y Hong Kong, destacando instituciones como Harvard University, Erasmus University Rotterdam y Hong Kong Polytechnic University, que actúan como nodos centrales del conocimiento. El análisis de coocurrencia reveló tres grandes clústeres temáticos: el primero vinculado con tecnologías emergentes como *blockchain*, *artificial intelligence*, *big data* e *Internet of Things*; el segundo orientado a la sostenibilidad y que aborda temas de *reverse logistics*, *circular economy* y *green logistics*; y el tercero enfocado en las operaciones logísticas, con énfasis en la optimización de inventarios, el diseño de almacenes y la gestión eficiente de recursos. Este panorama refleja una convergencia entre innovación tecnológica, sostenibilidad y eficiencia operativa como ejes centrales del desarrollo científico en la gestión de almacenes.

Reducir los costes de almacenamiento no implica únicamente recortar gastos, sino concebir la logística como un sistema integrado, donde convergen la tecnología, la organización, la colaboración interempresarial y las decisiones basadas en datos. Esta combinación se ha convertido en un determinante clave de competitividad, que permite la creación de almacenes más rentables, resilientes y sostenibles en el contexto de la Industria 4.0 (Neumann et al., 2021; Bacchetti & Saccani, 2012). Los resultados de este estudio confirman que la reducción de costes en el almacenamiento logístico constituye un eje prioritario de la investigación contemporánea, orientado hacia la automatización inteligente, la sostenibilidad operativa y la integración digital como el *blockchain* (Jia et al., 2021). Las tendencias futuras apuntan al fortalecimiento de modelos híbridos que combinen la analítica avanzada con la sostenibilidad, y que potencien así la eficiencia y la capacidad adaptativa de los sistemas logísticos globales.

AGRADECIMIENTOS

Al Comité Editorial de la Revista Apuntes del CENES y a los revisores anónimos por sus sugerencias y comentarios para mejorar el artículo.

FINANCIAMIENTO

Esta investigación ha sido financiada por Telefónica y la Cátedra Telefónica de Smart Cities de la Universitat de

Barcelona y la Universitat Rovira i Virgili (número de proyecto RL001211), y por el Departamento de Empresa, Escuela Universitaria Mediterrani de Barcelona (Universidad de Girona).

DECLARACIÓN DE CONFLICTOS DE INTERESES

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORES

Miguel Guillén-Pujadas: planificación, investigación, redacción, revisión y edición. Óscar Gutiérrez-Aragón: planificación, investigación, redacción, revisión y edición. Carla Díaz-Salgado: planificación, investigación y redacción. Alejandro Sánchez-Díaz: planificación, investigación y redacción.

DECLARACIÓN DEL USO DE IA

No se utilizó inteligencia artificial para la elaboración del artículo.

REFERENCIAS

- [1] Adriaanse, L. S., & Rensleigh, C. (2013). Web of Science, Scopus and Google Scholar: A Content Comprehensiveness Comparison. *The Electronic Library*, 31(6), 727-744. <https://doi.org/10.1108/EL-12-2011-0174>
- [2] Alaminos, D., Guillén-Pujadas, M., Vizuete-Luciano, E., & Merigó, J. M. (2024). What Is Going on with Studies on Financial Speculation? Evidence from a Bibliometric Analysis. *International Review of Economics & Finance*, 89, 429-445. <https://doi.org/10.1016/j.iref.2023.10.040>
- [3] Al-Rakhami, M. S., & Al-Mashari, M. (2021). A Blockchain-Based Trust Model for the Internet of Things Supply Chain Management. *Sensors*, 21(5), 1759. <https://doi.org/10.3390/s21051759>
- [4] 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>
- [5] Bacchetti, A., & Saccani, N. (2012). Spare Parts Classification and Demand Forecasting for Stock Control: Investigating the Gap between Research and Practice. *Omega*, 40(6), 722-737. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2011.06.008>
- [6] Bigliardi, B., Casella, G., & Bottani, E (2021). Industry 4.0 in the Logistics Field: A Bibliometric Analysis. *IET Collaborative Intelligent Manufacturing*, 3(1), 4-12. <https://doi.org/10.1049/cim2.12015>
- [7] Bonilla, M. A. M., Da Silva, B. S., Schmitt, M. B., & Bouzon, M. (2024). Sustainable Practices in Last-Mile Logistics of Small Brazilian E-Retailers: An Analysis Using an MCDM Approach. *Academia Revista Latinoamericana de Administración*, 37(3), 383-408. <https://doi.org/10.1108/ARLA-03-2022-0066>
- [8] Burinskiene, A., Lorenc, A., & Lerher, T. (2018). A Simulation Study for the Sustainability and Reduction of Waste in Warehouse Logistics. *International Journal of Simulation Modelling*, 17(3), 485-497. [http://dx.doi.org/10.2507/IJSIMM17\(3\)446](http://dx.doi.org/10.2507/IJSIMM17(3)446)
- [9] Chen, S.-L., Chen, Y.-Y., & Hsu, C. (2014). A New Approach to Integrate Internet-of-Things and Software-as-a-Service Model for Logistic Systems: A Case Study. *Sensors*, 14(4), 6144-6164. <https://doi.org/10.3390/s140406144>
- [10] Choi, T.-M., Wen, X., Sun, X., & Chung, S.-H. (2019). The Mean-Variance Approach for Global Supply Chain Risk Analysis with Air Logistics in the

- Blockchain Technology Era. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 127, 178-191. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2019.05.007>
- [11] Chopra, S., & Meindl, P. (2010). *Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation* (5th Ed). Pearson. <https://lccn.loc.gov/2017035661>
- [12] Christopher, M. (2022). *Logistics and Supply Chain Management*. Pearson UK.
- [13] De Koster, R., Le-Duc, T., & Roodbergen, K. J. (2007). Design and Control of Warehouse Order Picking: A Literature Review. *European Journal of Operational Research*, 182(2), 481-501. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2006.07.009>
- [14] Dekker, R., Bloemhof, J., & Mallidis, I. (2012). Operations Research for Green Logistics. An Overview of Aspects, Issues, Contributions and Challenges. *European Journal of Operational Research*, 219(3), 671-679. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2011.11.010>
- [15] Dolgui, A., & Prodhon, C. (2007). Supply Planning under Uncertainties in MRP Environments: A State of the Art. *Annual Reviews in Control*, 31(2), 269-279. <https://doi.org/10.1016/j.arcontrol.2007.02.007>
- [16] Dong, Y., & Xu, K. (2002). A Supply Chain Model of Vendor Managed Inventory. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 38(2), 75-95. [https://doi.org/10.1016/S1366-5545\(01\)00014-X](https://doi.org/10.1016/S1366-5545(01)00014-X)
- [17] Donthu, N., Kumar, S., Mukherjee, D., Pandey, N., & Lim, W. M. (2021). How to Conduct a Bibliometric Analysis: An Overview and Guidelines. *Journal of Business Research*, 133, 285-296. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.04.070>
- [18] Durán-Sánchez, A., Del Río-Rama, M. C., & Álvarez-García, J. (2017). Bibliometric Analysis of Publications on Wine Tourism in the Databases Scopus and WoS. *European Research on Management and Business Economics*, 23, 8-15. <https://doi.org/10.1016/j.iedeen.2016.02.001>
- [19] Dutta, P., Choi, T. M., Somani, S., & Butala, R. (2020). Blockchain Technology in Supply Chain Operations: Applications, Challenges and Research Opportunities. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 142, 102067. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2020.102067>
- [20] Fantoni, G., Santochi, M., Dini, G., Tracht, K., Scholz-Reiter, B., Fleischer, J., Lien, T. K., Seliger, G., Reinhart, G., Franke, J., Hansen, H. N., & Verl, A. (2014). Grasping Devices and Methods in Automated Production Processes. *CIRP Annals*, 63(2), 679-701. <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2014.05.006>

- [21] Fu, H., Ke, G. Y., Lian, Z., & Zhang, L. (2021). 3PL Firm's Equity Financing for Technology Innovation in a Platform Supply Chain. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 147, 102239. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2021.102239>
- [22] Gaviria-Marín, M., Merigo, J. M., & Baier-Fuentes, H. (2019). Knowledge Management: A Global Examination Based on Bibliometric Analysis. *Technological Forecasting and Social Change*, 140, 194-220. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.07.006>
- [23] Georgiadis, P., Vlachos, D., & Iakovou, E. (2005). A System Dynamics Modeling Framework for the Strategic Supply Chain Management of Food Chains. *Journal of Food Engineering*, 70(3), 351-364. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.06.030>
- [24] Ghodsypour, S. H., & O'Brien, C. (2001). The Total Cost of Logistics in Supplier Selection, under Conditions of Multiple Sourcing, Multiple Criteria and Capacity Constraint. *International Journal of Production Economics*, 73(1), 15-27. [https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(01\)00093-7](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(01)00093-7)
- [25] Grant, M. J., & Booth, A. (2009). A Typology of Reviews: An Analysis of 14 Review Types and Associated Methodologies. *Health Information & Libraries Journal*, 26(2), 91-108. <https://doi.org/10.1111/j.1471-1842.2009.00848.x>
- [26] Grosse, E. H., Glock, C. H., Jaber, M. Y., & Neumann, W. P. (2015). Incorporating Human Factors in Order Picking Planning Models: Framework and Research Opportunities. *International Journal of Production Research*, 53(3), 695-717. <https://doi.org/10.1080/00207543.2014.919424>
- [27] Guillén-Pujadas, M., Alaminos, D., Vizuete-Luciano, E., Callejón-Gil, Á. M., & Merigó-Lindahl, J. M. (2024). Mapping the Evolution of Ethical Standards in Trading: A Bibliometric Analysis. *International Review of Economics & Finance*, 96, 103639. <https://doi.org/10.1016/j.iref.2024.103639>
- [28] Guillén-Pujadas, M., Alaminos, D., Vizuete-Luciano, E., & Merigó, J. M. (2025). Half a Century of The Journal of Portfolio Management: A Bibliometric Overview. *Journal of Portfolio Management*, 51(6). <http://dx.doi.org/10.3905/jpm.2025.1.694>
- [29] Guo, X., Yu, Y., & De Koster, R. B. (2015). Guo, X., Yu, Y., & De Koster, R. B. (2016). Impact of Required Storage Space on Storage Policy Performance in a Unit-Load Warehouse. *International Journal of Production Research*, 54(8), 2405-2418. <https://doi.org/10.1080/00207543.2015.1083624>
- [30] Gutiérrez-Aragón, Ó., Gassiot-Melian, A., Guillén-Pujadas, M. & Sánchez-Casademunt, O. (2024). El transporte intermodal en España: análisis

- comparativo respecto a Europa, retos y perspectivas futuras como objetivo estratégico. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 102. <https://doi.org/10.21138/bage.3541>
- [31] Hajduk, S. (2017). Bibliometric Analysis of Publications on City Logistics in International Scientific Literature. *Procedia Engineering*, 182, 282-290. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.03.194>
- [32] Hiassat, A., Diabat, A., & Rahwan, I. (2017). A Genetic Algorithm Approach for Location-Inventory-Routing Problem with Perishable Products. *Journal of Manufacturing Systems*, 42, 93-103. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2016.10.004>
- [33] Ivanov, D. (2021). Supply Chain Viability and the COVID-19 Pandemic: A Conceptual and Formal Generalisation of Four Major Adaptation Strategies. *International Journal of Production Research*, 59(12), 3535-3552. <https://doi.org/10.1080/00207543.2021.1890852>
- [34] Jia, D., Xin, J., Wang, Z., & Wang, G. (2021). Optimized Data Storage Method for Sharding-Based Blockchain. *IEEE Access*, 9, 67890-67900. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3077650>
- [35] Kayikci, Y. (2018). Sustainability Impact of Digitization in Logistics. *Procedia Manufacturing*, 21, 782-789. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.02.184>
- [36] Kovács, A. (2011). Optimizing the Storage Assignment in a Warehouse Served by Milkrun Logistics. *International Journal of Production Economics*, 133(1), 312-318. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2009.10.028>
- [37] Kučera, T. (2017). Logistics Cost Calculation of Implementation Warehouse Management System: A Case Study. *MATEC Web of Conferences*, 134(3), 1-7. <http://dx.doi.org/10.1051/mateconf/201713400028>
- [38] Kulp, S. C., Lee, H. L., & Ofek, E. (2004). Manufacturer Benefits from Information Integration with Retail Customers. *Management science*, 50(4), 431-444. <https://doi.org/10.1287/mnsc.1030.0182>
- [39] Kumar, B., & Sharma, A. (2021). Managing the Supply Chain during Disruptions: Developing a Framework for Decision-Making. *Industrial Marketing Management*, 97, 159-172. <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2021.07.007>
- [40] Lancioni, R. A., Smith, M. F., & Oliva, T. A. (2000). The Role of the Internet in Supply Chain Management. *Industrial Marketing Management*, 29(1), 45-56. [https://doi.org/10.1016/S0019-8501\(99\)00111-X](https://doi.org/10.1016/S0019-8501(99)00111-X)

- [41] Lerher, T., Potrč, I., Šraml, M., & Tollazzi, T. (2010). Travel Time Models for Automated Warehouses with Aisle Transferring Storage and Retrieval Machine. *European Journal of Operational Research*, 205(3), 571-583. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2010.01.025>
- [42] Lim, M. K., Tseng, M. L., Tan, K. H., & Bui, T. D. (2017). Knowledge Management in Sustainable Supply Chain Management: Improving Performance through an Interpretive Structural Modelling Approach. *Journal of Cleaner Production*, 162, 806-816. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.06.056>
- [43] Lin, L., Gen, M., & Wang, X. (2009). Integrated Multistage Logistics Network Design by Using Hybrid Evolutionary Algorithm. *Computers & Industrial Engineering*, 56(3), 854-873. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2008.09.037>
- [44] Lohmer, J., Bugert, N., & Lasch, R. (2020). Analysis of Resilience Strategies and Ripple Effect in Blockchain-Coordinated Supply Chains: An Agent-Based Simulation Study. *International Journal of Production Economics*, 228, 107882. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107882>
- [45] Loske, D., Klumpp, M., Grosse, E. H., Modica, T., & Glock, C. H. (2023). Storage Systems' Impact on Order Picking Time: An Empirical Economic Analysis of Flow-Rack Storage Systems. *International Journal of Production Economics*, 261, 108887. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2023.108887>
- [46] Lyu, Z., Lin, P., Guo, D., & Huang, G. Q. (2020). Towards Zero-Warehousing Smart Manufacturing from Zero-Inventory Just-in-Time Production. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 64, 101932. <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2020.101932>
- [47] Mentzer, J. T., DeWitt, W., Keebler, J. S., Min, S., Nix, N. W., Smith, C. D., & Zacharia, Z. G. (2001). Defining Supply Chain Management. *Journal of Business Logistics*, 22(2), 1-25. <https://doi.org/10.1002/j.2158-1592.2001.tb00001.x>
- [48] Moncef, B., & Dupuy, M.M. (2021). Last-Mile Logistics in the Sharing Economy: Sustainability Paradoxes. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 51(5), 508-527. <https://doi.org/10.1108/IJPDLM-10-2019-0328>
- [49] Moral-Muñoz, J. A., Herrera-Viedma, E., Santisteban-Espejo, A., & Cobo, M. J. (2020). Software Tools for Conducting Bibliometric Analysis in Science: An Up-to-Date Review. *Profesional de la Información*, 29(1), e290103 <http://dx.doi.org/10.3145/epi.2020.ene.03>

- [50] Neumann, W. P., Winkelhaus, S., Grosse, E. H., & Glock, C. H. (2021). Industry 4.0 and the Human Factor. A Systems Framework and Analysis Methodology for Successful Development. *International Journal of Production Economics*, 233, 107992. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107992>
- [51] Paul, J., Lim, W. M., O’Cass, A., Hao, A. W., & Bresciani, S. (2021). Scientific Procedures and Rationales for Systematic Literature Reviews (SPAR-4-SLR). *International Journal of Consumer Studies*, 45(4), 01-016. <https://doi.org/10.1111/ijcs.12695>
- [52] Richards, G. (2017). *Warehouse Management: A Complete Guide to Improving Efficiency and Minimizing Costs in the Modern Warehouse*. Kogan Page Publishers.
- [53] Ries, J. M., Grosse, E. H., & Fichtinger, J. (2017). Environmental Impact of Warehousing: A Scenario Analysis for the United States. *International Journal of Production Research*, 55(21), 6485-6499. <http://dx.doi.org/10.1080/00207543.2016.1211342>
- [54] Sawik, T., & Sawik, B. (2024). Risk-Averse Decision-Making to Maintain Supply Chain Viability under Propagated Disruptions. *International Journal of Production Research*, 62(8), 2853-2867. <https://doi.org/10.1080/00207543.2023.2236726>
- [55] Staudt, F. H., Alpan, G., Di Mascolo, M., & Rodriguez, C. M. T. (2015). Warehouse Performance Measurement: A Literature Review. *International Journal of Production Research*, 53(18), 5524-5544. <http://dx.doi.org/10.1080/00207543.2015.1030466>
- [56] Stevenson, M., Hendry, L. C., & Kingsman, B. G. (2005). A Review of Production Planning and Control: The Applicability of Key Concepts to the Make-to-Order Industry. *International Journal of Production Research*, 43(5), 869-898. <https://doi.org/10.1080/0020754042000298520>
- [57] Vahdani, B., & Zandieh, M. (2010). Scheduling Trucks in Cross-Docking Systems: Robust Meta-Heuristics. *Computers & Industrial Engineering*, 58(1), 12-24. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2009.06.006>
- [58] Van den Berg, J. P., & Zijm, W. H. M. (1999). Models for Warehouse Management: Classification and Examples. *International Journal of Production Economics*, 59(1-3), 519-528. [https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(98\)00114-5](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(98)00114-5)
- [59] Van Eck, N., & Waltman, L. (2009). Software Survey: VOSviewer, A Computer Program for Bibliometric Mapping. *Scientometrics*, 84(2), 523-538. <https://doi.org/10.1007/s11192-009-0146-3>

- [60] Van Gaalen, J. M., & Slootweg, J.C. (2025). From Critical Raw Materials to Circular Raw Materials. *ChemSusChem*, 18(2), e202401170. <https://doi.org/10.1002/cssc.202401170>
- [61] Vis, I. F. A., & Roodbergen, K. J. (2008). Positioning of Goods in a Cross-Docking Environment. *Computers & Industrial Engineering*, 54(3), 677-689. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2007.10.004>
- [62] Vizquete-Luciano, E., Guillén-Pujadas, M., Alaminos, D., & Merigó-Lindahl, J. M. (2023). Taxi and Urban Mobility Studies: A Bibliometric Analysis. *Transport Policy*, 133, 144-155. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2023.01.013>
- [63] Weidinger, F., Boysen, N., & Schneider, M. (2019). Picker Routing in the Mixed-Shelves Warehouses of E-Commerce Retailers. *European Journal of Operational Research*, 274(2), 501-515. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2018.10.021>
- [64] Xie, J., Mei, Y., Ernst, A. T., Li, X., & Song, A. (2016). A Bi-Level Optimization Model for Grouping Constrained Storage Location Assignment Problems. *IEEE Transactions on Cybernetics*, 48(1), 385-398. <https://doi.org/10.1109/TCYB.2016.2638820>
- [65] Zhang, R.-Q., Wang, M., & Pan, X. (2019). New Model of the Storage Location Assignment Problem Considering Demand Correlation Pattern. *Computers & Industrial Engineering*, 129, 210-219. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.01.027>
- [66] Zhang, J., Zhong, S., Wang, J., & Yu, X. (2021). A Storage Optimization Scheme for Blockchain Transaction Databases. *Computer Systems Science & Engineering*, 36(3). <https://doi.org/10.32604/csse.2021.014530>
- [67] Zhang, J., Guo, Z., Zhu, Y., Zhang, H., Yan, M., Liu, D., & Hao, J. (2024). Preparation and Characterization of Novel Low-Cost Sensible Heat Storage Materials with Steel Slag. *Journal of Energy Storage*, 76, 109643. <https://doi.org/10.1016/j.est.2023.109643>
- [68] Zhong, R. Y., Newman, S. T., Huang, G. Q., & Lan, S. (2016). Big Data for Supply Chain Management in the Service and Manufacturing Sectors: Challenges, Opportunities, and Future Perspectives. *Computers & Industrial Engineering*, 101, 572-591. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2016.07.013>