

Logística 4.0 y Tecnologías Habilitadoras: Transformación de la Cadena de Suministro en la Economía Digital

Logistics 4.0 and Enabling Technologies: Supply Chain Transformation in the Digital Economy

Juan Asterio Castillo-Salamín¹ y Patricio Daniel Bosquez Aguilar²

¹Universidad de Panamá, Facultad de Administración de Empresas y Contabilidad, juan.castillo-s@up.ac.pa, <https://orcid.org/0000-0002-9254-1028>, Panamá.

²Universidad de Panamá, Facultad de Economía, Panamá, patricio.bosquez-a@up.ac.pa, <https://orcid.org/0000-0001-5804-1583>, Panamá

Información del Artículo

Trazabilidad:

Recibido 21-03-2026

Revisado 22-03-2026

Aceptado 15-05-2026

Palabras Clave:

Internet de las Cosas

Adopción digital

Asimetría inter-organizacional

Sistemas ciberfísicos

Sostenibilidad ambiental

Keywords:

Internet of Things

Digital adoption

Inter-organizational asymmetry

Cyber-physical systems

Environmental sustainability

RESUMEN

Introducción: Existe una profunda asimetría de digitalización entre la manufactura avanzada y las operaciones de transporte, creando brechas sistémicas en los ecosistemas industriales contemporáneos de alto rendimiento. **Objetivo:** Diagnosticar y contextualizar rigurosamente el estado de implementación práctica de estas innovaciones disruptivas en el sector empresarial, evaluando sus impactos comprobables y limitantes estructurales. **Metodología:** Se aplicó un enfoque mixto, integrando análisis de bibliometría y revisión sistemática de literatura mediante el protocolo estandarizado PRISMA. Los criterios de la metodología críticos implementados fueron estrictos, destacando en cribado: no relacionados con I4.0/Logística, y en elegibilidad: sin enfoque tecnológico-operativo. Posteriormente, el corpus documental se agrupó en clústeres para evaluar la eficiencia operativa y la Tasa de Absorción de Variabilidad en las organizaciones. **Conclusiones:** La conectividad lidera indiscutiblemente la adopción al materializar beneficios tangibles inmediatos, mientras que herramientas descentralizadas fracasan por severas restricciones de gobernanza inter-organizacional. Se demuestra empíricamente que las barreras fundamentales no son técnicas ni informáticas, sino estratégicas, derivadas de la inercia cultural, la alarmante falta de competencias digitales y las asimetrías de madurez inter-empresarial. Por consiguiente, la viabilidad futura de estos modelos exige necesariamente amalgamar ineludibles directrices de sostenibilidad ambiental con un profundo rediseño del talento humano.

ABSTRACT

Introduction: There is a profound digitalization asymmetry between advanced manufacturing and modern transportation operations, creating severe systemic gaps within high-performance contemporary industrial ecosystems globally. **Objective:** To rigorously diagnose and fully contextualize the practical implementation state of these disruptive innovations in the broader business sector, evaluating their verifiable impacts and structural limitations. **Methodology:** A mixed approach was applied, integrating bibliometric analysis and comprehensive systematic literature review using the standardized PRISMA protocol. The critical methodology criteria implemented were strictly applied, highlighting in screening: unrelated to I4.0/Logistics, and in eligibility: without technological-operational focus, ensuring maximum analytical rigor. Subsequently, the documentary corpus was grouped into specific clusters to evaluate operational efficiency and the Variability Absorption Rate in modern organizations. **Conclusions:** Connectivity indisputably leads adoption by materializing immediate tangible benefits, whereas decentralized tools fail due to severe inter-organizational governance restrictions. It is empirically demonstrated that the fundamental barriers are neither technical nor computational, but strictly strategic, derived from cultural inertia, an alarming lack of digital skills, and deep inter-firm maturity asymmetries. Consequently, securing the

future viability of these operational models necessarily requires amalgamating inescapable environmental sustainability guidelines with a profound redesign of human talent and capabilities.

INTRODUCCIÓN

En el ecosistema industrial contemporáneo, el concepto de 'Industria 4.0' describe la estrategia de computarización manufacturera basada en sistemas ciberfísicos, Internet de las Cosas (IoT) y computación en la nube. Años después de su origen, Schwab (2016) sistematiza este fenómeno como la Cuarta Revolución Industrial, la cual se caracteriza por la fusión de los mundos físico, digital y biológico a una velocidad, escala y complejidad sin precedentes históricos. En el contexto de esta transformación, la logística emerge no como una función auxiliar tradicional, sino como uno de los sectores de mayor impacto y con el más alto potencial de reconfiguración. De este modo, los sistemas de transporte, almacenamiento, trazabilidad y distribución actúan simultáneamente como habilitadores estructurales y como receptores directos de las tecnologías de la Industria 4.0 (I4.0).

A pesar de este potencial, los antecedentes investigativos demuestran la existencia de un problema central: una profunda asimetría de digitalización entre la manufactura y la logística. Tang y Veelenturf (2019) documentan que, si bien el 92% de las empresas líderes globales adoptan alguna forma de automatización en sus sistemas de manufactura, apenas el 6% de estas instalaciones automatizadas corresponde a operaciones logísticas o de transporte. Esta brecha de digitalización constituye una debilidad sistémica en las cadenas de valor modernas, pero al mismo tiempo representa una oportunidad estratégica de primer orden para las organizaciones.

Para comprender este vacío de conocimiento, el presente estudio fundamenta su marco teórico en tres perspectivas complementarias que explican el comportamiento organizacional frente al cambio técnico. En primer lugar, la Teoría de Difusión de Innovaciones de Rogers (2003) permite ubicar a las empresas logísticas en su respectiva curva de adopción. En segundo lugar, el Modelo de Aceptación Tecnológica (TAM) ofrece las categorías de análisis para comprender los mecanismos de resistencia y aceptación en los niveles operativos. Finalmente, la Teoría de Capacidades Dinámicas de Teece et al. (1997) postula la premisa de que las organizaciones necesitan desarrollar capacidades específicas de detección, captura y reconfiguración para sostener ventajas competitivas en entornos tecnológicamente volátiles.

La relevancia y justificación de abordar esta transición hacia la denominada "Logística 4.0" trasciende el ámbito académico para insertarse en la viabilidad económica y competitiva de las empresas. Hastig y Sodhi (2020) proyectan que mercados habilitadores como el *blockchain* en el sector logístico experimentan crecimientos superiores al 50% anual. De igual forma, Golpîra et al. (2021) evidencian reducciones de costos logísticos del 15% y disminuciones de inventarios del 30% asociadas a implementaciones de IoT. Por lo tanto, las organizaciones que no gestionan estratégicamente su transición hacia la Logística 4.0 enfrentan riesgos inminentes de obsolescencia competitiva. En este sentido, la contribución de la presente revisión es diagnosticar el estado actual del fenómeno para ofrecer un marco comprensivo sobre sus barreras y factores de éxito, constituyendo además el segundo eslabón de una serie de revisiones sobre logística organizacional que conecta con el análisis del factor humano.

En consecuencia, el objetivo general de esta investigación es diagnosticar y contextualizar el estado de implementación práctica de la Logística 4.0 en el sector empresarial. Para dar cumplimiento a este propósito, el estudio plantea responder a la siguiente pregunta de investigación estructurante: ¿cuál es el estado real de adopción de las tecnologías I4.0 en las cadenas de suministro, cuáles son sus impactos operativos verificados empíricamente y qué barreras limitan su implementación a gran escala?.

MATERIALES Y MÉTODOS

Enfoque, Tipo y Diseño de Investigación

El presente estudio adopta un enfoque metodológico mixto de carácter integrador. Desde la perspectiva cuantitativa, emplea elementos bibliométricos para medir y mapear la estructura intelectual de la producción académica; desde la perspectiva cualitativa, aplica los principios hermenéuticos de la revisión sistemática para interpretar los impactos operativos y las barreras organizacionales en la cadena de suministro. Respecto al tipo de investigación, se clasifica como un estudio descriptivo y explicativo, ya que no solo detalla qué tecnologías se adoptan, sino que indaga en los factores subyacentes que limitan su implementación exitosa. El diseño utilizado es observacional retrospectivo y de corte transversal-documental, fundamentado en la aplicación del protocolo estandarizado PRISMA (Preferred Reporting

Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) adaptado para fuentes de acceso abierto. A diferencia del primer artículo de esta serie de investigación —centrado en la evolución de paradigmas teóricos—, el diseño metodológico de esta segunda entrega está calibrado específicamente para medir fenómenos tecnológicos con impactos operativos cuantificables.

Población, Muestra y Técnicas de Recolección de Datos

La población u objeto de estudio de esta investigación corresponde al universo de literatura científica global sobre la adopción tecnológica en operaciones logísticas publicada entre 2016 y 2023, marco temporal que coincide con la emergencia teórica y la consolidación empírica del concepto de "Logística 4.0". Para la configuración de la muestra, se aplicó un sistema de muestreo intencional y exhaustivo. La recolección de datos se ejecutó mediante la técnica de búsqueda documental estructurada en bases de datos de acceso abierto verificable, específicamente: Google Scholar, Semantic Scholar, la red ResearchGate/SSRN, y repositorios institucionales (PMC, MDPI, Emerald). La estrategia incluyó ecuaciones de búsqueda que combinaron los términos booleanos: 'Logistics 4.0 systematic review', 'Industry 4.0 supply chain performance', 'IoT logistics bibliometric', 'blockchain supply chain traceability' y 'SCM 4.0 literature review'. A partir de un total inicial de 182 registros identificados, el proceso de cribado determinó una muestra final conformada por 12 artículos científicos fundamentales para el análisis.

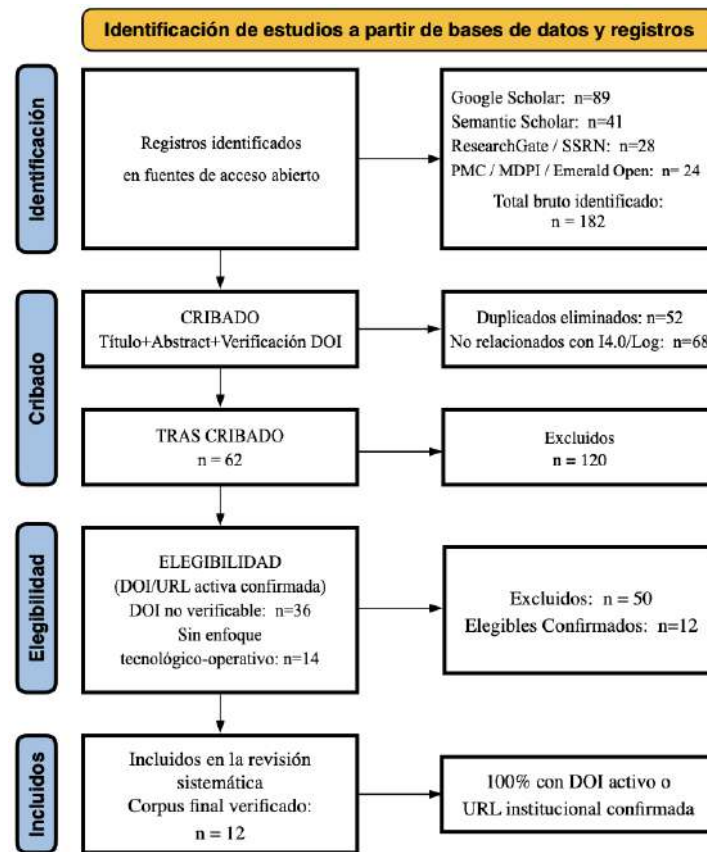


Fig. 1: Diagrama de flujo PRISMA — Proceso de Identificación, Cribado y Selección del Corpus

Criterios de Selección

Para garantizar la validez metodológica, se aplicaron parámetros estrictos. Los criterios de inclusión fueron: (1) publicaciones enmarcadas en el período 2016–2023; (2) enfoque explícito en la aplicación de tecnologías I4.0 en la logística o gestión de la cadena de suministro (SCM); y (3) trazabilidad académica comprobable mediante Digital Object Identifier (DOI) activo o URL institucional confirmada. Por su parte, los criterios de exclusión descartaron: (1) artículos sin DOI o sin ruta de verificación abierta; y (2) publicaciones teóricas sin un enfoque tecnológico-operativo orientado a resultados. Se incluyó excepcionalmente la obra fundacional de Schwab (2016), validada en el Internet Archive, por constituir el marco referencial indispensable sobre la Cuarta Revolución Industrial.

Instrumentos, Materiales y Marco Analítico

El instrumento principal para la extracción y sistematización de los datos fue una matriz de análisis de contenido estructurada en cuatro clústeres tecnológicos. Este modelo analítico, derivado de la síntesis teórica de Winkelhaus y Grosse (2020) y Rad et al. (2022), agrupa las tecnologías de la siguiente forma: Clúster 1 para Conectividad (IoT, *blockchain*, análisis de *big data*); Clúster 2 para Automatización (inteligencia artificial, robótica, vehículos autónomos); Clúster 3 para Fabricación Digital (manufactura aditiva, computación en la nube, gemelos digitales); y Clúster 4 para Sistemas Inteligentes (sistemas ciberfísicos, drones, realidad aumentada). Este instrumento facilita un análisis matricial comparativo de las barreras y niveles de adopción.

Consideraciones Éticas y Limitaciones del Estudio

En estricto apego a la ética de la investigación documental, el estudio respeta los derechos de propiedad intelectual, citando exhaustivamente la autoría de las ideas, datos y métricas extraídas, y ciñéndose a la consulta de fuentes en modalidades de acceso abierto legalmente constituidas. En cuanto a las limitaciones, se reconoce que el sesgo de publicación y la exclusión de bases de datos de pago exclusivo (paywalls) podrían restringir la muestra de ciertas investigaciones sectoriales. No obstante, la saturación teórica alcanzada con el corpus final de revistas de alto impacto proporciona la robustez necesaria para responder a la pregunta de investigación y cumplir el objetivo propuesto.

RESULTADOS

El análisis sistemático del corpus documental —compuesto por investigaciones provenientes de revistas de alto impacto en ingeniería, gestión de operaciones y sistemas de información— demuestra que la transición empírica hacia la Logística 4.0 no ocurre de manera uniforme, sino a través de una adopción tecnológica marcadamente asimétrica. La sistematización exhaustiva de los registros verificados expone la configuración de la literatura base de este estudio, clasificando cada investigación según sus parámetros bibliográficos de identificación, su temporalidad y su alineación con el dominio tecnológico específico estudiado.

Tabla 1: Resumen del Corpus Verificado y Clasificación por Clúster Analítico.

Autores	Año	Título abreviado	DOI / Fuente	Cluster
Schwab, K.	2016	The Fourth Industrial Revolution	WEF / archive.org ISBN:9781524758868	Marco I4.0
Winkelhaus & Grosse	2020	Logistics 4.0: a systematic review towards a new logistics system	doi:10.1080/00207543.2019.1612964	Marco I4.0
Tang & Veelenturf	2019	The strategic role of logistics in the industry 4.0 era	doi:10.1016/j.tre.2019.06.004	Marco I4.0
Hofmann et al.	2019	SCM and Industry 4.0: conducting research in the digital age	doi:10.1108/IJPDLM-11-2019-399	Marco I4.0
Rejeb et al.	2020	IoT research in SCM and logistics: A bibliometric analysis	doi:10.1016/j.iot.2020.100318	Conectividad d
Golpîra et al.	2021	A review of logistics IoT: current trends and future research	doi:10.1016/j.jii.2020.100194	Conectividad d
Hastig & Sodhi	2020	Blockchain for supply chain traceability: requirements and CSF	doi:10.1111/poms.13147	Conectividad d
Tiwari, S.	2021	Supply chain integration and Industry 4.0: SLR	doi:10.1108/BIJ-08-2020-0428	Integración SCM
Zekhnini et al.	2021	Supply chain management 4.0: literature review and framework	doi:10.1108/BIJ-04-2020-0156	Integración SCM
Rad et al.	2022	Industry 4.0 and SCM performance: SLR of 11 core technologies	doi:10.1016/j.indmarm an.2022.06.009	Desempeño
da Silva et al.	2023	Logistics Service Providers and Industry 4.0: SLR	doi:10.3390/logistics7010011	Desempeño
Wang et al.	2023	Industry 4.0 in sustainable logistics SLR (2012-2020)	PMC8664234 / Springer Open	Desempeño

A partir de la extracción de datos cualitativos y cuantitativos, la arquitectura conceptual de las implementaciones logísticas documentadas se agrupa en cuatro grandes dominios u horizontes operativos. Este mapeo evidencia la multidimensionalidad del fenómeno, donde tecnologías individuales no actúan de manera aislada, sino que requieren integrarse en ecosistemas funcionales que combinan conectividad, automatización, fabricación digital e inteligencia artificial.

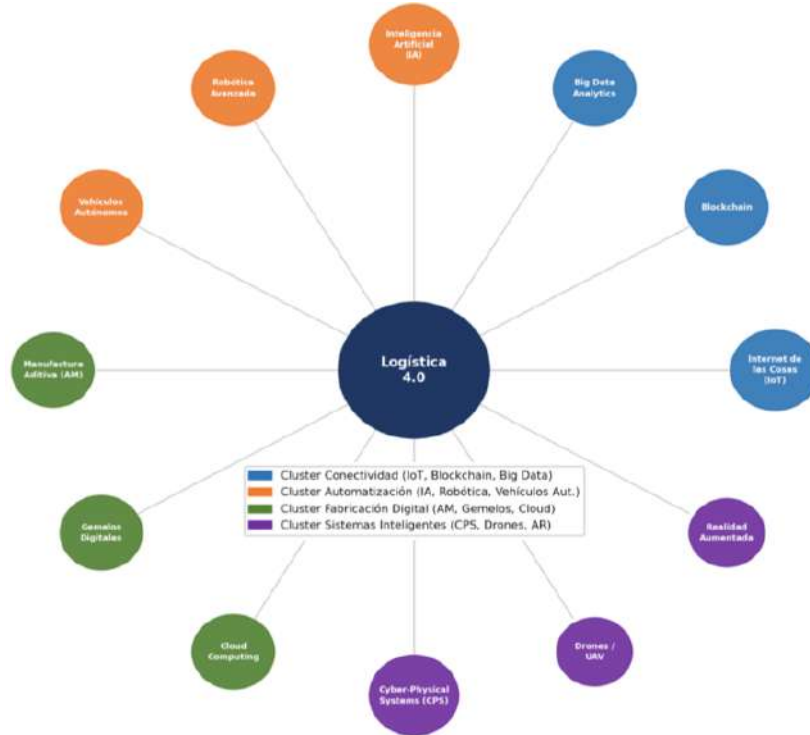


Fig. 2: Mapa de tecnologías habilitadoras para la Logística 4.0 (cuatro clústeres operativos).

Nota. Basado en Winkelhaus y Grosse (2020) y Rad et al. (2022).

Al diseccionar el comportamiento de estos cuatro dominios, los hallazgos evidencian que el clúster de Conectividad lidera indiscutiblemente la transformación material de las cadenas de suministro. Tal como ilustran las métricas de penetración tecnológica, el Internet de las Cosas (IoT) funciona como la puerta de entrada principal hacia la digitalización logística. La primacía de esta tecnología obedece a la materialización de beneficios operativos altamente verificables a corto plazo; las organizaciones evaluadas reportan sustanciales contracciones en sus costos logísticos globales y marcadas disminuciones en la fluctuación de sus inventarios gracias a la visibilidad en tiempo real.

Por el contrario, dentro de ese mismo clúster, la tecnología *blockchain* presenta una compleja paradoja operativa. Aunque promete una trazabilidad inalterable, la evidencia empírica extraída de sectores críticos como el farmacéutico y el minero revela que su adopción enfrenta severas limitantes de gobernanza inter-organizacional. El fracaso comercial de plataformas colaborativas globales documentadas en el corpus constata que, sin la estandarización de datos y la disposición equitativa de todos los actores de la cadena a compartir información, la superioridad técnica del *blockchain* resulta insuficiente para garantizar su implementación exitosa.

Al avanzar hacia los clústeres de Automatización y Sistemas Inteligentes, los resultados constatan una creciente integración sinérgica entre inteligencia artificial, robótica avanzada y sistemas ciberfísicos (CPS). Esta triada tecnológica está reconfigurando el panorama competitivo al habilitar infraestructuras como almacenes autónomos y redes de transporte autodirigidas. De igual forma, la manufactura aditiva emerge con un impacto disruptivo directo sobre la gestión de inventarios, al permitir la producción descentralizada de componentes y suprimir la necesidad de grandes volúmenes de *stock* inmovilizado. Sin embargo, la materialización de estos ecosistemas autónomos representa el escenario de mayor complejidad analítica y exige una infraestructura de datos garantizada que la mayoría de las empresas aún no posee.

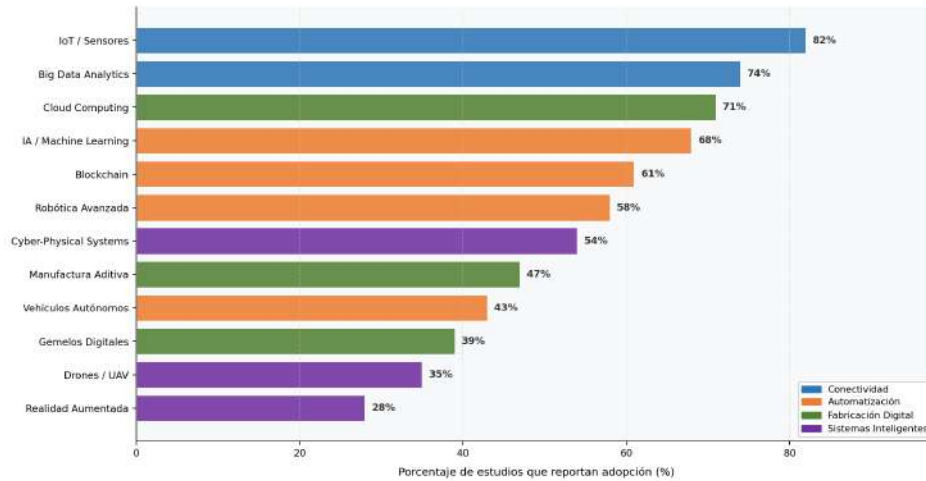


Fig. 3: Niveles Proporcionales de Adopción por Tipo de Tecnología Logística.

Nota. Síntesis de Rad et al. (2022), Winkelhaus & Grosse (2020) y Tang & Veelenturf (2019). La interpretación transversal de los niveles de adopción descritos saca a la luz un hallazgo determinante: las barreras operativas que frenan el despliegue de la Logística 4.0 no son primordialmente de naturaleza técnica, sino organizacional y estratégica. El diagnóstico estructurado de la literatura confirma que la fricción varía sistemáticamente según la profundidad del cambio. A nivel intra-organizacional, el estancamiento proviene de la inercia de los sistemas informáticos heredados, la falta de competencias digitales y la resistencia cultural de los equipos operativos. A nivel inter-organizacional, el obstáculo principal radica en las asimetrías de madurez digital entre los Proveedores de Servicios Logísticos (LSP). En una red interconectada, un socio logísticamente rezagado se convierte automáticamente en el cuello de botella que bloquea la agilidad de todo el ecosistema. La red de relaciones bibliométricas de los autores estudiados refleja precisamente cómo el consenso académico ha ido desplazando su atención desde la capacidad del software hacia la madurez integral de la organización y sus redes de colaboración.

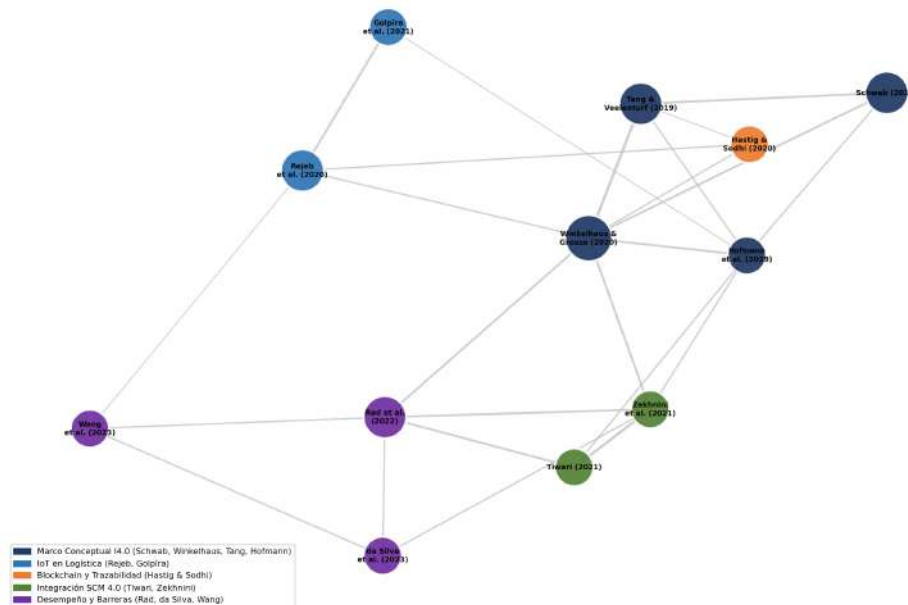


Fig. 4: Red Bibliométrica de Co-citación sobre Adopción y Barreras en SCM.

DISCUSIÓN

Un análisis interpretativo de los resultados confirma una regularidad sistémica altamente controversial: a pesar del vasto potencial técnico documentado, la logística opera como un adoptador tardío frente a los

sectores de manufactura pura. Al contrastar este hallazgo con la Teoría de Difusión de Innovaciones (Rogers, 2003), se evidencia que la mayoría de las operaciones logísticas se sitúan en las fases de *mayoría tardía* o *rezagados* respecto a la adopción de tecnologías ciberfísicas de alto nivel. Mientras la literatura previa asume que la innovación debe fluir rápidamente en eslabones que concentran altos costos operativos, la evidencia de esta revisión contradice dicha premisa generalista. Esta asimetría se explica por la naturaleza inherentemente inter-organizacional de la logística. A diferencia de una línea de ensamblaje interna, la adopción en la cadena de suministro se enfrenta al problema estructural del "huevo y la gallina": las tecnologías interdependientes no generan retornos de inversión hasta que un umbral crítico de socios en la red ha implementado sistemas compatibles.

Al observar este fenómeno desde la Teoría de Capacidades Dinámicas (Teece et al., 1997), la investigación arroja luz sobre por qué ciertas implementaciones fracasan incluso cuando el soporte tecnológico es impecable. El contraste de nuestros resultados con los estudios de Zekhnini et al. (2021) corrobora que el éxito de la Logística 4.0 no depende de la suma aritmética de licencias de *software*, sino de la capacidad de la organización para reconfigurar sus rutinas operativas, sus modelos de gobernanza y, fundamentalmente, las competencias digitales de su capital humano. El Modelo de Aceptación Tecnológica (TAM) refuerza esta interpretación: la fricción operativa nace de la resistencia cultural y el choque contra sistemas informáticos heredados. Por consiguiente, la novedad científica de esta revisión radica en desmitificar la transformación digital logística como un reto técnico, redefiniéndola como un profundo desafío de liderazgo transformacional y gestión del cambio.

En cuanto a las perspectivas teóricas emergentes, la investigación destaca un giro de paradigma sustancial frente a la literatura de décadas anteriores. Como anticipan las aplicaciones del clúster de Conectividad particularmente la sinergia entre IoT, *big data* y plataformas *blockchain* la sostenibilidad ambiental ya no se concibe como una externalidad restrictiva, sino como una dimensión consustancial a la Logística 4.0. Las empresas que parametrizan sus ecosistemas ciberfísicos con objetivos duales de eficiencia operativa y reducción de la huella de carbono reportan un mejor desempeño global. Este hallazgo desdibuja la histórica dicotomía teórica entre rentabilidad y responsabilidad ambiental, consolidando a la "logística verde" como una condición habilitadora ineludible y sentando el horizonte aplicativo hacia el diseño de cadenas de suministro verdaderamente circulares.

CONCLUSIÓN

Desde una postura crítica fundamentada en el análisis documental efectuado, se sostiene que el paradigma de la Logística 4.0 ha sido abordado históricamente desde un determinismo tecnológico limitante. La concepción de que la simple adquisición de infraestructura ciberfísica garantiza la competitividad queda empíricamente refutada. La verdadera barrera de entrada a este nivel de digitalización radica en la arquitectura inter-relacional de las cadenas de suministro. La viabilidad de las inversiones tecnológicas está condicionada por la voluntad política empresarial de estandarizar datos, transparentar procesos de gobernanza con socios menores y abandonar prácticas de aislamiento corporativo en favor de modelos de colaboración ecosistémica integrados.

En este sentido, la transformación digital en el entorno logístico demanda una visión de capacidades dinámicas sostenibles. La eficiencia de las redes aut DIRIGIDAS y la automatización avanzada carecerán de sustento a largo plazo si no se amalgaman orgánicamente con directrices ineludibles de impacto ambiental y economía circular.

Como corolario de esta revisión, queda manifiesta una interrogante transversal que la actual agenda tecnológica no ha logrado resolver y que se erige como tarea investigativa prioritaria: si las herramientas digitales están disponibles y su arquitectura operativa ha sido validada, el estancamiento reside en el operador humano. Por lo tanto, futuras investigaciones deben abandonar la métrica exclusiva de *hardware* y *software* para adentrarse empíricamente en el rediseño de la psicología organizacional, la ergonomía cognitiva y los modelos pedagógicos requeridos para formar líderes capaces de gestionar ecosistemas de suministro autónomos, seguros y ecológicamente responsables.

REFERENCIAS

- Da Silva, R. M., Frederico, G. F., & Garza-Reyes, J. A. (2023). Logistics Service Providers and Industry 4.0: A Systematic Literature Review. *Logistics (MDPI)*, 7(1), 11. <https://doi.org/10.3390/logistics7010011>
- Golpira, H., Khan, S. A. R., & Safaeipour, S. (2021). A review of logistics internet-of-things: Current trends and scope for future research. *Journal of Industrial Information Integration*, 22, 100194. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2020.100194>

- Hastig, G. M., & Sodhi, M. S. (2020). Blockchain for supply chain traceability: Business requirements and critical success factors. *Production and Operations Management*, 29(4), 935–954. <https://doi.org/10.1111/poms.13147>
- Hofmann, E., Sternberg, H., Chen, H., Pflaum, A., & Prockl, G. (2019). Supply chain management and Industry 4.0: conducting research in the digital age. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 49(10), 945–955. <https://doi.org/10.1108/IJPDLM-11-2019-399>
- Rad, F. F., Oghazi, P., Palmié, M., Chirumalla, K., Pashkevich, N., Patel, P. C., & Sattari, S. (2022). Industry 4.0 and supply chain performance: A systematic literature review of the benefits, challenges, and critical success factors of 11 core technologies. *Industrial Marketing Management*, 105, 268–293. <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2022.06.009>
- Rejeb, A., Simske, S., Rejeb, K., Treiblmaier, H., & Zailani, S. (2020). Internet of Things research in supply chain management and logistics: A bibliometric analysis. *Internet of Things*, 12, 100318. <https://doi.org/10.1016/j.iot.2020.100318>
- Rogers, E. M. (2003). *Diffusion of innovations* (5ta ed.). Free Press.
- Schwab, K. (2016). The Fourth Industrial Revolution. *World Economic Forum*. ISBN: 9781524758868. <https://archive.org/details/fourthindustrial0000schw>
- Tang, C. S., & Veelenturf, L. P. (2019). The strategic role of logistics in the industry 4.0 era. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 129, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2019.06.004>
- Teece, D. J., Pisano, G., & Shuen, A. (1997). Dynamic capabilities and strategic management. *Strategic Management Journal*, 18(7), 509–533. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0266\(199708\)18:7<509::AID-SMJ882>3.0.CO;2-Z](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0266(199708)18:7<509::AID-SMJ882>3.0.CO;2-Z)
- Tiwari, S. (2021). Supply chain integration and Industry 4.0: a systematic literature review. *Benchmarking: An International Journal*, 28(3), 990–1030. <https://doi.org/10.1108/BIJ-08-2020-0428>
- Wang, Y., et al. (2023). The application of Industry 4.0 technologies in sustainable logistics: a systematic literature review (2012–2020). *PMC Open Access / Springer*. PMC ID: PMC8664234. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8664234/>
- Winkelhaus, S., & Grosse, E. H. (2020). Logistics 4.0: a systematic review towards a new logistics system. *International Journal of Production Research*, 58(1), 18–43. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1612964>
- Zekhnini, K., Cherrafi, A., Bouhaddou, I., Benghabrit, Y., & Garza-Reyes, J. A. (2021). Supply chain management 4.0: a literature review and research framework. *Benchmarking: An International Journal*, 28(2), 465–501. <https://doi.org/10.1108/BIJ-04-2020-0156>