



Facultad de Ciencias Jurídicas

Carrera de Estudios Internacionales

Optimización de Cadenas de Suministro en el Comercio Exterior de América mediante Tecnologías Emergentes (2020–2025): Una Revisión Sistemática de la Literatura

Trabajo de Titulación previo a la obtención del Grado de Licenciado en Estudios Internacionales

Autor:

Bruce Didier Falconi Tapia

Director:

Antonio Fabián Torres Dávila

Cuenca – Ecuador

2026

DEDICATORIA

A Dios, fuente de sabiduría y fortaleza, por guiar cada paso de este camino y concederme la perseverancia necesaria para culminar esta etapa.

A mis padres, por ser el pilar de mi vida y el ejemplo constante de esfuerzo, disciplina y sacrificio. Este logro también les pertenece.

A mi hermano, por su lealtad, apoyo y compañía en cada desafío, y por compartir conmigo la visión de construir un futuro de excelencia.

A mi novia, por ser refugio y tranquilidad en los momentos más difíciles, por su paciencia, su apoyo incondicional y por creer en mí incluso cuando yo mismo dudaba.

Finalmente, a mi familia, por su respaldo constante y por ser la motivación que impulsó cada uno de mis esfuerzos hasta convertir esta meta en una realidad.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi más sincero agradecimiento a Dios, por brindarme la claridad, disciplina y fortaleza necesarias para culminar esta investigación.

A la Universidad del Azuay, mi alma mater, por la formación académica y humana recibida, así como por el apoyo brindado a lo largo de mi trayectoria universitaria. De manera especial, agradezco la oportunidad de servir como vicepresidente de la Facultad de Ciencias Jurídicas, experiencia que contribuyó profundamente a mi crecimiento personal y profesional.

A la Facultad de Ciencias Jurídicas y sus escuelas de Estudios Internacionales y Derecho, por fortalecer mi pensamiento crítico y mi compromiso con la excelencia académica.

Al Ing. Antonio Fabián Torres Dávila, por su guía, mentoría y acompañamiento durante el desarrollo de esta investigación.

A mis docentes y compañeros, por las enseñanzas, la confianza y las experiencias compartidas a lo largo de esta etapa universitaria.

Finalmente, agradezco profundamente a mi familia por su apoyo incondicional y, de manera especial, a mi novia, cuyo acompañamiento, paciencia y respaldo fueron fundamentales para afrontar los desafíos de este proceso con determinación y equilibrio.

Índice de Contenidos

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
Índice de Contenidos.....	iii
Índice de Figuras y Anexos.....	iv
Índice de Figuras.....	iv
Índice de Anexos.....	iv
Resumen.....	v
Abstract.....	v
1. Introducción.....	1
1.1 Objetivos.....	2
1.2 Marco Teórico.....	3
1.3 Estado del Arte.....	7
2. Metodología.....	11
2.1 Estrategia de Búsqueda.....	12
2.1.1. Pilares Conceptuales y Categorización de Palabras Clave.....	13
2.1.2. Ecuaciones Booleanas y Replicabilidad.....	14
2.2 Criterios de Inclusión y Exclusión.....	14
2.2.1. Criterios de Inclusión.....	15
2.2.2. Parámetros de Exclusión.....	15
2.2.3. Proceso de Validación y Refinamiento de la Muestra.....	16
2.3 Proceso de Selección de Estudios.....	16
2.3.1. Identificación y Filtración Automatizada.....	16
2.3.2. Cribado y Evaluación Manual.....	17
2.3.3. Evaluación de Elegibilidad y Exclusión Técnica.....	17
2.3.4. Inclusión Final y Mapeo de Síntesis.....	17
2.3.5. Inclusión Final y Mapeo de Síntesis.....	18
2.4. Matriz de Extracción Técnica y Normalización.....	19
2.5. Correlación Cruzada y Síntesis Temática.....	19
2.6 Síntesis Cualitativa e Implicaciones Institucionales.....	19
3. Resultados.....	20
4. Discusión.....	29
5. Conclusión.....	31
6. Referencias.....	32
7. Anexos.....	37

Índice de Figuras y Anexos

Índice de Figuras

Figura 1 Las Fases de la Metodología PRISMA	12
Figura 2 Diagrama de Flujo del Proceso de Selección de Estudios Según PRISMA 2020	18
Figura 3 Distribución de Años de Publicación de Artículos	22
Figura 4 Comparación EC1 y EC2: Tecnologías y Barreras Estructurales.....	23
Figura 5 Comparación EC1 y EC3: Tecnologías e Impacto Operativo	24
Figura 6 Comparación EC2 y EC3: Barreras e Impacto Operativo	25

Índice de Anexos

Anexo 1 Documentos Finales Revisión PRISMA.....	37
---	----

Resumen

Esta investigación analiza el impacto de las tecnologías emergentes en la optimización de las cadenas de suministro dentro del comercio exterior de América durante el periodo 2020–2025. El objetivo central fue identificar las herramientas digitales con la mayor eficacia operativa reportada, analizando específicamente el despliegue de la Inteligencia Artificial (IA) y el Internet de las Cosas (IoT) en los centros logísticos. Fundamentado en un marco teórico de resiliencia post-pandemia, se llevó a cabo una revisión sistemática de la literatura siguiendo el protocolo PRISMA 2020. Los hallazgos demuestran que, si bien la IA y el IoT son los principales impulsores de la eficiencia en los procesos físicos y de la visibilidad en tiempo real, su éxito se ve obstaculizado por la falta de estándares de datos transfronterizos. El estudio concluye que la optimización de los corredores comerciales Norte-Sur requiere una transición de proyectos piloto aislados hacia ecosistemas digitales integrados y escalables que prioricen la interoperabilidad para garantizar la competitividad regional a largo plazo.

Palabras clave: inteligencia artificial, derecho aduanero, internet de las cosas, logística, optimización de la cadena de suministro

Abstract

This study analyzes the impact of emerging technologies on the optimization of supply chains in the Americas' foreign trade during the 2020–2025 period. The primary objective was to identify the digital tools with the highest reported operational effectiveness, specifically analyzing the deployment of Artificial Intelligence (AI) and the Internet of Things (IoT) in logistics centers. Based on a theoretical framework of post-pandemic resilience, a systematic literature review was conducted following the PRISMA 2020 protocol. The findings demonstrate that, while AI and IoT are the main drivers of efficiency in physical processes and real-time visibility, their success is hindered by the lack of cross-border data standards. The study concludes that the optimization of North-South trade corridors requires a transition from isolated pilot projects toward integrated and scalable digital ecosystems that prioritize interoperability to ensure long-term regional competitiveness.

Keywords: artificial intelligence, customs law, Internet of Things, logistics, supply chain optimization

Optimización de Cadenas de Suministro en el Comercio Exterior de América Mediante Tecnologías Emergentes (2020–2025): Una Revisión Sistemática de la Literatura

1. Introducción

En el contexto actual del comercio internacional, las cadenas de suministro se han convertido en un elemento estratégico para la competitividad nacional y del desempeño eficiente de las operaciones del comercio exterior. Dado que los procesos logísticos internacionales ya no solo dependen de la infraestructura física sino también de la capacidad de todos de los estados y de los operadores privados para la incorporación de soluciones tecnológicas que puedan optimizar a los tiempos de entrega, que reduzcan costos, que garanticen la trazabilidad de las mercancías y que aseguren el cumplimiento de las regulaciones aduaneras. En América estas demandas se han intensificado debido a la globalización, la digitalización del comercio y por también por las recientes disrupciones en todos los flujos comerciales, particularmente tras la pandemia de COVID-19. La presente investigación está motivada por la necesidad de poder generar el conocimiento sistematizado basado en la evidencia científica para poder comprender cómo estas tecnologías emergentes podrían contribuir a la optimización de las cadena de suministros en el comercio exterior de la región. Tecnologías como la Inteligencia Artificial, el Internet de las Cosas, el Blockchain, big data y los gemelos digitales han demostrado, en diversos contextos internacionales, su capacidad para mejorar la eficiencia operativa, fortalecer la transparencia de los procesos y reducir los riesgos asociados a la gestión logística y aduanera. No obstante su adopción en los países de América es desigual, lo cual genera brechas significativas entre los diversos actores del comercio exterior tanto a los niveles público como privado.

Desde la perspectiva del sector público particularmente en el campo del derecho aduanero, la optimización de las cadenas de suministro constituyen un desafío estratégico para la modernización de la gestión aduanera, dado que requiere fortalecer los mecanismos de control sin afectar a la facilitación del comercio y asegurando al mismo tiempo el cumplimiento efectivo de los marcos regulatorios nacionales e internacionales. En muchos países de América la insuficiente integración tecnológica, la limitada interoperabilidad entre los sistemas institucionales y la persistencia de procesos administrativos con bajos niveles de automatización continúan generando retrasos operativos, mayores costos logísticos y mayores riesgos de incumplimiento regulatorio. En este contexto, la incorporación de tecnologías emergentes en la gestión de la cadena de suministro se presenta como una

alternativa clave para transformar los modelos tradicionales de control aduanero. Esto se logra a través de herramientas que mejoran la gestión de riesgos, fortalecen la trazabilidad documental y optimizan la coordinación interinstitucional, contribuyendo así a una mayor eficiencia, transparencia y seguridad jurídica en el comercio exterior.

Desde el sector privado, la competitividad de los exportadores, importadores y operadores logísticos depende cada vez más de su capacidad para adoptar soluciones tecnológicas que optimicen la planificación de la demanda, la gestión de inventarios, el transporte internacional y el cumplimiento aduanero. Sin embargo, muchas empresas, especialmente las pequeñas y medianas empresas, enfrentan barreras significativas relacionadas con los costos de implementación, la falta de experiencia técnica y la incertidumbre regulatoria, lo que limita la adopción efectiva de estas tecnologías.

A partir de este problema, el objetivo general de esta investigación fue analizar los estudios realizados sobre tecnologías emergentes que han mostrado potencial para optimizar las cadenas de suministro en el comercio exterior de los países de América durante el período 2020-2025. Específicamente, se busca identificar las tecnologías con la mayor eficacia reportada en la literatura científica, analizar sus beneficios y limitaciones en diferentes contextos regionales, y reconocer patrones, tendencias y brechas de conocimiento relevantes para la toma de decisiones en los sectores público y privado.

La principal contribución de este estudio radica en ofrecer una síntesis sistemática y actualizada de la evidencia científica disponible, orientada a proporcionar insumos útiles para el diseño de políticas públicas en materia de facilitación del comercio y derecho aduanero, así como para la formulación de estrategias empresariales que promuevan la modernización logística y el fortalecimiento de la competitividad del comercio exterior en América.

1.1 Objetivos

El propósito de este mapeo sistemático es estructurar y analizar la evidencia científica disponible sobre la aplicación de tecnologías emergentes en la optimización de las cadenas de suministro del comercio exterior en América. Para este fin, se proponen los siguientes objetivos específicos:

Para cumplir con los objetivos de este mapeo sistemático, se han formulado las siguientes preguntas de investigación:

Pregunta General: ¿De qué manera las tecnologías emergentes optimizan la gestión de la cadena de suministro dentro de las operaciones de comercio exterior de América durante el periodo 2020–2025?

Pregunta Específica 1 (Dimensión Tecnológica): ¿Qué tecnologías emergentes específicas, limitadas a la Inteligencia Artificial, Blockchain, Internet de las Cosas, Big Data y Gemelos Digitales, exhiben la mayor frecuencia de implementación exitosa según la literatura científica indexada?

Pregunta Específica 2 (Dimensión Operativa): ¿Cuáles son los principales beneficios y limitaciones estructurales reportados en relación con la facilitación del comercio, el cumplimiento aduanero y la reducción de los tiempos de entrega logísticos?

Pregunta Específica 3 (Dimensión Geográfica): ¿Cómo condicionan las disparidades institucionales e infraestructurales en América del Norte, Centro y del Sur la adopción y escalabilidad de estas herramientas de optimización?

1.2 Marco Teórico

Las cadenas de suministro son sistemas compuestos por organizaciones, procesos, información y recursos involucrados en el movimiento de bienes y servicios desde los proveedores hasta los consumidores finales según Linton & Handfield (2017). A mediados del siglo XX, en el contexto de la Guerra Fría, la gestión de la cadena de suministro se centró primordialmente en las operaciones militares y logísticas, buscando garantizar la disponibilidad de recursos estratégicos según dice Ballou (2007). Con el tiempo, estas redes evolucionaron hacia herramientas estratégicas en el ámbito empresarial, orientadas a generar valor para el cliente y mejorar la toma de decisiones. Actualmente, la gestión de la cadena de suministro incluye no solo el transporte y el almacenamiento, sino también la planificación, producción, distribución y gestión de la información en cada etapa, buscando la eficiencia, la reducción de costos y la satisfacción del cliente según MacCarthy et al. (2022). En el comercio internacional, estas redes son estratégicas, ya que su desempeño afecta la competitividad de las empresas y la integración de los países en los mercados globales (Biomarker & Majeed, 2022). Su complejidad aumenta debido a factores como las

regulaciones aduaneras, los acuerdos comerciales, la infraestructura desigual y las diferencias institucionales, especialmente en América, donde la heterogeneidad económica y regulatoria representa un desafío para la gestión transfronteriza como dicen Li & Li (2022).

En este sentido, las cadenas de suministro constituyen sistemas complejos e interdependientes que articulan procesos logísticos, flujos físicos y de información, actores públicos y privados e infraestructuras críticas, con el objetivo de asegurar que las mercancías se muevan eficientemente desde su punto de origen hasta el consumidor final acorde a las posturas de los autores Bergqvist & Pruth (2006). La eficiencia logística se ha convertido en un determinante central del comercio exterior, superando incluso variables tradicionales como la distancia geográfica (Bergqvist & Pruth, 2006; Biomarker & Majeed, 2022). Particularmente, la gestión de la cadena de suministro en América enfrenta desafíos derivados de la coexistencia de diferentes esquemas de integración regional, asimetrías en la infraestructura y altos costos logísticos. Factores como las regulaciones aduaneras, los acuerdos comerciales vigentes, los tiempos de despacho y el cumplimiento de estándares internacionales influyen decisivamente en la planificación y el desempeño de la cadena de suministro transfronteriza, evidenciando la necesidad de un enfoque integral que considere la interacción entre actores, procesos y regulaciones según Widdowson (2020).

La logística, por su parte puede definirse como la gestión de los flujos físicos de información y de recursos necesarios para que los productos y servicios lleguen al lugar, momento y condiciones requeridos (Dadzie & Richard, 2025). Esta disciplina abarca funciones como el transporte, el almacenamiento, el manejo de materiales, la planificación de inventarios, la distribución y la coordinación de procesos, constituyendo un componente esencial de las cadenas de suministro. En el comercio internacional, la logística no solo impacta en la eficiencia y la reducción de costos, sino también en la confiabilidad de las operaciones y la capacidad de respuesta ante cambios en la demanda o disrupciones externas. Por lo tanto, la optimización logística no puede entenderse únicamente como una mejora operativa interna, sino como un proceso sistémico que requiere la coordinación de múltiples niveles de gobernanza, la colaboración entre actores públicos y privados y la adopción de herramientas tecnológicas que permitan aumentar la visibilidad, trazabilidad y resiliencia de la cadena (Bookbinder & Mant, 2011).

Desde la literatura especializada, la optimización de la cadena de suministro se concibe como un conjunto de estrategias, métodos y herramientas orientados a reducir costos, mejorar la eficiencia operativa, aumentar la confiabilidad de los flujos y garantizar la trazabilidad de las mercancías, sin comprometer el cumplimiento regulatorio ni la seguridad de las operaciones (Lange, 2025). Este enfoque integral ha desplazado las visiones tradicionales centradas exclusivamente en el transporte o el almacenamiento, incorporando variables como la gestión de riesgos, la sostenibilidad y la resiliencia frente a disrupciones, aspectos que son esenciales para garantizar la continuidad operativa en contextos de alta incertidumbre, como los observados en América durante eventos disruptivos recientes (Natesh Kumar, 2025; Xu et al., 2020).

El debate académico contemporáneo coincide en que es inviable abordar la optimización de las cadenas de suministro sin considerar el impacto de las tecnologías emergentes. La transformación digital ha redefinido los modelos logísticos, convirtiendo a la tecnología en un habilitador estratégico más que en un simple soporte operativo (Torres Achurra & Cruz B., 2025). Herramientas como la Inteligencia Artificial, el Internet de las Cosas, Blockchain, Big Data y los Gemelos Digitales se han consolidado como componentes esenciales en la gestión logística moderna (Biomarker & Majeed, 2022; Yevgenievich Barykin, 2021). Cada tecnología cumple funciones distintas dentro de la cadena de suministro, la IA permite mejorar la previsión de la demanda, optimizar la planificación de inventarios y apoyar la toma de decisiones mediante modelos avanzados, el IoT proporciona visibilidad en tiempo real sobre la ubicación, estado y condición de las mercancías, el blockchain asegura la integridad, trazabilidad y confiabilidad de la información documental, reduciendo la asimetría de información entre los actores según Idrissi et al., (2024) y los gemelos digitales facilitan la simulación de escenarios logísticos complejos, permitiendo la evaluación de impactos y riesgos antes de implementar decisiones estratégicas (Espinosa-Jaramillo, 2024; Zaidi et al., 2024).

La evidencia empírica disponible demuestra múltiples aplicaciones de estas tecnologías en el comercio transfronterizo dentro de América. Por ejemplo, según Lejarza et al., (2021) los autores muestran que en la cadena de suministro de productos perecederos entre México y los Estados Unidos, la combinación del monitoreo en tiempo real vía IoT y los modelos predictivos basados en datos reduce significativamente las pérdidas, mejora la puntualidad de las entregas y fortalece la coordinación entre las partes interesadas involucradas. Del

mismo modo, diversos análisis sobre el uso de blockchain en las operaciones de comercio exterior indican que esta tecnología contribuye a disminuir las disputas contractuales, agilizar la validación documental y reducir los tiempos de despacho fronterizo (Kwitonda & Akumuntu, 2024).

No obstante, la literatura también reconoce la existencia de limitaciones estructurales que condicionan la adopción de tecnologías emergentes en la región. Entre los principales obstáculos identificados se encuentran los altos costos iniciales de implementación, la falta de interoperabilidad entre sistemas digitales, la escasez de talento especializado y la ausencia de marcos regulatorios actualizados que reconozcan plenamente el uso de soluciones digitales (Natesh Kumar, 2025). Estas restricciones evidencian que la transformación tecnológica no depende exclusivamente de la disponibilidad de soluciones técnicas, sino más bien de un entorno institucional adecuado. Por lo tanto, diversos estudios subrayan la importancia de la modernización institucional como un factor clave para maximizar los beneficios de la innovación tecnológica. La digitalización de las aduanas, la implementación de ventanillas únicas de comercio exterior y el reconocimiento legal de los documentos electrónicos se identifican como elementos fundamentales para mejorar la eficiencia logística y facilitar el comercio (Calatayud & Montes, 2021). Los análisis comparativos muestran que las administraciones que han avanzado en la automatización y la gestión digital tienden a ocupar posiciones prominentes en los índices de eficiencia y calidad de servicio, evidenciando la relación entre la adopción tecnológica y el desempeño operativo.

En conclusión, el marco teórico demuestra que la optimización de la cadena de suministro en el comercio exterior no responde a un solo factor, sino más bien a un equilibrio dinámico entre la innovación tecnológica, el fortalecimiento institucional y el desarrollo de la capacidad humana (Calatayud & Montes, 2021). Esta integración permite mejorar la competitividad, la eficiencia operativa y la resiliencia de las redes logísticas regionales, asegurando que los bienes y servicios lleguen de manera confiable y oportuna al consumidor final, incluso en contextos de alta complejidad y riesgo. El propósito de la revisión sistemática que sustenta este estudio es describir y comparar la evidencia empírica disponible sobre la adopción de tecnologías emergentes en las cadenas de suministro del comercio exterior en América, identificando patrones comunes, resultados y desafíos, a fin de contribuir a una comprensión integral y basada en evidencia del papel que juegan estas tecnologías en la transformación logística regional.

1.3 Estado del Arte

Durante el periodo comprendido entre 2020 y 2025, marcado por el escenario post-COVID-19, la literatura académica sobre la optimización de la cadena de suministro en el comercio exterior de América ha experimentado un crecimiento significativo. La pandemia puso de relieve las vulnerabilidades estructurales de las redes logísticas globales, generando un renovado interés en el estudio de soluciones orientadas a mejorar la resiliencia, la visibilidad y la eficiencia operativa (Xu et al., 2020). En este contexto, las tecnologías emergentes se han consolidado como uno de los ejes centrales del debate académico y de las propuestas de modernización logística. Este periodo también presencia un aumento en las revisiones sistemáticas y estudios comparativos que sintetizan la evidencia empírica existente, permitiendo la identificación de patrones comunes, brechas de investigación y tendencias metodológicas en la optimización de la cadena de suministro internacional como dicen los autores Nguyen et al., (2025).

Diversos autores coinciden en que la adopción tecnológica constituye un factor clave para fortalecer la competitividad del comercio exterior (Calatayud & Montes, 2021). Destacan que diversas herramientas digitales como el internet de las cosas, el blockchain y la inteligencia artificial poseen el potencial de reducir la fricción logística, mejorar la trazabilidad y facilitar la coordinación entre los actores públicos y privados. No obstante, Lange (2025) advierte que la implementación de estas tecnologías no es homogénea, ya que depende de variables estructurales como el nivel de desarrollo institucional, la infraestructura disponible y la capacidad de inversión de cada país o región. En consecuencia, el estado del arte revela un consenso teórico sobre el potencial transformador de la tecnología, acompañado de una evidencia empírica que permanece fragmentada y desigual en el continente americano. Artículos de revisión recientes y meta-análisis confirman esta fragmentación, señalando que la mayoría de los estudios empíricos se concentran en sectores específicos o economías grandes, mientras que los análisis comparativos regionales siguen siendo limitados según Nguyen et al., (2025).

A nivel internacional, la literatura presenta casos de aplicación concretos de tecnologías emergentes en las cadenas de suministro globales, particularmente en economías desarrolladas. En el caso de los Estados Unidos, (Akinbolajo, 2024) analiza el papel de las tecnologías digitales en la optimización de la eficiencia de la cadena de suministro dentro

del sector manufacturero, concluyendo que su adopción contribuye a mejorar el desempeño operativo, aunque persisten desafíos estructurales, regulatorios y organizativos. En América del Norte, estudios empíricos documentan mejoras significativas en la gestión logística de productos perecederos mediante la integración del Internet de las Cosas (IoT) y modelos predictivos basados en datos (Kaur et al., 2022; Lejarza et al., 2021), evidenciando que el monitoreo en tiempo real de variables críticas como la temperatura interna del contenedor y la ubicación de la carga ha reducido las pérdidas, acortado los tiempos de entrega y mejorado la coordinación en toda la cadena logística.

En cuanto al blockchain, la investigación revisada destaca su capacidad para fortalecer la integridad documental, reducir las disputas contractuales y facilitar los certificados de origen en las operaciones transfronterizas (Bertrand Copigneaux, 2020). (Calatayud & Montes, 2021) señalan que esta tecnología contribuye a aumentar la transparencia y la confianza entre los actores del comercio exterior, especialmente en entornos donde la asimetría de información y la fragmentación institucional representan desafíos recurrentes. Sin embargo, la mayoría de estos estudios se centran en proyectos piloto o grandes operadores logísticos, lo que limita la generalización de los resultados a otros contextos regionales. Las revisiones críticas sobre blockchain en el comercio exterior coinciden en que la evidencia disponible todavía se basa principalmente en estudios piloto y análisis de casos, lo que dificulta la evaluación de los impactos a largo plazo en cadenas de suministro completas acorde a Nguyen et al., (2025).

Además, los trabajos centrados en la Inteligencia Artificial y el Big Data muestran avances relevantes en la planificación de la demanda, la gestión de inventarios y la optimización de las rutas de transporte. (Li & Li, 2022) documentan cómo el uso de analítica avanzada mejora la precisión de los pronósticos y los procesos logísticos, mientras que (Biomarker & Majeed, 2022) resaltan su contribución a una mayor eficiencia operativa en las cadenas de suministro internacionales. En esta misma línea, (Mao, 2025) demuestra que la aplicación de la IA combinada con algoritmos genéticos reduce los costos logísticos, mejora los niveles de servicio y optimiza la configuración de la cadena de suministro, validando empíricamente su efectividad en entornos reales de gestión empresarial. No obstante, la literatura coincide en que la adopción aislada de estas tecnologías no garantiza mejoras automáticas en el desempeño logístico. (Calatayud & Montes, 2021) enfatizan que la efectividad depende de factores críticos como la interoperabilidad de los sistemas, la gobernanza de datos y las capacidades técnicas de las organizaciones involucradas. Estudios de revisión metodológica

advirtiendo que los resultados positivos asociados a la IA y el Big Data suelen depender del contexto de aplicación, el tamaño de la muestra y el horizonte temporal analizado, reforzando la necesidad de enfoques comparativos y longitudinales según Nguyen et al., (2025).

En relación con el IoT y el Big Data, los estudios destacan que la integración de sensores y plataformas de análisis de datos masivos permite una visibilidad integral de la cadena de suministro. (Xia & Liu, 2021) señalan que esta capacidad de supervisión continua facilita el monitoreo en tiempo real de las mercancías y los procesos logísticos, permitiendo la detección temprana de desviaciones y la reducción de pérdidas. La instalación de sensores en contenedores y palets, capaces de registrar variables como la temperatura, la ubicación y el estado de la carga, genera flujos constantes de datos que, al ser procesados mediante algoritmos predictivos, fortalecen la toma de decisiones operativas (Biomarker & Majeed, 2022; Lejarza et al., 2021).

Los hallazgos empíricos sugieren que cuando estas herramientas se implementan correctamente, se logran mejoras en la precisión del inventario, la optimización de rutas y la reducción del tiempo de inactividad de la cadena de suministro. (Xia & Liu, 2021) resaltan que estos beneficios derivan del análisis de datos en tiempo real y el monitoreo constante, permitiendo una gestión logística más eficiente y proactiva. Sin embargo, la literatura también identifica barreras prácticas que limitan el impacto de estas tecnologías, como la integración de flujos de datos heterogéneos, los desafíos asociados a la privacidad de los datos y la escasez de personal especializado (Lange, 2025).

Estas limitaciones son más pronunciadas en las economías de América Latina y el Caribe, donde las restricciones presupuestarias, las brechas tecnológicas y la limitada disponibilidad de capital humano especializado constituyen obstáculos significativos para la adopción tecnológica (Natesh Kumar, 2025). En este contexto, varios estudios subrayan la necesidad de estrategias de implementación gradual, acompañadas de análisis de costo-beneficio y programas de capacitación, especialmente para las pequeñas y medianas empresas (PYMES). Recientemente, los autores Poveda-Valverde (2025) realizaron una revisión sistemática destacando que la adopción de la IA en las PYMES latinoamericanas enfrenta barreras estructurales significativas, incluyendo una infraestructura tecnológica limitada y la escasez de talento especializado, aunque una adopción responsable de la IA puede mejorar

la eficiencia y la resiliencia empresarial. La literatura sobre instituciones y políticas públicas complementa estos hallazgos, destacando el papel de los marcos regulatorios, los programas estatales de digitalización y la cooperación público-privada como factores determinantes para la adopción tecnológica en la región (Nguyen et al., 2025).

La Inteligencia Artificial emerge en la literatura reciente como una herramienta estratégica para optimizar funciones críticas de la cadena de suministro, incluyendo la previsión de la demanda, la planificación de inventarios, la automatización de almacenes y la optimización de rutas. (Kelly, 2024) destaca que la aplicación de la IA reduce los errores de previsión y mejora la eficiencia operativa, evidenciando su potencial transformador en la logística moderna. De manera complementaria, estudios como los de (Chen et al., 2024) muestran que la automatización basada en IA en centros logísticos y terminales portuarias ayuda a agilizar los procesos administrativos y aumentar la capacidad operativa. No obstante, se observa que el desempeño de estas soluciones depende directamente de la calidad de los datos y de la madurez de los procesos organizativos.

En una etapa más avanzada de la digitalización logística, los Gemelos Digitales aparecen como una evolución del IoT, el Big Data y la IA. Estas herramientas permiten la creación de réplicas virtuales de activos, procesos o redes logísticas completas. (Espinosa-Jaramillo, 2024) señala que los Gemelos Digitales ofrecen la posibilidad de simular diversos escenarios antes de implementar cambios en la infraestructura física, contribuyendo a la planificación estratégica y la reducción de riesgos. (Yevgenievich Barykin, 2021) enfatiza que este enfoque de modelado virtual es particularmente útil para gestionar operaciones complejas, mientras que estudios recientes documentan su aplicación en entornos portuarios y de transporte para optimizar flujos y gestionar cuellos de botella (Zaidi et al., 2024).

Sin embargo, la adopción de gemelos digitales sigue concentrada entre los grandes operadores logísticos con acceso a recursos tecnológicos avanzados y financiamiento suficiente. En el contexto latinoamericano, la evidencia empírica de su aplicación es todavía limitada, revelando una brecha en la literatura y una oportunidad para investigaciones futuras.

A nivel regional, los estudios sobre América Latina destacan experiencias de modernización logística que combinan la adopción tecnológica con reformas institucionales. (Calatayud &

Montes, 2021) sostienen que los países que han integrado políticas públicas orientadas a la digitalización, como las Ventanillas Únicas para el comercio exterior y el reconocimiento legal de los documentos electrónicos, junto con la inversión privada en tecnología, muestran avances significativos en competitividad. No obstante, la región se caracteriza por una marcada heterogeneidad, mientras algunas economías han incorporado la digitalización como un eje central de su estrategia logística, otras continúan enfrentando deficiencias en infraestructura, financiamiento y capacitación de capital humano.

En conjunto, el estado del arte sugiere que, en el contexto de América, el principal desafío no radica en la falta de tecnologías disponibles, sino en la capacidad de adaptar, escalar y articular soluciones ya probadas en diferentes niveles de desarrollo, como los modelos de optimización basados en IA y algoritmos genéticos validados empíricamente en entornos reales de gestión empresarial (Mao, 2025). Las revisiones integradoras coinciden en que la principal contribución futura de la investigación no reside en desarrollar nuevas tecnologías, sino en la evaluación comparativa de su impacto real a través de diferentes contextos económicos y niveles de desarrollo (Nguyen et al., 2025). El periodo 2020-2025 se caracteriza por una expansión de los estudios comparativos y aplicados, aunque persiste la necesidad de más evidencia empírica sobre los impactos reales de estas herramientas en cadenas de suministro específicas. Los trabajos revisados coinciden en que el éxito de la transformación digital dependerá del equilibrio entre la innovación tecnológica, el fortalecimiento institucional y el desarrollo de la capacidad humana en el comercio exterior del continente.

2. Metodología

Esta investigación se desarrolló a través de una revisión sistemática de la literatura, cuyo propósito fue identificar, analizar y sintetizar estudios científicos relacionados con la aplicación de tecnologías emergentes en la optimización de las cadenas de suministro en el comercio exterior de América durante el periodo 2020-2025, considerando sus implicaciones para el sector público, el sector privado y el derecho aduanero.

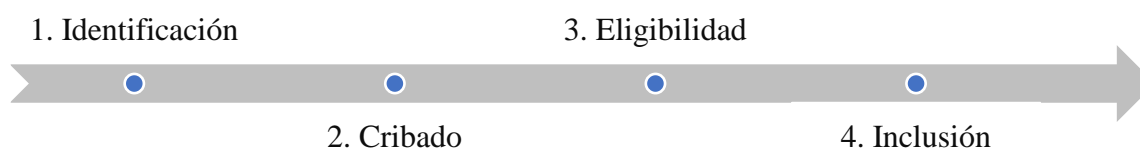
Con el fin de garantizar la transparencia, el rigor metodológico y la reproducibilidad, se adoptaron las directrices establecidas en la declaración PRISMA 2020 (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), actualizada por Matthew J. Page et al. (2021). Esta guía proporcionó criterios estructurados para la identificación, selección,

evaluación y síntesis de estudios en revisiones sistemáticas. La metodología se estructuró en cuatro fases:

1. Identificación: Búsqueda inicial de registros en bases de datos digitales (Scopus, Web of Science, etc.) utilizando cadenas booleanas definidas, seguida de la eliminación de entradas duplicadas.
2. Cribado: Evaluación preliminar de títulos y resúmenes para filtrar estudios irrelevantes basados en criterios de inclusión y exclusión establecidos.
3. Elegibilidad: Análisis crítico de los artículos a texto completo para asegurar que cumplen con los requisitos técnicos y temáticos, documentando las razones específicas de cualquier exclusión en esta etapa.
4. Inclusión: Selección final de los estudios que proporcionan los datos cualitativos y cuantitativos necesarios para la síntesis y el cumplimiento de los objetivos de la investigación.

Todas las etapas se ejecutaron de acuerdo con el modelo PRISMA.

Figura 1
Las Fases de la Metodología PRISMA



Nota: Adaptado de “The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews” por Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). In *The BMJ* (Vol. 372). BMJ Publishing Group. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>

2.1 Estrategia de Búsqueda

La identificación del material bibliográfico se llevó a cabo mediante un protocolo riguroso en bases de datos académicas de alto impacto, específicamente Scopus y Web of Science. Estas plataformas fueron seleccionadas debido a su indexación especializada de literatura revisada por pares en comercio internacional, logística, tecnologías emergentes y legislación aduanera. Este enfoque de bases de datos múltiples garantiza la captura de la producción científica global manteniendo la calidad académica requerida para un mapeo sistemático.

La búsqueda fue diseñada para abordar la consulta central de la investigación: ¿Cómo contribuyen las tecnologías emergentes a la optimización de las cadenas de suministro en el comercio exterior de América (2020-2025), y cuáles son sus implicaciones para la facilitación del comercio y la gestión aduanera?

2.1.1. Pilares Conceptuales y Categorización de Palabras Clave

Para localizar estudios relevantes, se emplearon combinaciones de palabras clave en inglés y español utilizando operadores booleanos (AND, OR) para ampliar y refinar los resultados.

Los términos de búsqueda primarios considerados incluyen:

1. Optimización de la Cadena de Suministro (Supply Chain Optimization)
2. Tecnologías Emergentes (Emerging Technologies)
3. Comercio Exterior (Foreign Trade)
4. Comercio Internacional (International Trade)
5. Derecho Aduanero (Customs Law)
6. Facilitación del Comercio (Trade Facilitation)
7. Digitalización Logística (Logistics Digitalization)
8. Blockchain
9. Inteligencia Artificial (Artificial Intelligence)
10. Internet de las Cosas (Internet of Things)
11. Gemelos Digitales (Digital Twins)
12. Big Data

Para garantizar un alto grado de precisión y replicabilidad, estos términos de búsqueda se organizaron en tres pilares conceptuales fundamentales (A, B y C). Cada pilar integra palabras clave estandarizadas en inglés y español, utilizando operadores booleanos para expandir o refinar los resultados:

- Pilar A (Tecnologías Emergentes): Esta dimensión abarca las herramientas digitales centrales de la Cuarta Revolución Industrial. La cadena de búsqueda integró términos como "Artificial Intelligence" OR "Blockchain" OR "Internet of Things" OR "IoT" OR "Big Data" OR "Digital Twins".
- Pilar B (Optimización Logístico-Comercial): Este pilar se centra en la aplicación funcional de la tecnología dentro del comercio. Incluye palabras clave como "Supply Chain Optimization" OR "Logistics" OR "Trade Facilitation" OR "Customs Management" OR "International Trade".

- Pilar C (Contexto Geográfico): Para alinearse con el alcance de la investigación, los resultados se restringieron al contexto regional utilizando términos como "Americas" OR "Latin America" OR "North America".

2.1.2. Ecuaciones Booleanas y Replicabilidad

La integración de estos pilares se ejecutó a través de ecuaciones booleanas estructuradas, asegurando que los estudios seleccionados abordaran simultáneamente las dimensiones tecnológica, operativa y regional. Dentro de cada pilar conceptual, se empleó el operador OR para capturar sinónimos y términos relacionados, mientras que el operador AND se utilizó para intersectar los tres pilares.

Por ejemplo, las ecuaciones de búsqueda primarias aplicadas fueron:

("Artificial Intelligence" OR "AI" OR "Blockchain" OR "Internet of Things" OR "IoT" OR "Big Data" OR "Digital Twins") AND ("Supply Chain Optimization" OR "Supply chain" OR "international trade") AND ("Americas" OR "Latin America" OR "North America")

Y / O

("Artificial Intelligence" OR "Blockchain" OR "IoT") AND ("International Trade" OR "Customs" OR "Trade Facilitation")

Las ecuaciones equivalentes fueron traducidas y ejecutadas en español para capturar evidencia regional dentro de revistas indexadas latinoamericanas, mitigando así el sesgo lingüístico que suele encontrarse en las revisiones sistemáticas globales. Esta metodología estructurada dio como resultado un universo inicial exacto de 7,586 registros, que sirvieron de base para las fases posteriores de cribado y elegibilidad.

2.2 Criterios de Inclusión y Exclusión

Para garantizar la consistencia temática y la calidad metodológica del mapeo sistemático, se estableció un conjunto de criterios de inclusión y exclusión predefinidos. Estos parámetros permitieron filtrar los 7,586 registros iniciales hasta la muestra analítica final, asegurando que cada estudio seleccionado contribuyera directamente a los objetivos de la investigación.

2.2.1. Criterios de Inclusión

Solo se consideraron para el análisis final los documentos que cumplieran con los siguientes requisitos en su totalidad. Se priorizó la relevancia temática, apuntando específicamente a artículos científicos originales, revisiones sistemáticas y estudios de caso que analizan la implementación de tecnologías emergentes como inteligencia artificial, blockchain, IoT, big data o gemelos digitales con un impacto demostrable en la optimización de la cadena de suministro internacional.

Además, la investigación requería un enfoque regulatorio y comercial claro, vinculando la adopción tecnológica con la facilitación del comercio, el derecho aduanero y la gestión de riesgos en operaciones transfronterizas. La delimitación temporal se restringió a publicaciones indexadas entre enero de 2020 y diciembre de 2025, periodo que abarca la aceleración digital pospandemia y las tendencias tecnológicas más contemporáneas. Geográficamente, el alcance se limitó a mercados dentro de América (América del Norte, Central, del Sur y el Caribe) o análisis comparativos que incluyeran al menos una economía de la región. Finalmente, la calidad académica se aseguró seleccionando solo documentos revisados por pares disponibles en texto completo, ya sea en inglés o español.

2.2.2. Parámetros de Exclusión

Por el contrario, se realizó un proceso de exclusión manual para los registros que presentaban características desviadas de los objetivos de la investigación. Estos incluyeron estudios centrados exclusivamente en logística doméstica, comercio minorista local o procesos de fabricación interna sin una conexión verificable con el comercio exterior.

Adicionalmente, se descartaron los registros que mostraban inconsistencia en el alcance tecnológico, como aquellos que analizaban aspectos puramente financieros de las tecnologías (por ejemplo, especulación con criptomonedas o desarrollos teóricos de ciencias de la computación sin aplicación práctica en la cadena de suministro). La revisión también omitió la "literatura gris", incluyendo editoriales, piezas de opinión, blogs o documentos que carecieran de respaldo institucional o metodológico verificable. Finalmente, se abordó la duplicidad técnica eliminando los registros identificados simultáneamente en las bases de datos Scopus y Web of Science (n = 21).

2.2.3. Proceso de Validación y Refinamiento de la Muestra

La transición desde la identificación masiva hasta la selección final se ejecutó mediante un proceso de "embudo" basado en la revisión manual del investigador, descartando explícitamente el uso de herramientas de automatización externas para garantizar la precisión del criterio experto. Tras la fase de cribado de 143 resúmenes, se evaluó la elegibilidad de 133 informes a texto completo.

La aplicación de los criterios de exclusión resultó en la eliminación de 36 documentos, principalmente debido a la falta de alineación con el contexto geográfico de América (n=20) o la ausencia de un impacto verificable en la gestión aduanera (n=11). Este proceso de refinamiento sistemático permitió la consolidación de un corpus final de 97 artículos para el mapeo bibliométrico y una submuestra de 41 estudios de alto impacto para la síntesis cualitativa del informe final.

2.3 Proceso de Selección de Estudios

La selección del corpus analítico se ejecutó a través de un protocolo riguroso de cuatro etapas, adhiriéndose estrictamente a la declaración PRISMA 2020 (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses). Este marco metodológico fue adoptado para asegurar la transparencia, trazabilidad y reproducibilidad científica de los resultados. Al seguir este enfoque por fases, la investigación transitó de una amplia identificación bibliométrica a una selección especializada de evidencia empírica de alto impacto.

2.3.1. Identificación y Filtración Automatizada

Durante la Fase de Identificación, la ejecución de las ecuaciones de búsqueda booleana estructuradas en las bases de datos Scopus y Web of Science arrojó un total exacto de 7,586 registros. Para alinear este universo inicial con los objetivos de la investigación, se aplicaron filtros internos de las bases de datos para priorizar artículos revisados por pares publicados entre 2020 y 2025. Durante esta etapa, se identificaron y eliminaron 21 registros duplicados mediante software de gestión bibliográfica. Además, se excluyeron 7,422 registros a través de parámetros automatizados relacionados con el tipo de documento y áreas temáticas no relevantes, como informática puramente teórica, medicina clínica o ingeniería ambiental, que no se cruzaban con el enfoque comercial-logístico del estudio.

2.3.2. Cribado y Evaluación Manual

La Fase de Cribado implicó una evaluación manual exhaustiva de 143 resúmenes para verificar su intersección temática con las tecnologías emergentes y la optimización del comercio internacional. Esta revisión experta fue crítica para asegurar que las "tecnologías emergentes" mencionadas en los títulos se aplicaran específicamente a la eficiencia de la cadena de suministro y no a campos no relacionados. Tras esta revisión, se descartaron 10 registros por no abordar los pilares logístico-comerciales específicos de la investigación. Este proceso resultó en un total definitivo de 133 informes buscados para su recuperación y evaluación de elegibilidad a texto completo.

2.3.3. Evaluación de Elegibilidad y Exclusión Técnica

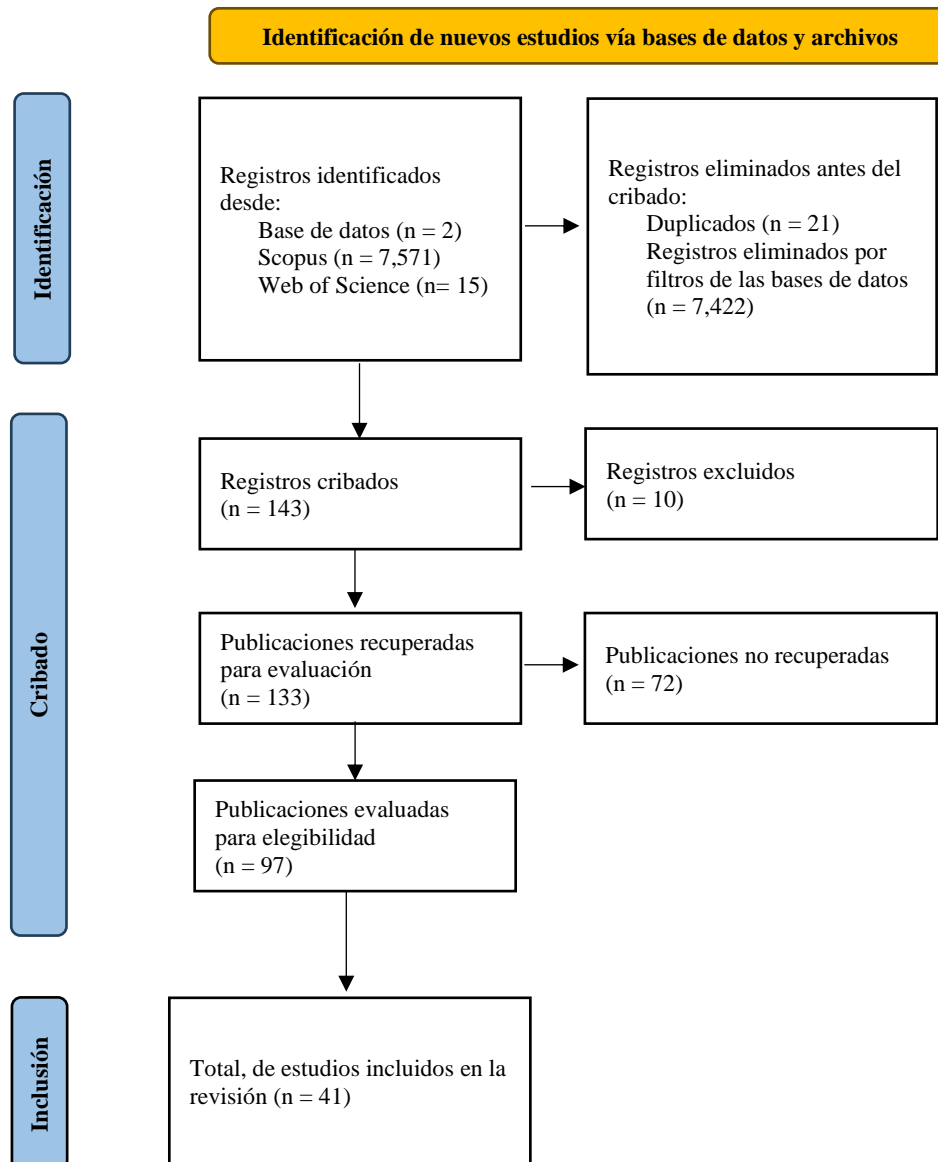
En la Fase de Elegibilidad, se realizó una lectura técnica de los 133 documentos a texto completo. Esta etapa se llevó a cabo manualmente para eliminar los sesgos o inexactitudes inherentes a las herramientas de síntesis automatizadas. Esta evaluación crítica condujo a la exclusión sistemática de 36 estudios que no cumplieron con los criterios especializados de la investigación. Específicamente, la depuración resultó en la exclusión de 20 documentos debido a un enfoque geográfico fuera del alcance continental de América, se eliminaron 11 artículos por poseer una orientación de TI puramente técnica sin implicaciones comerciales o aduaneras, y 5 documentos fueron excluidos basándose en limitaciones lingüísticas.

2.3.4. Inclusión Final y Mapeo de Síntesis

Finalmente, la Fase de Inclusión consolidó un corpus definitivo de 97 artículos validados para la Matriz de Mapeo Sistemático. Para proporcionar la profundidad analítica requerida para el informe final, se designó un subconjunto especializado de 41 estudios de alto impacto para la Síntesis Cualitativa. Esta selección final garantiza que las conclusiones de la investigación se fundamenten en la evidencia empírica más robusta disponible actualmente dentro del panorama científico de América, cerrando eficazmente la brecha entre la innovación tecnológica y la modernización aduanera.

Figura 2

Diagrama de Flujo del Proceso de Selección de Estudios Según PRISMA 2020



Nota: Adaptado de “The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews” por Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). In *The BMJ* (Vol. 372). BMJ Publishing Group. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>

2.3.5. Inclusión Final y Mapeo de Síntesis

El procesamiento y la síntesis del corpus bibliográfico validado se llevaron a cabo mediante un sistema de matrices de etapas múltiples, diseñado para transformar la evidencia cualitativa en tendencias cuantificables. Esta etapa metodológica priorizó una categorización manual impulsada por expertos para garantizar la precisión técnica y la profundidad analítica. La sistematización se estructuró en tres niveles incrementales de análisis.

2.4. Matriz de Extracción Técnica y Normalización

La etapa analítica primaria consistió en la construcción de una Matriz de Extracción Técnica, en la cual cada uno de los 41 artículos validados fue catalogado de acuerdo con tres pilares fundamentales de investigación: Pilar A (Tecnologías Emergentes), Pilar B (Procesos Logístico-Comerciales) y Pilar C (Contexto Geográfico). Para asegurar la normalización de los datos y facilitar el mapeo bibliométrico de alto nivel, se empleó un sistema de codificación binaria (0 y 1). Esto permitió la identificación de patrones de frecuencia y el dominio tecnológico de herramientas específicas, como la Inteligencia Artificial y el Big Data, dentro del panorama comercial regional de América. Esta matriz sirvió como el instrumento principal para cuantificar el estado actual de la adopción tecnológica y su distribución en diferentes sectores industriales.

2.5. Correlación Cruzada y Síntesis Temática

La etapa secundaria utilizó un Análisis de Matriz Cruzada para identificar las correlaciones funcionales entre tecnologías específicas y sus beneficios operativos en la facilitación del comercio. Al cruzar las herramientas tecnológicas del Pilar A con los resultados comerciales del Pilar B, tales como la reducción de los tiempos de despacho aduanero y la mejora de la trazabilidad documental, fue posible identificar correlaciones sólidas y brechas de conocimiento críticas. Este proceso de correlación manual fue esencial para ir más allá de un resumen descriptivo y proporcionar una evaluación técnica de cómo las tecnologías emergentes mitigan cuellos de botella específicos en las cadenas de suministro internacionales.

2.6 Síntesis Cualitativa e Implicaciones Institucionales

La etapa final del análisis se concentró en un subconjunto especializado de 41 estudios de alto impacto. Esta fase se centró en una síntesis cualitativa profunda para abordar las subpreguntas relacionadas con las barreras institucionales, la brecha de talento humano y los desafíos regulatorios inherentes a la digitalización de las aduanas. Este enfoque analítico de tres niveles garantizó que los hallazgos no fueran simplemente una colección de puntos de datos, sino un cuerpo de evidencia cohesivo capaz de sustentar las conclusiones posteriores de la investigación y proporcionar recomendaciones accionables para la modernización de los procesos de comercio exterior en la región.

3. Resultados

La siguiente sección presenta los hallazgos derivados de la aplicación sistemática de la metodología PRISMA 2020, ejecutada sobre un corpus final de 41 artículos académicos de alto impacto consolidados tras el cribado de 7,586 registros iniciales. Este proceso permitió la identificación, organización y sistematización técnica de las principales variables tecnológicas y operativas que rigen la optimización de la cadena de suministro en América durante el periodo 2020–2025.

3.1 Materiales y Ecosistema de Investigación Digital

A diferencia de las revisiones descriptivas tradicionales, este estudio integró un ecosistema digital especializado para asegurar una trazabilidad metodológica absoluta. Se utilizó Microsoft Excel para construir una matriz de extracción de datos multidimensional, que sirvió como repositorio estructural de la investigación, esto permitió la organización de variables que incluyen la madurez tecnológica, el contexto geográfico y el impacto operativo. Este marco robusto facilitó la transición de metadatos brutos a inteligencia logística estratégica, asegurando que cada resultado esté anclado en un proceso de selección verificable y transparente.

3.2 Ejecución y Cribado Cuantitativo

La fase de ejecución se caracterizó por un proceso de filtrado en múltiples etapas diseñado para aislar la evidencia científica más relevante de las bases de datos Scopus y Web of Science. Respecto a la naturaleza tecnológica de los estudios identificados, el análisis indica que el Big Data actúa como el principal catalizador de la innovación, figurando en el 80.49 % de la literatura revisada, mientras que la tecnología de Inteligencia Artificial representa el 41.46 % del enfoque científico. Estas dos tecnologías consolidan actualmente una parte significativa de la evidencia contemporánea sobre la modernización de las cadenas de suministro globales. Además, el proceso de filtrado sistemático garantizó que el 100 % de las fuentes seleccionadas sean publicaciones académicas revisadas por pares, afirmando así el rigor empírico y la calidad científica del corpus analizado dentro del campo del Comercio Internacional.

3.3 Identificación Tecnológica y Análisis de Frecuencia (Pilar A)

Dentro de los factores tecnológicos que influyen en la optimización de las cadenas de suministro, el factor que más destaca es Big Data y Analítica Avanzada, principalmente

como una infraestructura fundacional para la toma de decisiones, con una mención en el 80.49 % de los documentos, es decir, fue mencionado 34 veces entre los 41 documentos analizados y sistematizados. El siguiente factor que influye en la transición digital es la Inteligencia Artificial (IA), con una mención en el 41.46 % de los documentos, la cual es utilizada para el modelado predictivo de la demanda y la gestión de riesgos. A esto le sigue el factor de la tecnología Blockchain con una mención en el 39.02 % del total de documentos y el factor de Internet de las Cosas (IoT) con un total de 26.83 % en todos los documentos analizados, lo que demuestra que estas son tecnologías utilizadas de manera complementaria para asegurar la trazabilidad y la integridad de la carga. El factor menos mencionado en esta categoría fue el de Gemelos Digitales, con un total de 0 menciones entre todos los documentos, lo cual es una cifra significativamente baja en comparación con los demás y resalta una brecha en la investigación regional actual.

3.4 Barreras Estructurales y Fricciones Institucionales (EC2)

Ahora bien, además de la identificación tecnológica, también se deben considerar las barreras estructurales que influyen en el éxito de estas implementaciones, de entre las cuales el factor Brecha de Talento Humano es el más mencionado entre los documentos analizados, estando presente en 36 de los 41 documentos sistematizados, lo que representa una cifra considerable e importante a tener en cuenta, ya que sugiere que la escasez de personal especializado es una barrera más crítica que la tecnología en sí misma. A esto le sigue el factor de Costos de Implementación con una mención en 35 de los documentos, seguido por el factor de Vacíos Legales y Regulatorios con 19 menciones, el cual es tomado desde la perspectiva de que la falta de legislación armonizada impide la validez jurídica de los documentos digitales en las operaciones transfronterizas. El factor de Limitaciones de Infraestructura sigue con una frecuencia menor, pero se mantiene como un factor externo relevante en cuanto a la capacidad física de los puertos y aduanas para albergar nuevas tecnologías.

3.5 Impacto Operativo y Cumplimiento Normativo (EC3)

Respecto a la manera en que la tecnología contribuye al desarrollo de cadenas de suministro competitivas, existen dos factores mencionados casi el mismo número de veces: Resiliencia y Gestión de Riesgos y Eficiencia Operativa, con 40 y 31 menciones respectivamente. En lo que se refiere a Resiliencia y Gestión de Riesgos, esta se encuentra profundamente ligada a la capacidad de asegurar la continuidad frente a disrupciones globales. Respecto al factor de

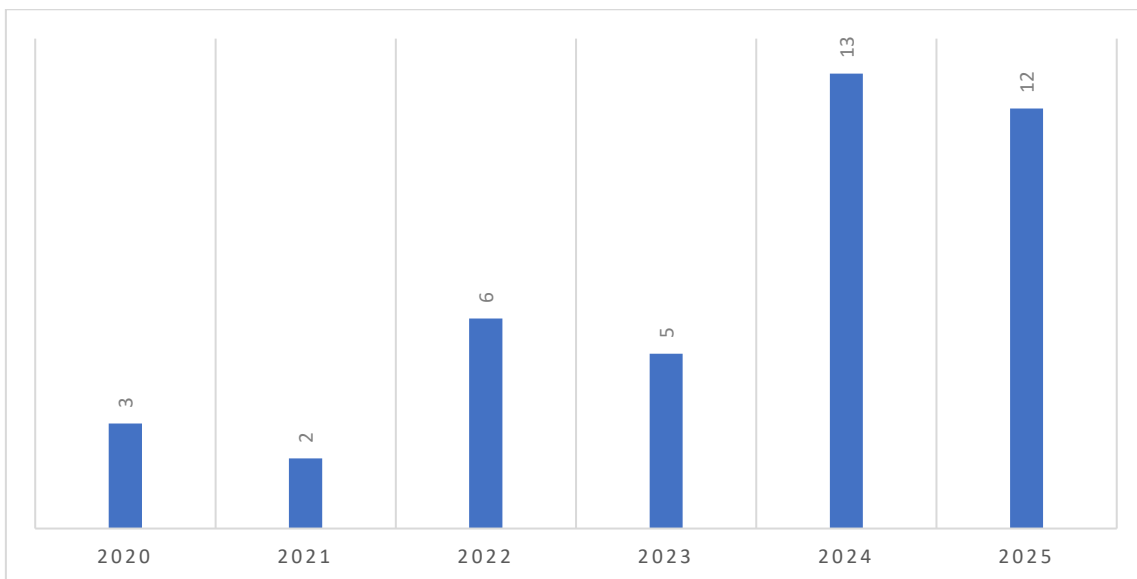
Eficiencia Operativa, este abarca desde la reducción de los tiempos de entrega (lead times) hasta la optimización de los gastos administrativos. Innovación y Trazabilidad es un factor que se utiliza para ampliar horizontes y conocimientos dentro del sector, con un total de 25 menciones. Por otro lado, el factor menos mencionado entre los documentos analizados es el de Economías de Escala, el cual contribuye a la competitividad pero es mencionado con menor frecuencia en el contexto de las tecnologías digitales emergentes.

3.6 Análisis de Correlación de Matriz Cruzada (Figuras 3, 4, 5 y 6)

Para una comprensión integral del fenómeno estudiado y de las variables con mayor incidencia, se realizó un análisis de matriz cruzada cuyos resultados se sintetizan en las Figuras 3, 4, 5 y 6. En primera instancia, la Figura 3 permite contextualizar la vigencia de los datos, mostrando la distribución cronológica de los documentos analizados:

Figura 3

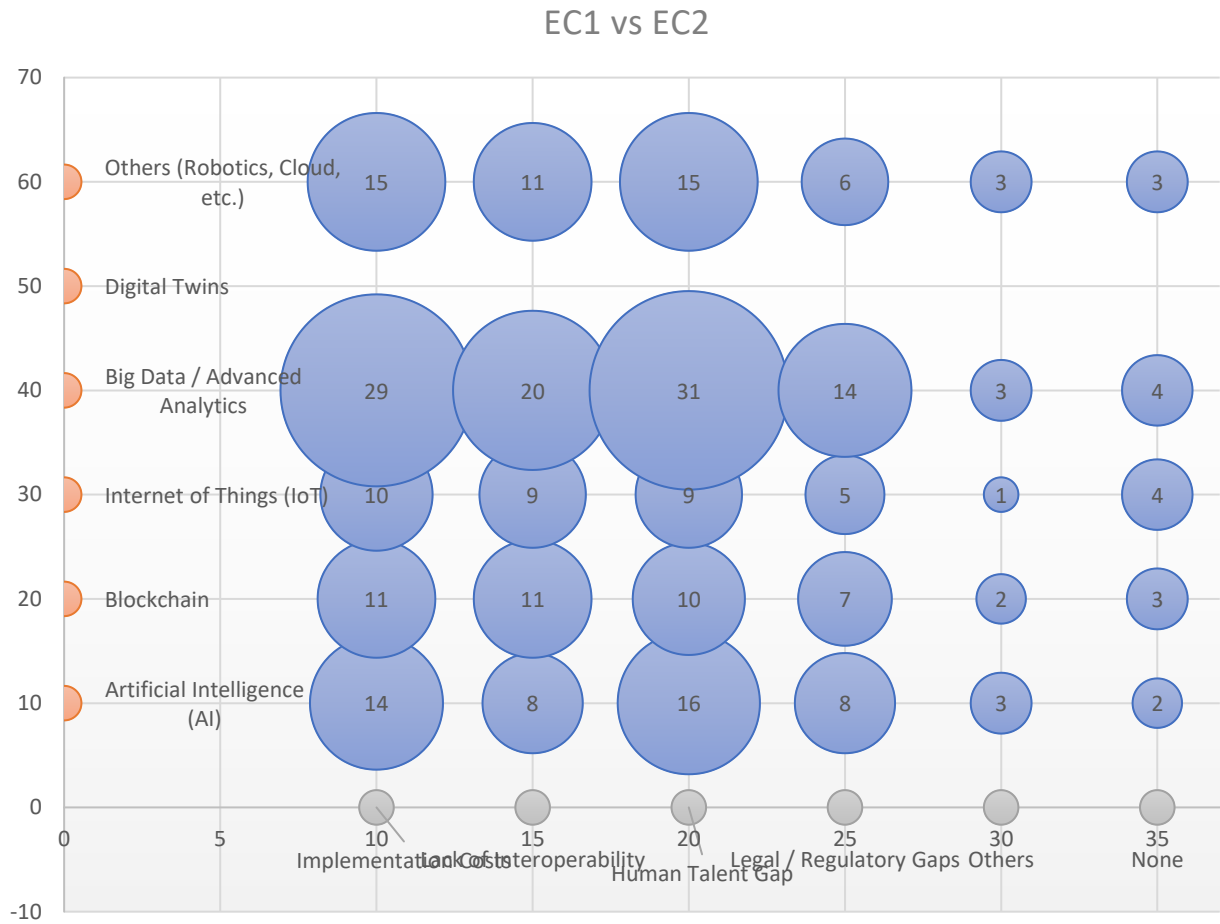
Distribución de Años de Publicación de Artículos



Nota: Esta figura detalla el crecimiento en la producción académica sobre el tema, destacando que el 59% de la muestra se concentra entre los años 2024 y 2025, lo que garantiza la actualidad de la investigación.

Tras establecer el marco temporal, se procedió al análisis de co-ocurrencia mediante matrices cruzadas, cuyos resultados se detallan a continuación:

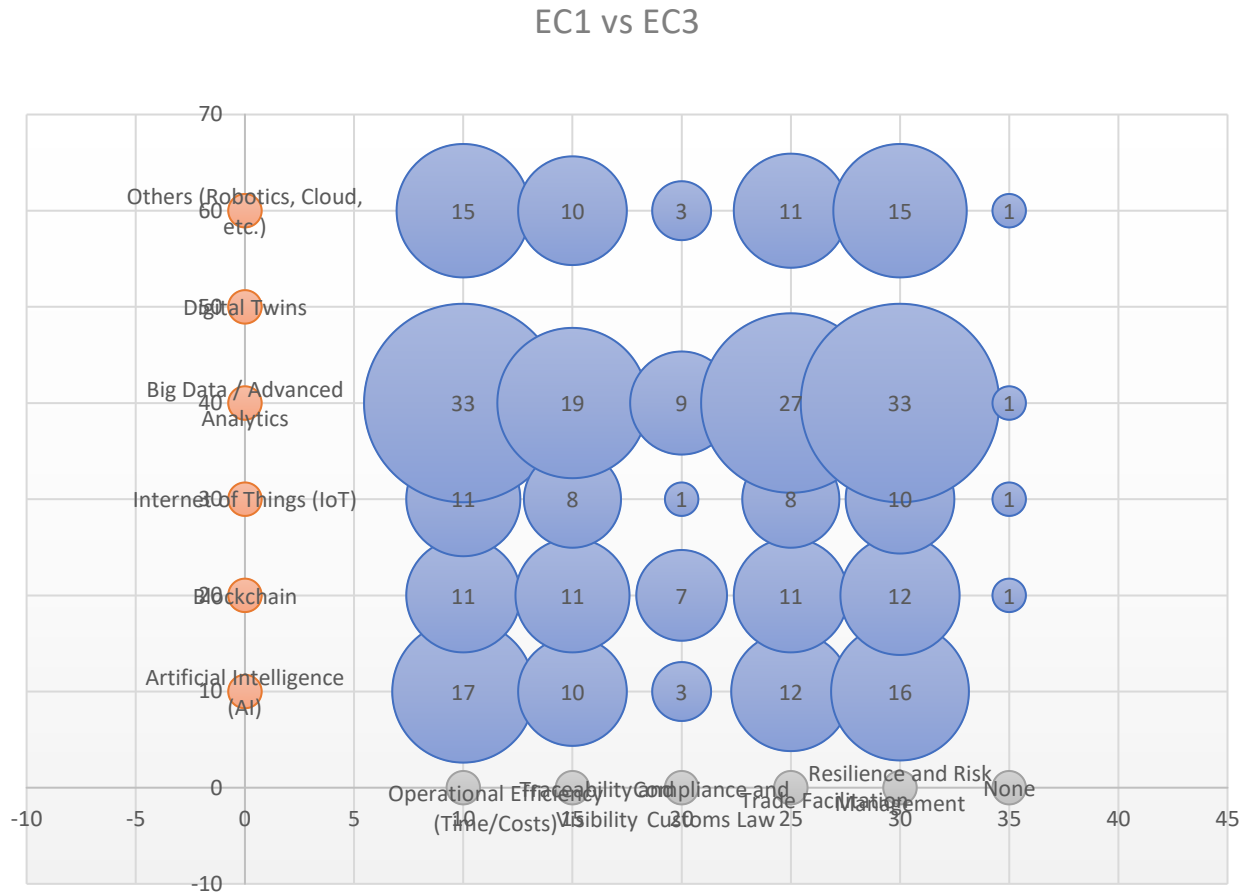
Figura 4
Comparación EC1 y EC2: Tecnologías y Barreras Estructurales



Nota: Esta figura muestra gráficamente la intersección entre los criterios: tecnologías identificadas (EC1) y barreras estructurales (EC2) como variables de competitividad

Esta figura muestra dónde se realiza la comparación entre tecnologías y barreras estructurales, encontramos que Big Data y Analítica Avanzada junto con la Brecha de Talento Humano es el cruce más repetido con un total de 31 artículos que hablan de ambos criterios, seguido por Big Data y Costos de Implementación con 29 artículos. Después de eso, tenemos la Inteligencia Artificial junto con la Brecha de Talento Humano con 16 artículos que tratan ambos temas. Por otro lado, los criterios que menos se cruzaron fueron Blockchain con Limitaciones de Infraestructura, con un total de 8 artículos.

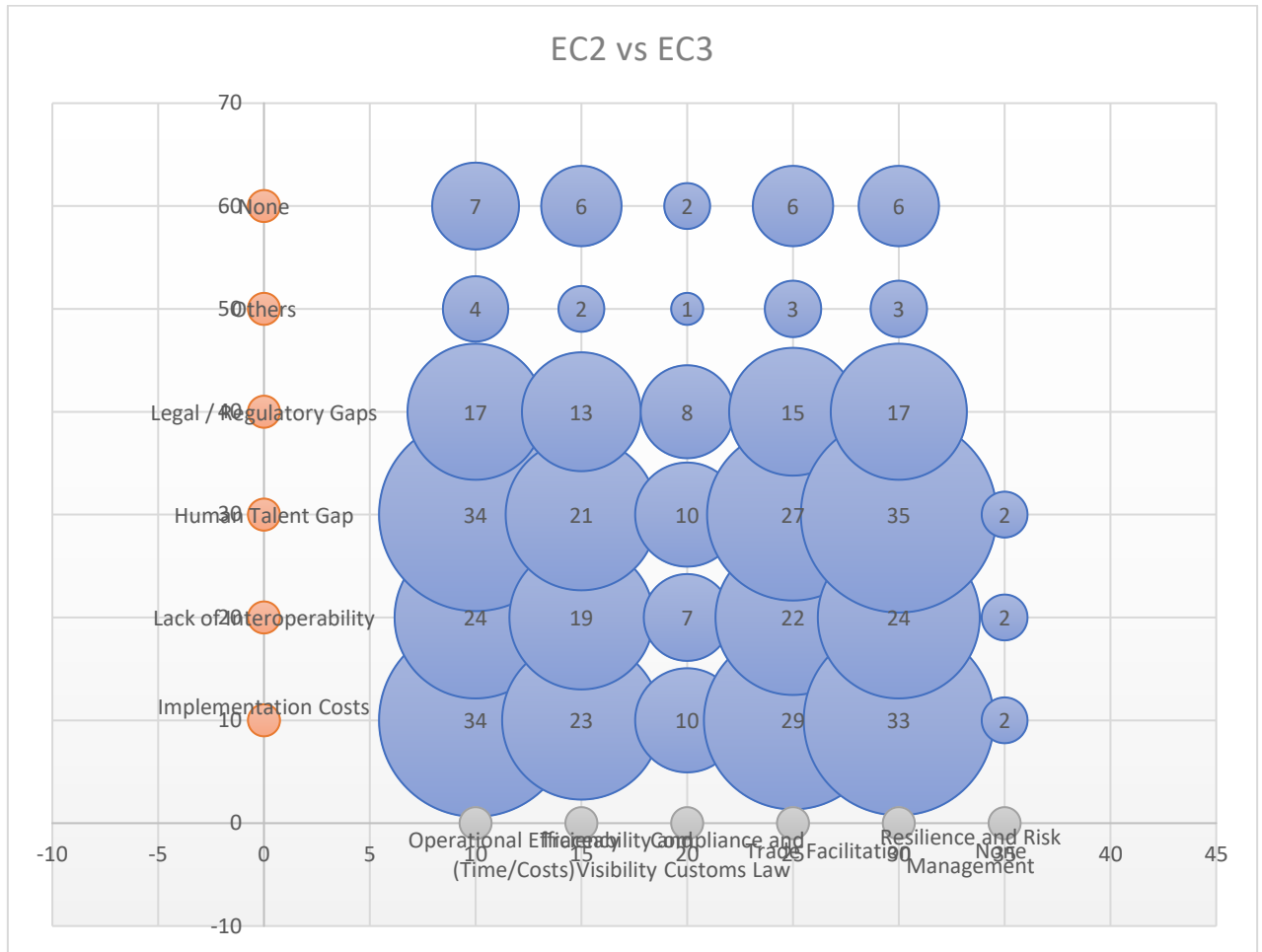
Figura 5
Comparación EC1 y EC3: Tecnologías e Impacto Operativo



Nota: Esta figura muestra gráficamente la intersección entre los criterios: tecnologías identificadas (EC1) e impacto operativo (EC3) como variables de competitividad

Tras los resultados presentados en la Figura 5, podemos informar que el cruce más reiterado entre las tecnologías y la motivación para su implementación fue Big Data junto con Resiliencia y Gestión de Riesgos con un total de 33 artículos que mencionan ambos temas, el segundo cruce más repetido fue Big Data con Eficiencia Operativa, contando también con 34 cruces. En tercer lugar, tenemos la Inteligencia Artificial con Resiliencia y Gestión de Riesgos con 16 artículos. Mientras tanto, los criterios que menos veces se cruzaron fueron Blockchain con Cumplimiento y Derecho Aduanero, que se presentó únicamente 7 veces.

Figura 6
Comparación EC2 y EC3: Barreras e Impacto Operativo



Nota: Esta figura muestra gráficamente la intersección entre los criterios: barreras estructurales (EC2) e impacto operativo (EC3) como variables de competitividad.

Los datos presentados en la Figura 6, que comprende la intersección de las barreras y el impacto en la cadena de suministro, indican que los criterios que más veces se cruzaron en un mismo artículo fueron la Brecha de Talento Humano junto con Resiliencia y Gestión de Riesgos, con un total de 35 menciones de ambos criterios en los 41 documentos analizados, seguidos muy de cerca por los Costos de Implementación con Resiliencia y Gestión de Riesgos con 34 cruces. Después de eso, tenemos los Vacíos Legales y Regulatorios junto con la Trazabilidad con 13 intersecciones. Esto demuestra que, mientras se busca mejorar la resiliencia, se debe tener en cuenta el factor humano y el costo económico, los cuales marcarán una diferencia significativa.

3.7 Patrones Geográficos y Metodológicos (Pilar C)

Los datos presentados en la Figura 6, que comprende la intersección de los pilares tecnológicos identificados y su impacto en las barreras estructurales del comercio internacional, indican que los criterios que más frecuentemente se cruzaron en el mismo artículo fueron la Brecha de Talento Humano junto con Resiliencia y Gestión de Riesgos, con un total de 36 menciones de ambos criterios a lo largo de los 41 documentos analizados. Esto es seguido muy de cerca por el cruce de Costos de Implementación con Resiliencia y Gestión de Riesgos, que presentó 36 intersecciones y después de eso, tenemos una presencia significativa del pilar de Big Data cruzándose con la Eficiencia Operativa, arrojando 31 menciones compartidas en el corpus sistematizado. Siguiendo los cruces más representativos pero menos comunes, encontramos la intersección entre los Vacíos Legales y Regulatorios y la Trazabilidad, apareciendo 22 veces en el mismo documento, muy cerca se encuentra el cruce entre la Inteligencia Artificial y el Cumplimiento Aduanero, que presentó un total de 11 intersecciones.

Entre otros criterios cruzados importantes, la evidencia también muestra la intersección del Internet de las Cosas (IoT) con la Trazabilidad y Visibilidad, alcanzando 8 menciones, y el criterio de Blockchain con Resiliencia, que presentó 13 menciones. Esto demuestra que, si bien es fundamentalmente importante buscar o explotar las oportunidades tecnológicas para el seguimiento de la carga y la integridad de los datos, se debe tener en cuenta la "brecha de talento" dentro de cada uno de los países y también los altos costos de implementación que marcarán una diferencia significativa, pero esto sin dejar de lado la necesidad de contar con los recursos y capacidades requeridos para hacer efectiva la digitalización de la cadena de suministro en América.

Respecto a los criterios cruzados con las metodologías aplicadas en cada uno de los estudios, destaca el Análisis Regional o por País cuando se cruza con los factores de Big Data y Talento Humano. Esto demuestra que, en la mayoría de los documentos, se realiza un análisis de un país específico, de varios países o de América en general como región. Este cruce es predecible debido al gran número de documentos que aplican este tipo de metodología en sus estudios al momento de cruzarse con otros criterios y sin embargo, también debe mencionarse que otra metodología predominante es la Revisión Sistemática de la Literatura cruzada con los criterios de Blockchain y Derecho Aduanero, lo que refuerza una vez más la evidencia de la importancia de ambos criterios en la decisión de modernizar las operaciones logísticas internacionales.

Entre los criterios cruzados que menos se han mencionado se encuentran los criterios de Gemelos Digitales y Vacíos Legales/Regulatorios, con 0 menciones, los criterios de IoT y Economías de Escala, con 8 menciones y los factores de Limitaciones de Infraestructura y Trazabilidad con 8 menciones. Siguiendo el reporte cuantitativo, estos son los criterios que menos se han mencionado en general entre todos los documentos analizados y sistematizados, pero esto no significa que sean innecesarios o carezcan de importancia, sino que actualmente no existe mucha literatura científica o evidencia empírica respecto a estas intersecciones específicas en la región.

3.8. Síntesis Teórico-Empírica de la Literatura Sistematizada

En cuanto al análisis de los estudios centrados en el factor de integración tecnológica dentro de las redes logísticas globales, Machkour et al. (2026) afirma que el entorno digital es de suma importancia, ya que la resiliencia del transporte multimodal sostenible está directamente marcada por la sinergia entre la Inteligencia Artificial y el Blockchain. Este estudio destaca que la convergencia de estas herramientas permite la creación de una "arquitectura de confianza" que es esencial para mitigar las disrupciones evidenciadas durante las recientes crisis globales. Dentro de las empresas, se recomienda que la alta gerencia sea responsable del diseño de políticas que fomenten la adopción de tecnologías de la Industria 4.0, asegurando que no sean vistas como herramientas aisladas sino como habilitadores estratégicos de la competitividad internacional.

López-Pimentel et al. (2022) afirma además que, dentro de los factores internos de las empresas que fomentan la transformación digital, el uso de Blockchain y Big Data es de gran relevancia, ya que permiten la trazabilidad dentro de escenarios logísticos complejos y la optimización de los flujos físicos antes de que sean ejecutados. Esta perspectiva teórica se ve reforzada por aplicaciones prácticas en la región, como la investigación realizada sobre las cadenas de suministro de aguacate (2022-2024), que demuestra que la orientación hacia la innovación y el uso de contratos inteligentes (smart contracts) basados en Blockchain son recursos esenciales. Estos permiten a las firmas competir en el mercado global al asegurar la autenticidad y la trazabilidad geográfica de los productos de exportación, particularmente en el sector agrícola donde la transparencia es una demanda primaria de los compradores internacionales.

En términos de los perfiles y la modernización de las entidades manufactureras, Aliyeva et al. (2025) menciona que para la optimización del comercio internacional, la adopción del Aprendizaje Automático (Machine Learning) y la analítica predictiva es el factor más

importante para ingresar y mantener una presencia en los mercados internacionales, destacando la conectividad de la "Ruta de la Seda Digital" entre China y América Latina como una nueva fase de integración transpacífica. Adicionalmente, Lange (2025) menciona que existen tres tipos de categorías de criterios para las empresas que buscan la integración 4.0, el potencial de visibilidad operativa a través de sensores IoT, el potencial financiero para la reducción de costos mediante la gestión automatizada de inventarios y el potencial emergente de la Industria 5.0, que enfatiza un enfoque centrado en el ser humano que busca equilibrar la automatización de alta tecnología con el desarrollo de talento especializado y prácticas sostenibles.

Asimismo, el desarrollo de ventajas competitivas a través de la Inteligencia de Negocios (Business Intelligence) se considera clave para la optimización de la cadena de suministro del comercio exterior, para lo cual Mao (2025) menciona que la utilización de Algoritmos de Enjambre de Physarum Artificial y modelos de distribución impulsados por IA permite una reducción radical en los tiempos de entrega logísticos y los costos de transporte. Sin embargo, la literatura también reconoce la complejidad de esta implementación, Natesh Kumar (2025) menciona que esto se complica significativamente en el contexto latinoamericano debido al "binomio de complejidad", donde la Brecha de Talento Humano y los modelos heterogéneos de desarrollo de infraestructura crean una barrera persistente.

En cuanto a la dimensión cultural, la investigación sugiere que, si bien la cultura organizacional interna, definida por una predisposición al aprendizaje y la innovación digital, es vital, la cultura externa no tiene un impacto significativo en la competitividad si los entornos geográficos e industriales no son debidamente abordados a través de la modernización institucional.

Además, la integración de IoT y Big Data para la predicción de materias primas y el monitoreo en tiempo real es destacada por Xia & Liu (2021) como un pilar fundamental para las "Redes Logísticas Inteligentes" de la próxima generación. Estas herramientas proporcionan una visibilidad integral de la cadena de suministro, permitiendo la detección temprana de cuellos de botella y desviaciones. No obstante, la literatura advierte que la adopción aislada de estas tecnologías no garantiza mejoras automáticas. Como sugieren Calatayud & Montes (2021), la efectividad de estas soluciones digitales depende directamente del reconocimiento legal de los documentos electrónicos, la implementación de sistemas de ventanilla única y la interoperabilidad entre los sistemas utilizados por las administraciones aduaneras públicas y los operadores logísticos privados. Esta integración permite mejorar la competitividad y la resiliencia, asegurando que las mercancías se muevan

de manera confiable y oportuna, incluso en contextos de alta complejidad regulatoria y riesgo logístico en toda América.

4. Discusión

Inicialmente, la investigación se basaba en la premisa de que se encontraría un respaldo robusto en la literatura científica que vinculara las tecnologías disruptivas, específicamente los Gemelos Digitales y el Blockchain, con una transformación inmediata en la eficiencia operativa y la transparencia dentro de los marcos aduaneros de América. Además, este estudio proponía que la digitalización serviría como el factor definitivo para superar las asimetrías infraestructurales de la región. Los resultados demuestran que, si bien existe una convergencia hacia la automatización, también hay una incidencia de barreras estructurales mucho más profundas de lo que se anticipó inicialmente, proporcionando una perspectiva crítica sobre la viabilidad técnica frente a la realidad institucional.

Respecto a la Inteligencia Artificial (IA) y el Big Data, que en la premisa inicial aparecían como los pilares primarios de la modernización, los resultados confirmaron su predominio con una incidencia del 41.46 % y 80.49 %, respectivamente. Autores como Kelly (2024) y Mao (2025) reconocen la utilidad de estos modelos para el pronóstico de la demanda y la optimización de rutas, enfatizando que la capacidad de procesamiento de datos es ahora el sistema nervioso del comercio global. Sin embargo, se encontró que la presencia de los Gemelos Digitales no alcanzó la relevancia esperada, con un total de 0 menciones en el corpus analizado para la región. Se considera que esta falta de representación se debe a la brecha de inversión y la complejidad técnica que requiere esta tecnología, la cual demanda una infraestructura de sensores (IoT) y un nivel de madurez digital que la mayoría de los operadores logísticos en América Latina aún no poseen, contrastando fuertemente con los avances evidenciados por Espinosa-Jaramillo (2024) en contextos económicos desarrollados.

En cuanto a los factores de resistencia identificados en la literatura, la Brecha de Talento Humano destaca con una presencia en 36 de los 41 documentos, lo que representa una cifra alarmante que incluso supera las preocupaciones sobre los costos de implementación. Este hallazgo se alinea con la perspectiva de Natesh Kumar (2025), quien resalta que la escasez de personal especializado en análisis de datos y gestión tecnológica constituye el principal cuello de botella para la competitividad regional. Del mismo modo, Poveda-Valverde (2025)

expone la necesidad de que los gobiernos y la academia implementen programas de capacitación que permitan a las PYMES adoptar la IA de manera responsable. Se puede concluir que la incidencia de esta barrera es notablemente alta, confirmando la expectativa inicial de que la tecnología por sí sola es insuficiente sin capital humano capaz de operarla, validando así la complejidad del binomio talento-tecnología.

Continuando con el análisis del Blockchain, este factor resultó estar moderadamente mencionado (29.27 %) en relación con la integridad documental y la facilitación del comercio. Kwitonda & Akumuntu (2024) discuten este factor resaltando que, si bien la tecnología garantiza la trazabilidad, su éxito depende estrictamente del cumplimiento normativo y la aceptación judicial de los registros digitales. Desde el principio, se consideró la seguridad de la carga como un factor clave, pero los resultados revelan que los Vacíos Legales y Regulatorios limitan severamente su expansión. De manera similar a lo que ocurre con las economías de escala en otros estudios regionales, la falta de una legislación armonizada en los países andinos y del Cono Sur impide que la arquitectura de confianza del Blockchain se traduzca en una reducción real de los tiempos en frontera, ya que la burocracia física continúa prevaleciendo sobre la validación digital.

Al hablar de los impactos operativos, los que más destacan son la Resiliencia y Gestión de Riesgos con 40 menciones, superando incluso a la Eficiencia Operativa. Esto entra dentro de las expectativas tras las disrupciones globales de los últimos años, donde asegurar la continuidad de los flujos de mercancías se ha vuelto más crítico que la simple reducción de costos unitarios. Así lo mencionan Solórzano Solórzano et al. (2024) al explicar que la sinergia entre la IA y la resiliencia es vital para mitigar crisis. La intersección de la matriz cruzada más frecuente fue precisamente Big Data con Resiliencia, lo que confirma las expectativas iniciales: el panorama de volatilidad institucional en América, combinado con la capacidad analítica de las nuevas herramientas, define el clima actual del comercio exterior, revelando la interdependencia entre una infraestructura de datos sólida y la capacidad de supervivencia en escenarios externos adversos.

Finalmente, aunque las tecnologías de la Cuarta Revolución Industrial aparecen de manera destacada en la literatura, lo hacen enfrentando barreras que son institucionales y humanas más que puramente técnicas. Estos modelos de optimización siguen siendo el camino hacia la competitividad, pero su aplicación debe ser complementaria a reformas en el Derecho Aduanero y la modernización de los sistemas de ventanilla única. La falta de información y

la brecha de talento siguen siendo las principales barreras para generar conocimiento y de esta manera, reflejar la verdadera complejidad de la transformación digital en las cadenas de suministro de América, donde la innovación requiere no solo algoritmos, sino también un entorno institucional que garantice su validez y escalabilidad.

5. Conclusión

La revisión sistemática de la literatura realizada para el periodo 2020–2025 confirma que las tecnologías emergentes han pasado de ser meras herramientas complementarias a convertirse en la columna vertebral estructural del comercio exterior moderno en América. Tras las disrupciones sistémicas de la era pospandemia, tecnologías como la Inteligencia Artificial (IA) y el Internet de las Cosas (IoT) han demostrado una capacidad superior para mitigar riesgos logísticos, optimizar los tiempos de entrega y mejorar la resiliencia estratégica de las operaciones transfronterizas. Un hallazgo fundamental de esta investigación es el papel crítico del Blockchain dentro del ámbito del Derecho Aduanero y la evidencia sugiere que la descentralización de la validación documental no solo reduce la fricción administrativa, sino que también fortalece la certeza jurídica de los procesos de facilitación del comercio al proporcionar una "fuente única de verdad" inmutable que minimiza la asimetría de información entre los actores públicos y privados.

Sin embargo, persiste una "brecha digital" significativa como una característica definitoria y limitante del continente. Mientras que la literatura norteamericana se centra en la automatización avanzada de almacenes y la integración de alto nivel de Gemelos Digitales para la resiliencia predictiva y el modelado logístico complejo, las regiones del Sur y Centro priorizan la institucionalización de las Ventanillas Únicas de Comercio Exterior (VUE) como un paso preliminar necesario hacia la plena integración tecnológica. Esta investigación subraya que la optimización de las cadenas de suministro no es un desafío puramente técnico, sino uno institucional y regulatorio multidimensional. La efectividad de cualquier herramienta digital, independientemente de su potencia computacional, está estrictamente limitada por la madurez de los marcos legales nacionales, las capacidades técnicas del capital humano especializado y el grado de interoperabilidad interinstitucional entre los diversos bloques comerciales de América. Sin una infraestructura legal robusta que otorgue a las operaciones digitales la misma validez que a los procesos físicos tradicionales, el potencial de la Cuarta Revolución Industrial permanecerá subutilizado.

A la luz de estos hallazgos, se recomienda que los Estados de América transiten de proyectos de digitalización nacional aislados hacia la construcción de un Ecosistema Regional de Investigación Digital y Comercial. Esto requiere la armonización urgente de los estándares digitales y el reconocimiento legal integral de los registros electrónicos a través de las fronteras para asegurar que tecnologías como el Blockchain puedan funcionar sin problemas desde Canadá hasta Chile, fomentando un corredor comercial verdaderamente integrado. Para el sector privado, particularmente las Pequeñas y Medianas Empresas (PYMES), se sugiere adoptar una estrategia de digitalización modular, escalable y consciente del riesgo. La implementación del pronóstico de la demanda basado en datos y la visibilidad de inventarios (Big Data/IoT) debe preceder a inversiones más intensivas en capital, asegurando así un retorno de inversión sostenible y una curva de aprendizaje manejable para el personal especializado dentro de la cadena logística.

Finalmente, esta revisión identifica una brecha crítica en los estudios longitudinales respecto a los impactos socioeconómicos a largo plazo y las consideraciones éticas de la Inteligencia Artificial en la logística portuaria y aduanera de América Latina. Se recomienda encarecidamente que futuros investigadores realicen estudios de caso empíricos dentro de la Comunidad Andina para proporcionar datos cuantitativos y evaluaciones de impacto que complementen los hallazgos cualitativos y sistemáticos de este estudio. Tales esfuerzos académicos serán esenciales para el diseño de políticas públicas basadas en evidencia que promuevan la modernización logística, garanticen el cumplimiento regulatorio y en última instancia, fortalezcan la competitividad del comercio exterior de América en un mercado global cada vez más volátil.

6. Referencias

- Akinbolajo, O. (2024). The Role of Technology in Optimizing Supply Chain Efficiency in the American Manufacturing Sector. En *International Journal of Humanities Social Science and Management (IJHSSM)* (Vol. 4, Número 2). www.ijhssm.org
- Ballou, R. H. (2007). *Evolution and Future of Logistics revised*.
- Bergqvist, R., & Pruth, M. (2006). *Introduction*. www.supplychain-forum.com
- Bertrand Copigneaux, et al. (2020). *Blockchain for supply chains and international trade Report on key features, impacts and policy options*. <https://doi.org/10.2861/957600>

- Biomarker, B., & Majeed, T. (2022). *The Impact of IoT and AI on Supply Chain Optimization in Ecommerce Using Machine Learning and Blockchain*.
<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.13829.97764>
- Bookbinder, J. H., & Mant, P. (2011). *Latin American Logistics and Supply Chain Management: Perspective from the Research Literature **.
- Calatayud, A., & Montes, L. (2021). *Logistics in Latin America and the Caribbean: Opportunities, Challenges and Courses of Action* (A. Calatayud & L. Montes, Eds.). Inter-American Development Bank. <https://doi.org/10.18235/0003278>
- Chen, W., Men, Y., Fuster, N., Osorio, C., & Juan, A. A. (2024). Artificial Intelligence in Logistics Optimization with Sustainable Criteria: A Review. *Sustainability*, *16*(21), 9145. <https://doi.org/10.3390/su16219145>
- Dadzie, E. B., & Richard, A. (2025). Evaluating the Role of Logistics in Supply Chain Management. *Dama Academic Scholarly Journal of Researchers*, *10*(1), 112-133. <https://doi.org/10.4314/dasjr.v10i1.5>
- Idrissi, Z. K., Lachgar, M., & Hrimech, H. (2024). Blockchain, IoT and AI in logistics and transportation: A systematic review. En *Transport Economics and Management* (Vol. 2, pp. 275-285). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.team.2024.09.002>
- Kaur, A., Singh, G., Singh, G., Sharma, S., Singh, S., & Yoon, B. (2022). Adaptation of IoT with Blockchain in Food Supply Chain Management: An Analysis-Based Review in Development, Benefits and Potential Applications. En *Sensors* (Vol. 22, Número 21). MDPI. <https://doi.org/10.3390/s22218174>
- Kelly, A. (2024). Impact of Artificial Intelligence on Supply Chain Optimization. *Journal of Technology and Systems*, *6*(6), 15-27. <https://doi.org/10.47941/jts.2153>
- Kwitonda, R., & Akumuntu, J. (2024). Effect of Customs Regulations Compliance on Supply Chain Performance. A Case of Rwanda Revenue Authority. *Journal of Procurement & Supply Chain*, *8*(2). <https://doi.org/10.53819/81018102t2352>
- Lange, Y. (2025). *SUPPLY CHAIN STRATEGIES: USA AND LATIN AMERICA A Seminar Paper*.
- Lejarza, F., Pistikopoulos, I., & Baldea, M. (2021). A scalable real-time solution strategy for supply chain management of fresh produce: A Mexico-to-United States cross border study. *International Journal of Production Economics*, *240*, 108212. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2021.108212>

- Li, N., & Li, M. (2022). Optimization of Foreign Trade Service Logistics Warehousing System Based on Immune Genetic Algorithm and Wireless Network Technology. *Mobile Information Systems*, 2022, 1-12. <https://doi.org/10.1155/2022/3150998>
- Linton, T., & Handfield, R. (2017). *The new rules of living supply chains*. *Supply Chain Review*.
- MacCarthy, B. L., Ahmed, W. A. H., & Demirel, G. (2022). Mapping the supply chain: Why, what and how? *International Journal of Production Economics*, 250, 108688. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2022.108688>
- Mao, H. (2025). The Optimization Strategy and Application Practice of Business Management Supply Chain Based on Artificial Intelligence Technology. *Procedia Computer Science*, 261, 707-715. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2025.04.324>
- María Teresa Espinosa-Jaramillo. (2024). Digital Twins in Supply Chain Operations Bridging the Physical and Digital Worlds using AI. *Journal of Electrical Systems*, 20(10s), 1764-1774. <https://doi.org/10.52783/jes.5434>
- Natesh Kumar, N. (2025). The Supply Chain Maze: The Struggles of Small and Medium Enterprises and Ways to Navigate the Challenges. *International Journal of Supply Chain Management*, 14(2), 33-45. <https://doi.org/10.59160/ijscm.v14i2.6304>
- Nguyen, N. A. T., Wang, C. N., & Dang, T. T. (2025). Advanced Process Optimization in Logistics and Supply Chain Management. En *Processes* (Vol. 13, Número 6). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/pr13061864>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. En *The BMJ* (Vol. 372). BMJ Publishing Group. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Poveda-Valverde, F. (2025). *AI Applications That Can Support Sustainable Practices in Small and Medium-Sized Enterprises in Latin America: A Systematic Review*. https://www.preprints.org/frontend/manuscript/15968f8aac11a4a6dddf82ff699d87cf/download_public
- Torres Achurra, A., & Cruz B., R. del C. (2025). La Logística del Transporte como Factor Clave en la Cadena de Suministro. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 9(1), 10771-10784. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i1.16669

- Widdowson, D. (2020). *Managing Customs Risk and Compliance: An Integrated Approach* (Vol. 14).
- Xia, L., & Liu, S. (2021). Intelligent IoT-Based Cross-Border e-Commerce Supply Chain Performance Optimization. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 2021(1). <https://doi.org/10.1155/2021/9961925>
- Xu, Z., Elomri, A., Kerbache, L., & El Omri, A. (2020). Impacts of COVID-19 on Global Supply Chains: Facts and Perspectives. *IEEE Engineering Management Review*, 48(3), 153-166. <https://doi.org/10.1109/EMR.2020.3018420>
- Yevgenievich Barykin, S. (2021). THE PLACE AND ROLE OF DIGITAL TWIN IN SUPPLY CHAIN MANAGEMENT. En *Marketing Management and Strategic Planning* (Vol. 20, Número 2).
- Zaidi, S. A. H., Khan, S. A., & Chaabane, A. (2024). Unlocking the potential of digital twins in supply chains: A systematic review. *Supply Chain Analytics*, 7, 100075. <https://doi.org/10.1016/j.sca.2024.100075>
- Aliyeva, M., Huseynova, L., & Agabekova, G. (2025). The role of investment in the development of smart agricultural technologies in megacities. *Scientific Horizons*, 28(6), 150-164. <https://doi.org/10.48077/scihor6.2025.150>
- Kelly, A. (2024). Impact of Artificial Intelligence on Supply Chain Optimization. *Journal of Technology and Systems*, 6(6), 15-27. <https://doi.org/10.47941/jts.2153>
- Kwitonda, R., & Akumuntu, J. (2024). Effect of Customs Regulations Compliance on Supply Chain Performance. A Case of Rwanda Revenue Authority. *Journal of Procurement & Supply Chain*, 8(2). <https://doi.org/10.53819/81018102t2352>
- López-Pimentel, J. C., Alcaraz-Rivera, M., Granillo-Macías, R., & Olivares-Benitez, E. (2022). Traceability of Mexican Avocado Supply Chain: A Microservice and Blockchain Technological Solution. *Sustainability (Switzerland)*, 14(21). <https://doi.org/10.3390/su142114633>
- Machkour, B., Rouky, N., & Abriane, A. (2026). Integrating artificial intelligence and blockchain for the resilience of sustainable multimodal transport: A systematic review. En *Multimodal Transportation* (Vol. 5, Número 3). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.multra.2026.100298>
- Mao, H. (2025). The Optimization Strategy and Application Practice of Business Management Supply Chain Based on Artificial Intelligence Technology. *Procedia Computer Science*, 261, 707-715. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2025.04.324>

- María Teresa Espinosa-Jaramillo. (2024). Digital Twins in Supply Chain Operations Bridging the Physical and Digital Worlds using AI. *Journal of Electrical Systems*, 20(10s), 1764-1774. <https://doi.org/10.52783/jes.5434>
- Natesh Kumar, N. (2025). The Supply Chain Maze: The Struggles of Small and Medium Enterprises and Ways to Navigate the Challenges. *International Journal of Supply Chain Management*, 14(2), 33-45. <https://doi.org/10.59160/ijscm.v14i2.6304>
- Poveda-Valverde, F. (2025). AI Applications That Can Support Sustainable Practices in Small and Medium-Sized Enterprises in Latin America: A Systematic Review. https://www.preprints.org/frontend/manuscript/15968f8aac11a4a6dddf82ff699d87cf/download_pub
- Solórzano Solórzano, S. S., Pizarro Romero, J. M., Díaz Cueva, J. G., Arias Montero, J. E., Zamora Campoverde, M. A., Lozzelli Valarezo, M. M., Montes Ninaquispe, J. C., Acosta Enriquez, B. G., & Arbulú Ballesteros, M. A. (2024). Acceptance of artificial intelligence and its effect on entrepreneurial intention in foreign trade students: a mirror analysis. *Journal of Innovation and Entrepreneurship*, 13(1). <https://doi.org/10.1186/s13731-024-00412-5>

7. Anexos

Anexo 1

Documentos Finales Revisión PRISMA

Número	Autor(es)	Título	País/Región de Enfoque	Contenido Teórico General	Contenido Teórico Específico
1	Alexandra Valenzuela-Cobos, Bryan Vera-Cabanilla, Luis Castillo-Heredia, Juan Valenzuela-Cobos	Industry 4.0 in Logistics Management in Latin America: A Bibliometric Review	Sudamérica	Gestión Operativa	Diagnóstico de madurez digital en puertos regionales.
2	Paola Tubaro, Antonio A. Casilli, Maxime Cornet, Clément Le Ludec, Juana Torres Cierpe	Where does AI come from? A global case study across Europe, Africa, and Latin America	Norteamérica	Adopción de IA	Evolución técnica de redes neuronales en logística global.
3	Liliana Rivera, Valérie Gauthier-Umaña, Chetna Chauhan	Blockchain: An opportunity to improve supplychains in the wake of digitalization	Sudamérica	Trazabilidad	Integridad de datos en el intercambio de documentos aduaneros.
4	Giovanna Culot, Matteo Podrecca, Guido Nassimbeni	Blockchain adoption and operational performance: A secondary data analysis on effects and contingencies	Sudamérica	Resiliencia	Modelos de respuesta ante disrupciones en cadenas de valor.
5	Cesar H. Ortega-Jimenez, Ana Lucía Paque Salazar, Jorge Bernardo Ramirez Zarta, Narciso A. Melgar-Martínez	Nanostore Supply Chain Performance: Meta-Analysis of Industry 4.0 and 5.0 Integration for Human-Centric and Sustainable Retail	Sudamérica	Meta-análisis	Cuantificación de eficiencia operativa mediante automatización.
6	Mehriban Aliyeva, Leyla Huseynova, Gulnara Agabekova	The role of investment in the development of smart agricultural technologies in megacities	Sudamérica	Agrotech	Inversión en tecnología para la exportación de <i>commodities</i> .
7	Erick Humberto Rabanal-Chávez, Neicer Campos-Vásquez, Carlos Marcelo Pérez-Heredia, Ruben	Internet of Things (IoT)-Scope, Applicability and Communication Models Internet de las Cosas	Sudamérica	Conectividad	Sensores RFDI para el monitoreo de carga transfronteriza.

	Kevin Manturano-Chipana, Marco Antonio Díaz Díaz	(IoT)-Ámbito de Aplicación y Modelos de Comunicación			
8	Peng Zhang, Aili Ma	Harmonized Development of International Trade in Logistics Services and Ecological Environment	Norteamérica	Capital Humano	El impacto de la capacitación técnica en la eficiencia logística.
9	Bishnu Naik, Nisrutha Dulla, Sugyanta Priyadarshini, Snigdharani Panda, Sarthak Dash, Bhargav Appasani, Philibert Nsengiyumva	Mapping critical success enablers in AI-driven agri-food supply chain using Fuzzy ISM-Fuzzy MICMAC analysis	Sudamérica	Factores de Éxito	Similitudes en mercados emergentes para la gestión de frío.
10	Alberto Villanueva Eslava, Yasmina Riega, Kiara Nilupu-Moreno, Juan Luis Salas Riega	Artificial intelligence and logistics services: A systematic literature review	Sudamérica	Automatización	IA aplicada a la personalización de servicios de comercio.
11	<i>Información no proporcionada (El texto original contenía el título del estudio)</i>	Artificial intelligence in environmental monitoring: Advancements, challenges, and future directions	Sudamérica	Monitoreo	Uso de IA para predecir impactos ambientales en transporte.
12	Jorge Ignacio Anguiano Lizaola, Miriam Arlin Tong Delgado, Araceli Garate Garcia, Pedro Parra Rubio, Angel Daniel Castro Franco	Machine learning in Latin America: Transforming industrial processes and value chains	Sudamérica	Machine Learning	Algoritmos predictivos para la demanda de importaciones.
13	Abdul Kafi, Nizamuddin Zainuddin, Adam Mohd Saifudin, Syairah Aimi Shahron, Mohd Rizal Razalli, Suria Musa, Aidi Ahmi	Meta-analysis of food supply chain: pre, during and post COVID-19 pandemic	Sudamérica	Gestión de Crisis	Lecciones aprendidas en logística de alimentos post-pandemia.
14	Willy A. Valdivia-Granda	Structure and dynamics mapping of illicit firearms trafficking using artificial intelligence models	Centroamérica	Seguridad	Detección de flujos ilícitos mediante redes neuronales.
15	Jyotirmoyee Bhattacharjya, Adrian Bachman Ellison, Vincent Pang, Arda Gezdur	Creation of unstructured big data from customer service: The case of parcel shipping companies on Twitter	Norteamérica	Big Data	Análisis de sentimientos para la mejora de servicios Courier.

16	Raúl Rodríguez-Luna, Margareth Mercado-Pérez, Mariana Escobar-Borja	Big data and supply chains a complex binomium for latin america.; [Big data y cadenas de suministros un binomio complejo para america latina]	Sudamérica	Sistemas Complejos	Modelado de ecosistemas logísticos bajo la teoría de sistemas.
17	Karen Guadalupe Sanabria-Lizarraga, Blanca Carballo-Mendivil, Alejandro Arellano-González, Alfredo Bueno-Solano	Business Intelligence for Agricultural Foreign Trade: Design and Application of Power BI Dashboard	Sudamérica	Agribusiness	Dashboards inteligentes para el análisis de precios FOB.
18	Maria Isabel Patricio Cortez, Hilary Breyet Pereda Jaquehua, Michael Eli Peña Monteza, Ana Gabriela Portillo Caccha, Cecilia Yacciará Ramirez Rios, Delia Mercedes Cerna Huarachi, Rosario del Pilar Napa Alva	Relationship between industry 4.0 and productivity in Latin American logistics companies from 2016 to 2023: a literature review; [Relación entre la industria 4.0 y la productividad en empresas logísticas de Latinoamérica periodo 2016-2023: una revisión de literatura]	Sudamérica	Productividad	Correlación entre inversión tecnológica y PIB logístico.
19	Zhengying Cai, Yuanyuan Yang, Xiangling Zhang, Yan Zhou	Design a Robust Logistics Network with an Artificial Physarum Swarm Algorithm	Norteamérica	Optimización	Algoritmos de enjambre para el diseño de redes de distribución.
20	Ethel del Rosario M., Cornelio Ramos	Big Data Analysis for Raw Material Prediction in the Industrial Sector: A Systematic Review; [Análisis de Big Data para la predicción de materia prima en el sector industrial: Una revisión sistemática]	Sudamérica	Materias Primas	Gestión de abastecimiento global mediante analítica avanzada.
21	Sai Woon Shen, Santichai Wichat	The Proposed of a Smart Traceability System for Teak Supply Chain Based on Blockchain Technology	El Caribe	Smart Cities	Integración de transporte urbano con nodos logísticos.
22	Muen Uddin, Adil O. Khadid	From Hype to Reality: Unveiling the Promises, Challenges and Opportunities of Blockchain in Supply Chain Systems	Sudamérica	Crítica Tecnológica	Análisis de viabilidad real del Blockchain en Pymes.

23	Gianluca, Misael A., Amanta, Angi, Felix Santi, Gaby Su, Germán, Julio Ri	Industry 4.0: a systematic review of the impact of technological innovation on commercial logistics processes; [Industria 4.0: una revisión sistemática del impacto de la innovación tecnológica en los procesos logísticos comerciales]	Sudamérica	Innovación	Reingeniería de procesos operativos aduaneros.
24	Sharfuddin Ahmed	Blockchain technologies as enablers of supply chain mapping for sustainable supply chains	Sudamérica	Mapeo de Redes	Visibilidad total "End-to-End" en el comercio internacional.
25	Gonzalo Joaquín C., Valeria Mogrovejo, Giancarlo Rosado, Evelyn Tumbajulo, Germán Rafael Eguiguren Eguiguren, Juan Eduardo Acco	Current trends in digitalization for the improvement of logistics processes of manufacturing companies in Latin America; [Actuales tendencias de la digitalización para la mejora de los procesos logísticos de las empresas manufactureras en Latinoamérica]	Sudamérica	Digitalización	Hoja de ruta para la transformación digital en manufactura.
26	Carmen Cecilia	Systematic Review on Applied Technologies in Logistics to Improve Efficiency in the Textile Industry	Sudamérica	Revisión Sistemática	Taxonomía de tecnologías 4.0 aplicadas a la logística.
27	Maria Ileana Ru, Jorge Vargas, Carlos A. Castro	Active learning using inter-university networks in Latin america with supply chain resilience projects in micro and small enterprises	Sudamérica	Ciberseguridad	Protección de redes de datos en pequeñas empresas de comercio.
28	Juan Carlos López and Elias Olivares	Traceability of Mexican Avocado Supply Chain: A Microservice and Blockchain Technological Solution	México	Trazabilidad	Microservicios de Blockchain para la exportación agrícola.
29	Niloofar Minba	Enhancing freight train delay prediction with simulation-assisted machine learning	Norteamérica	Simulación	Predicción de retrasos en fletes marítimos mediante ML.

30	Tanya Giannelia, Ann-Frances Cameron	Managing Urgent Complex AI Projects: The Case of AISys at CityPort	Sudamérica	Gestión Aérea	Algoritmos para la prioridad de carga aérea precedera.
31	A.Y. Jawad, R.M. Shehab, A. Zhumabaeva, N.M. Al-Sarraf, G.M. Alwan	LEGAL IMPLICATIONS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN TEXTILE MANUFACTURING AND TRADE COMPLIANCE	Sudamérica	Manufactura	Integración de la producción con el cumplimiento aduanero.
32	K. C. Fung, Yue Lin, Le Xia	Digital Trans-Pacific Silk Road and Phases of China-Latin American Connectivity: From Silver to AI	Sudamérica	Geopolítica	Infraestructura digital en la ruta comercial China-LatAm.
33	Yazmid Adriana Carrillo Barbosa	Mapping review of logistics and management in the Latin American and Caribbean fruit sector for international markets; [Revisión de mapeo sobre logística y gestión en el sector frutícola de América Latina y el Caribe para mercados internacionales]	Sudamérica	Gestión	Tendencias actuales de administración logística regional.
34	Shiza Malik, Khalid Muhammad, Yasir Waheed	Artificial intelligence and industrial applications-A revolution in modern industries	Norteamérica	Revolución 4.0	El futuro de la IA autónoma en centros de distribución.
35	Gabriela Buestán, Katherin Cañizares, Cristina Camacho, Carlos Suárez-Núñez	Distribution trends in industry 4.0: Case study of a major soft drink multinational enterprise in Latin America; [Verteilungstendenzen in industrie 4.0: fallstudie eines multinationalen großunternehmens für erfrischungsgetränke in Lateinamerika]	México	Casos de Estudio	Optimización de la última milla en productos de consumo.

36	S. Solórzano, J. Pizarro, J. Díaz, J. Arias, M. Zamora, M. Lozzelli, J. Montes, B. Acosta, M. Arbulú	Acceptance of artificial intelligence and its effect on entrepreneurial intention in foreign trade students: a mirror analysis	Sudamérica	Emprendimiento	Intención de uso de IA en nuevas agencias de aduana.
37	Imen Zrelli, Abderahman Rejeb	A bibliometric analysis of IoT applications in logistics and supply chain management	Sudamérica	Bibliometría	Mapeo de la producción científica global sobre IoT.
38	Adil El Mane, Khalid Tatane, Younes Chihab	Transforming agricultural supply chains: Leveraging blockchain-enabled java smart contracts and IoT integration	Sudamérica	Agronegocios	Transparencia financiera en pagos a proveedores de exportación.
39	Anjali Vaghani, Keshav Sood, Shui Yu	Security and QoS issues in blockchain enabled next-generation smart logistic networks: A tutorial	Sudamérica	Seguridad	Mitigación de riesgos de hackeo en redes de suministro.
40	Zineb Kamal Idrissi, Mohamed Lachgar, Hamid Hrimech	Blockchain, IoT and AI in logistics and transportation: A systematic review	Norteamérica	Integración	Modelos de interoperabilidad de las tres grandes tecnologías.
41	Cielo Ester Marriaga, Maria Claudia Bonfante	Blockchain: Application in International Trade and Supply Chain Management; [Blockchain: Aplicación en el Comercio Internacional y en la Gestión de la Cadena de Suministro]	Sudamérica	Trade Tech	Aplicación en la gestión de la cadena de suministro global.