

Karla Alexandra Ibarra-Peña<sup>1</sup>

E-mail: [karla.ibarrap@ug.edu.ec](mailto:karla.ibarrap@ug.edu.ec)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3945-2085>

Priscila Narcisca Morán-Murillo<sup>2</sup>

E-mail: [pmoran@istvr.edu.ec](mailto:pmoran@istvr.edu.ec)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0414-1113>

Edison Andrés Rodríguez-Sares<sup>2</sup>

E-mail: [erodriguez@istvr.edu.ec](mailto:erodriguez@istvr.edu.ec)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2182-4431>

<sup>1</sup> Universidad de Guayaquil. Ecuador.

<sup>2</sup> Instituto Superior Tecnológico Vicente Rocafuerte. Ecuador.

**Cita sugerida (APA, séptima edición)**

Ibarra-Peña, K. A., Morán-Murillo, P. N., & Rodríguez-Sares, E.A. (2024). Inteligencia artificial y Big Data en la optimización de cadenas de suministro internacionales: hacia una logística predictiva y sostenible. *Revista UGC*, 2(3), 61-71.

## RESUMEN

El estudio examina la implementación de Inteligencia Artificial (IA) y Big Data en la optimización de cadenas de suministro internacionales en Ecuador y países andinos vecinos, con el objetivo de desarrollar un modelo de logística predictiva y sostenible, la metodología empleada es mixta, combina análisis cualitativo y cuantitativo, incluyendo una revisión sistemática de literatura, se realizaron observaciones directas en puntos claves de las cadenas de suministro y se organizaron grupos focales con diversos stakeholders, los datos se analizaron mediante técnicas de análisis cuantitativas para identificar patrones y conceptos claves, los principales hallazgos revelan una adopción desigual de IA y Big Data, con una clara brecha entre grandes empresas multinacionales y PYMES locales. Las empresas que implementaron con éxito estas tecnologías experimentaron mejoras significativas en eficiencia operativa, precisión en la previsión de demanda y sostenibilidad ambiental, se identificaron desafíos críticos como la falta de infraestructura de datos adecuada y la escasez de personal cualificado, la colaboración regional y las políticas proactivas de innovación demostraron ser cruciales para acelerar la adopción tecnológica, se concluye que la implementación de IA y Big Data tiene un potencial transformador para las cadenas de suministro en la región andina, pero requiere un enfoque integral que aborde aspectos técnicos, organizacionales y de política pública, el estudio subraya la necesidad de desarrollar estrategias específicas para apoyar a las PYMES y fomentar la colaboración transfronteriza, además, se sugieren futuras investigaciones para explorar el impacto a largo plazo de estas tecnologías y sus implicaciones éticas y sociales en el contexto de economías emergentes.

## Palabras clave:

Inteligencia artificial, Big Data, cadenas de suministro internacionales, logística predictiva

## ABSTRACT

This study examines the implementation of Artificial Intelligence (AI) and Big Data in the optimization of international supply chains in Ecuador and neighboring Andean countries, with the aim of developing a predictive and sustainable logistics model. The methodology employed is mixed, combining qualitative and quantitative analysis, including a systematic literature review. Direct observations were conducted at key points in the supply chains, and focus groups were organized with various stakeholders. The data was analyzed using quali-quantitative analysis techniques to identify key patterns and concepts. The main findings reveal an uneven adoption of AI and Big Data, with a clear gap between large multinational companies and local SMEs. Companies that successfully implemented these technologies experienced significant improvements in operational efficiency, demand forecasting accuracy, and environmental sustainability. Critical challenges were identified, such as the lack of adequate data infrastructure and the shortage of qualified personnel. Regional collaboration and proactive innovation policies proved crucial in accelerating technology adoption. The study concludes that the implementation of AI and Big Data has transformative potential for supply chains in the Andean region, but requires a comprehensive approach that addresses technical, organizational, and public policy aspects. The study underscores the need to develop specific strategies to support SMEs and foster cross-border collaboration. Furthermore, future research is suggested to explore the long-term impact of these technologies and their ethical and social implications in the context of emerging economies.

## Palabras clave:

Inteligencia artificial, Big Data, cadenas de suministro internacionales, logística predictiva.

## INTRODUCCIÓN

La sociedad actual se encuentra en los albores de la Cuarta Revolución Industrial, también conocida como Industria 4.0, este término fue acuñado en 2011 por Schwab (2020), fundador del Foro Económico Mundial. El concepto define un nuevo paradigma de fabricación informatizada que combina avanzadas técnicas de producción con tecnologías inteligentes, las cuales se integran en las organizaciones y en la vida cotidiana de las personas, en esta era de revolución industrial, la transformación digital ha emergido como un factor crítico para el éxito y la supervivencia de las empresas en el mercado global, entre las tecnologías disruptivas que están redefiniendo los paradigmas empresariales, la Inteligencia Artificial (IA) y el Big Data se destacan por su capacidad para procesar y analizar enormes volúmenes de información, generando insights valiosos y predicciones precisas (Lee et al., 2018), estas tecnologías no solo optimizan los procesos productivos, sino que también permiten una toma de decisiones más informada y eficiente, lo que resulta en una mayor competitividad y adaptabilidad en un entorno empresarial cada vez más dinámico y complejo.

Además de su impacto general en los procesos empresariales, estas tecnologías han encontrado un terreno particularmente fértil en el campo de la logística y la gestión de cadenas de suministro internacionales, el uso de IA y Big Data en este sector se ha vuelto crucial, dado que la complejidad de las operaciones y la necesidad de tomar decisiones rápidas y acertadas en un entorno altamente dinámico las convierten en herramientas indispensables, la implementación de estas herramientas no solo promete mejorar la eficiencia operativa y reducir costos, sino que también ofrece la posibilidad de crear modelos logísticos más resilientes, adaptativos y sostenibles, este potencial es especialmente relevante en el contexto global actual, que se caracteriza por la volatilidad de los mercados, las tensiones geopolíticas y los desafíos ambientales, esta coyuntura ha puesto de manifiesto la urgencia de evolucionar hacia sistemas logísticos más inteligentes y predictivos (Tiwari et al., 2018).

La capacidad de la IA y el Big Data para procesar vastas cantidades de datos en tiempo real permite a las empresas anticipar disrupciones en la cadena de suministro, optimizar rutas de transporte, gestionar inventarios de manera más eficiente y responder ágilmente a cambios en la demanda, esto no solo mejora la competitividad de las empresas individuales, sino que también contribuye a la robustez y la sostenibilidad del sistema logístico global en su conjunto.

La capacidad de estas tecnologías para analizar patrones complejos en tiempo real, desde fluctuaciones en la demanda hasta condiciones climáticas y tendencias de mercado, permite a las empresas tomar decisiones más informadas y estratégicas, mejorando significativamente la planificación y ejecución de sus operaciones logísticas

internacionales, en este escenario, la IA y el Big Data emergen como pilares fundamentales para construir una logística del futuro, capaz de anticipar disrupciones, optimizar recursos y adaptarse rápidamente a cambios imprevistos, por ejemplo, la pandemia de COVID-19 actuó como un catalizador, exponiendo las vulnerabilidades de las cadenas de suministro tradicionales y acelerando la adopción de soluciones tecnológicas avanzadas (Ivanov & Dolgui, 2020).

La relevancia de la IA y el Big Data en la optimización de cadenas de suministro trasciende el ámbito puramente operativo, extendiéndose a aspectos cruciales como la sostenibilidad y la responsabilidad social corporativa, en un mundo cada vez más consciente de la urgencia de abordar el cambio climático y reducir el impacto ambiental de las actividades humanas, estas tecnologías ofrecen herramientas poderosas para diseñar y gestionar cadenas de suministro más ecológicas, mediante el análisis avanzado de datos, es posible optimizar rutas de transporte para minimizar emisiones, predecir y prevenir el desperdicio de recursos, y desarrollar modelos de economía circular que maximicen la eficiencia en el uso de materiales, además, la capacidad de la IA para procesar y analizar datos de múltiples fuentes permite una trazabilidad sin precedentes en la cadena de suministro, facilitando la verificación de prácticas éticas y sostenibles a lo largo de toda la red logística internacional.

El potencial transformador de la IA y el Big Data en la logística internacional adquiere una dimensión particularmente significativa en el contexto de economías emergentes y regiones en desarrollo, como es el caso de Ecuador y sus países vecinos en la región andina, estas naciones, tradicionalmente desafiadas por infraestructuras logísticas subdesarrolladas y una limitada integración en las cadenas de valor globales, tienen ante sí una oportunidad única para dar un salto cualitativo en su competitividad internacional, la implementación estratégica de soluciones basadas en IA y Big Data puede permitir a estos países superar barreras históricas, optimizando sus procesos logísticos para competir más eficazmente en el mercado global, desde la mejora en la predicción de demanda y la gestión de inventarios hasta la optimización de rutas de transporte multimodal, pasando por la automatización de procesos aduaneros, estas tecnologías ofrecen un camino hacia una logística más eficiente, resiliente y adaptada a las necesidades específicas de la región (Gunasekaran et al., 2017).

Sin embargo, la adopción de IA y Big Data en la optimización de cadenas de suministro internacionales no está exenta de desafíos, la implementación efectiva de estas tecnologías requiere no solo de inversiones significativas en infraestructura y capacitación, sino también de un cambio cultural profundo en la forma de concebir y gestionar las operaciones logísticas, se deben considerar aspectos como la seguridad de los datos, la privacidad,

ylas implicaciones éticas del uso de algoritmos en la toma de decisiones, además, la brecha digital existente entre países y regiones plantea el riesgo de exacerbar desigualdades existentes si no se implementan políticas inclusivas que garanticen un acceso equitativo a estas tecnologías (Kache & Seuring, 2017).

La colaboración entre gobiernos, empresas, instituciones académicas y organismos internacionales se vuelve crucial para crear un ecosistema propicio que permita aprovechar plenamente el potencial de la IA y el Big Data en la logística internacional, asegurando que sus beneficios se distribuyan de manera justa y sostenible, es en este marco de oportunidades y desafíos donde se sitúa la problemática específica de Ecuador y sus países vecinos en la región andina, enfrentando la necesidad urgente de modernizar sus sistemas logísticos para mantenerse competitivos en el escenario global (Govinda et al., 2018).

En la última década, la región andina, incluyendo Ecuador y sus países vecinos como Colombia y Perú, ha experimentado un crecimiento significativo en el comercio internacional, sin embargo, este aumento ha puesto de manifiesto las deficiencias en las cadenas de suministro tradicionales, que a menudo resultan ineficientes y poco flexibles ante las cambiantes demandas del mercado global, la falta de integración tecnológica en los procesos logísticos ha generado cuellos de botella en puertos, aeropuertos y pasos fronterizos, provocando retrasos costosos y pérdidas de competitividad para las empresas de la región, en Ecuador la dependencia de métodos anticuados de gestión de inventarios y predicción de demanda ha llevado a un exceso de stock en algunos sectores y escasez en otros, afectando negativamente tanto a productores como a consumidores.

La ausencia de sistemas predictivos avanzados en la logística ecuatoriana ha dificultado la anticipación de disrupciones en la cadena de suministro, como las experimentadas durante la pandemia de COVID-19 o los frecuentes desastres naturales que afectan al país, esta falta de previsión ha resultado en respuestas sosas y poco eficientes ante crisis, impactando severamente la economía nacional y regional, además, la limitada adopción de tecnologías de Big Data e Inteligencia Artificial en el sector logístico ha impedido a las empresas ecuatorianas y de países vecinos aprovechar plenamente el potencial de los datos generados en sus operaciones diarias, como consecuencia, se pierden oportunidades valiosas para optimizar rutas, reducir costos operativos y mejorar la satisfacción del cliente, elementos cruciales para competir en el mercado internacional.

La situación se agudiza al considerar el impacto ambiental de las ineficiencias logísticas en la región, la falta de optimización en las rutas de transporte y la gestión inadecuada de los recursos han contribuido significativamente a la huella de carbono del sector, contraviniendo los compromisos internacionales de Ecuador y sus vecinos en

materia de sostenibilidad y lucha contra el cambio climático, esta situación no solo afecta la imagen de las empresas en mercados globales cada vez más conscientes del medio ambiente, sino que también pone en riesgo la biodiversidad única de la región andina, además, la ausencia de una logística predictiva y sostenible ha limitado la capacidad de las empresas ecuatorianas para integrarse efectivamente en cadenas de valor globales, perdiendo oportunidades de crecimiento y desarrollo económico.

En este contexto, se hace evidente la necesidad urgente de transformar las cadenas de suministro en Ecuador y la región andina mediante la implementación de soluciones basadas en Inteligencia Artificial y Big Data, estas tecnologías ofrecen el potencial de revolucionar la logística, permitiendo una gestión más eficiente, predictiva y sostenible de los flujos de mercancías, sin embargo, la adopción de estas innovaciones enfrenta desafíos significativos, incluyendo la falta de infraestructura tecnológica adecuada, la escasez de profesionales calificados en IA y análisis de datos, y la resistencia al cambio en sectores tradicionalmente conservadores, abordar estos retos requiere un enfoque integral que combine políticas públicas de fomento a la innovación, inversión en educación y formación especializada, y colaboración estrecha entre el sector público, privado y académico.

El estudio aborda la implementación y el impacto de la Inteligencia Artificial (IA) y el Big Data en la optimización de las cadenas de suministro internacionales en Ecuador y países andinos vecinos, centrándose en el desarrollo de una logística predictiva y sostenible, el objetivo principal es analizar el potencial de estas tecnologías para mejorar la eficiencia operativa, reducir el impacto ambiental y aumentar la competitividad en el mercado global, para lograrlo, se plantea evaluar el estado actual de adopción de IA y Big Data en las cadenas de suministro de la región, identificando las principales barreras y oportunidades para su implementación. Asimismo, se propone diseñar un marco conceptual que integre soluciones basadas en estas tecnologías, orientadas a la predicción de demanda, optimización de rutas y gestión de inventarios, finalmente, se busca proponer estrategias que fomenten una logística sostenible en Ecuador y la región andina, utilizando IA y Big Data para reducir la huella de carbono y mejorar la eficiencia energética en las operaciones de la cadena de suministro.

## METODOLOGÍA

La metodología de esta investigación se ha diseñado con un enfoque mixto, combinando elementos cualitativos y cuantitativos para obtener una comprensión holística del fenómeno estudiado, este enfoque mixto permite aprovechar las fortalezas de ambos métodos: la profundidad y riqueza contextual de los datos cualitativos, y la precisión y generalización potencial de los datos cuantitativos, en este contexto, en el aspecto cualitativo, los investigadores

buscan comprender las percepciones, experiencias y desafíos de los actores clave en las cadenas de suministro internacionales de Ecuador y países andinos vecinos con respecto a la implementación de IA y Big Data, por otro lado, el componente cuantitativo les permite medir y analizar indicadores de rendimiento, eficiencia y sostenibilidad en las cadenas de suministro, así como el grado de adopción y el impacto de las tecnologías de IA y Big Data, esta combinación metodológica es particularmente adecuada para abordar la complejidad multidimensional de las cadenas de suministro internacionales y su interacción con tecnologías emergentes.

Profundizando en la estructura de la investigación, este estudio se enmarca principalmente en un diseño descriptivo-correlacional con elementos interpretativos. La fase descriptiva permite detallar el estado actual de la implementación de IA y Big Data en las cadenas de suministro de la región, identificando patrones, tendencias y desafíos clave. Complementariamente, el aspecto correlacional busca establecer relaciones entre variables como el grado de adopción de estas tecnologías y los indicadores de rendimiento logístico, eficiencia operativa y sostenibilidad, adicionalmente, el componente interpretativo ayuda a los investigadores a contextualizar estos hallazgos dentro de las realidades sociales, económicas y culturales específicas de Ecuador y los países andinos, proporcionando una comprensión más profunda de los factores que influyen en la adopción y el impacto de estas tecnologías. Este enfoque multifacético les permite no solo describir y correlacionar fenómenos, sino también interpretar su significado en el contexto regional específico.

Para la recolección de datos, los investigadores emplearon diversos métodos de investigación, con énfasis en la observación y los grupos focales (focus groups). La observación directa se realizará en puntos clave de las cadenas de suministro internacionales, como puertos, centros de distribución y pasos fronterizos, para obtener una comprensión de primera mano de las operaciones logísticas y la implementación actual de tecnologías de IA y Big Data, esta observación será estructurada y sistemática, utilizando protocolos predefinidos para asegurar la consistencia en la recolección de datos, por otro lado, los grupos focales se organizarán con diversos stakeholders, incluyendo gerentes de logística, expertos en tecnología, representantes gubernamentales y académicos, estos grupos focales permitirán a los investigadores explorar en profundidad las percepciones, experiencias y expectativas relacionadas con la implementación de IA y Big Data en la logística, así como discutir los desafíos y oportunidades específicos de la región andina.

Una vez completada la fase de recolección de datos, los investigadores procederán con el análisis de la información obtenida. El análisis de datos se llevará a cabo utilizando un enfoque mixto, en consonancia con la metodología de investigación. Para los datos cualitativos obtenidos

de las observaciones y grupos focales, emplearán técnicas de análisis de contenido y análisis temático. Esto implica la codificación sistemática de las transcripciones y notas de campo, la identificación de temas recurrentes y la interpretación de patrones emergentes. Utilizarán software especializado como NVivo para facilitar este proceso de análisis cualitativo, en cuanto a los datos cuantitativos, que incluirán métricas de rendimiento logístico, indicadores de adopción tecnológica y medidas de sostenibilidad, aplicarán técnicas estadísticas descriptivas e inferenciales, esto incluirá análisis de correlación para examinar las relaciones entre variables clave, análisis de regresión para identificar factores predictivos del éxito en la implementación de IA y Big Data, y análisis de series temporales para evaluar tendencias y patrones a lo largo del tiempo.

La integración de los resultados cualitativos y cuantitativos se realizará mediante una estrategia de triangulación, buscando convergencias y divergencias entre los diferentes tipos de datos. Este enfoque permitirá a los investigadores obtener una comprensión más completa y matizada de cómo la IA y el Big Data están transformando las cadenas de suministro en la región andina. Además, emplearán técnicas de visualización de datos avanzadas para presentar sus hallazgos de manera clara y accesible, utilizando herramientas como Tableau o Power BI. Esto les ayudará a comunicar eficazmente las complejas interrelaciones entre tecnología, logística y sostenibilidad que emerjan de su análisis, finalmente, el análisis incluirá una evaluación crítica de las implicaciones prácticas y teóricas de los hallazgos, considerando cómo pueden informar políticas públicas, estrategias empresariales y futuras investigaciones en el campo de la logística predictiva y sostenible en América Latina.

## DESARROLLO

La gestión de cadenas de suministro internacionales en la era global requiere un enfoque multidisciplinario (Qu & Kim, 2024) que integre teorías como la de Sistemas Complejos Adaptativos y la Difusión de Innovaciones, la incorporación de IA y Big Data potencia la adaptabilidad, predictibilidad y optimización de estas cadenas, abordando aspectos críticos como sostenibilidad y resiliencia (Anaba et al., 2024), este marco teórico-tecnológico ofrece herramientas para transformar la logística internacional, especialmente en regiones como Ecuador y los países andinos, mejorando su competitividad en un mercado global dinámico. La investigación analiza cómo estas teorías y tecnologías pueden optimizar la toma de decisiones bajo incertidumbre, promoviendo una gestión más eficiente y sostenible de las cadenas de suministro internacionales en contextos de cambio constante (Yang, 2024).

La complejidad de las cadenas de suministro internacionales en la era digital requiere un enfoque multidisciplinario

para su comprensión y optimización, en este sentido, la Teoría de Sistemas Complejos Adaptativos de Holland (1995), propuso que los sistemas complejos adaptativos involucran múltiples componentes que aprenden y se adaptan mientras interactúan, ofrece un marco conceptual fundamental para entender la dinámica de estas redes logísticas globales en la era de la IA y el Big Data, esta teoría postula que los sistemas complejos, como las redes logísticas globales, están compuestos por múltiples agentes interconectados que aprenden y se adaptan continuamente a su entorno, en el contexto de la logística internacional, cada nodo de la cadena de suministro desde proveedores y fabricantes hasta distribuidores y minoristas actúa como un agente adaptativo, respondiendo a cambios en la demanda, regulaciones, condiciones de mercado y disrupciones imprevistas, la aplicación de IA y Big Data en este marco teórico permite potenciar la capacidad adaptativa del sistema, proporcionando a cada agente herramientas avanzadas para procesar información, predecir cambios y ajustar sus estrategias en tiempo real (Ivanov et al., 2019).

Complementando esta visión sistémica, la Teoría de la Información de Claude Shannon establece los fundamentos matemáticos para la cuantificación, almacenamiento y transmisión de información, siendo esencial para el desarrollo del Big Data y la IA en la logística moderna, esta teoría introduce conceptos cruciales como la entropía de la información, que mide la incertidumbre o imprevisibilidad en un conjunto de datos, y la capacidad del canal, que define los límites de transmisión de información en un sistema, en el contexto de las cadenas de suministro internacionales, la Teoría de la Información proporciona el marco teórico para optimizar la recopilación, procesamiento y comunicación de datos logísticos a gran escala (Fosso Wamba et al., 2020).

Ahora bien, la Teoría de la Decisión y Optimización con contribuciones de John Von Neumann y Oskar Morgenstern (1944) evolucionó la comprensión de la toma de decisiones económicas y sentó las bases para el desarrollo posterior de estas teorías incluyendo la logística y la gestión de cadenas de suministro, proporciona un marco riguroso para la toma de decisiones en condiciones de incertidumbre, crucial en la gestión de cadenas de suministro internacionales, se enfoca en identificar y seleccionar las mejores alternativas basadas en criterios específicos y restricciones, incorporando conceptos como utilidad esperada y análisis de riesgo, en la logística predictiva y sostenible, esta teoría fundamenta los algoritmos de IA utilizados para optimizar rutas de transporte, niveles de inventario y planificación de la producción, su aplicación permite mejorar la eficiencia operativa, reducir costos y aumentar la resiliencia de las cadenas de suministro globales en entornos complejos y dinámicos.

La gestión eficiente de tiempos de espera y flujos es crucial en la optimización de cadenas de suministro, aquí

interviene Agner Krarup Erlang (1909) quien desarrolló los fundamentos de la Teoría de Colas para analizar el tráfico telefónico y ofrece un marco matemático para analizar y optimizar sistemas de espera y servicio, esta teoría modela el comportamiento de sistemas donde los “clientes” (productos, vehículos o información) llegan, esperan si es necesario y salen tras ser atendidos, la aplicación de IA y Big Data potencia esta teoría, permitiendo análisis más sofisticados de patrones de llegada, tiempos de servicio y capacidades del sistema, esto es especialmente relevante en la gestión de cadenas de suministro internacionales, donde la complejidad y la variabilidad son mayores, la integración de estas tecnologías con la Teoría de Colas permite una toma de decisiones más informada y una mayor eficiencia operativa (Tiwari et al., 2018).

Mientras que la Teoría de Colas se enfoca en la optimización de los procesos internos y los tiempos de espera, es igualmente importante considerar la estructura global de las cadenas de suministro, en este sentido, complementando el análisis de los flujos y tiempos, la Teoría de Redes es fundamental para comprender y optimizar las cadenas de suministro internacionales, esta teoría, desarrollada por diversos matemáticos y científicos sociales, proporciona un marco para analizar sistemas complejos de nodos interconectados, en el contexto de las cadenas de suministro, permite estudiar propiedades críticas como la conectividad, la centralidad y la resiliencia, la aplicación de esta teoría facilita la visualización y análisis de las relaciones entre los diferentes componentes de la cadena de suministro, esto permite identificar puntos críticos, optimizar rutas y mejorar la eficiencia global del sistema, además, la Teoría de Redes ayuda a predecir y mitigar posibles disrupciones, aumentando la robustez de la cadena de suministro (Li & Zobel, 2020).

Aunque la Teoría de Redes proporciona una base sólida para analizar la estructura de las cadenas de suministro, no aborda completamente la naturaleza dinámica y a menudo impredecible de estos sistemas, para complementar este enfoque y abordar la volatilidad inherente a las operaciones globales, la Teoría del Caos y Predictibilidad, popularizada por Edward Lorenz (1963) introdujo el concepto del “efecto mariposa”, fundamental en la Teoría del Caos, aborda la imprevisibilidad en sistemas complejos como las cadenas de suministro internacionales, esta teoría postula que pequeñas variaciones iniciales pueden provocar grandes diferencias a largo plazo, en el contexto de las cadenas de suministro, ayuda a entender cómo pequeñas disrupciones pueden amplificarse, afectando toda la red, la aplicación de IA y Big Data potencia esta teoría, permitiendo desarrollar modelos predictivos más sofisticados, estos modelos pueden analizar una amplia gama de variables interrelacionadas, mejorando la capacidad de prever y mitigar posibles disrupciones, esto resulta crucial para la gestión de riesgos y la planificación estratégica en entornos logísticos globales complejos (Ivanov & Dolgui, 2020).

Mientras que la Teoría del Caos y Predictibilidad nos ayuda a comprender y gestionar la imprevisibilidad en las cadenas de suministro, es igualmente importante considerar el impacto a largo plazo de nuestras decisiones logísticas en un contexto más amplio, en este sentido, Elkington (1994), introdujo el concepto de Triple Bottom Line, revolucionando la forma en que las empresas miden su éxito y sostenibilidad, esta teoría evalúa el desempeño empresarial más allá de los indicadores financieros, incorporando dimensiones sociales y ambientales, en la logística internacional y gestión de cadenas de suministro, fundamenta estrategias que buscan eficiencia operativa y rentabilidad, pero también reducción de la huella de carbono, prácticas laborales éticas y apoyo a comunidades locales, este enfoque integral permite a las empresas equilibrar sus objetivos económicos con responsabilidades sociales y ambientales, la aplicación de esta teoría en la logística global fomenta innovaciones en transporte sostenible, embalajes ecológicos y prácticas de comercio justo, contribuyendo a una cadena de suministro más responsable y resiliente (Karmaker et al., 2021).

Mientras que la Teoría de la Sostenibilidad Triple Bottom Line proporciona un marco general para evaluar el desempeño empresarial en términos de sostenibilidad, es necesario examinar cómo estos principios se traducen en operaciones concretas y relaciones estratégicas dentro de las cadenas de suministro, en este sentido, la Teoría de la Cadena de Valor de Porter y la Teoría de Juegos ofrecen marcos complementarios para analizar las operaciones y relaciones en las cadenas de suministro internacionales, la Teoría de Porter (1985) introdujo la Teoría de la Cadena de Valor como un marco para analizar las actividades específicas que crean valor en una empresa, en el contexto logístico, ayuda a determinar dónde la implementación de IA y Big Data puede tener mayor impacto, por otro lado, Von Neumann y Morgenstern (1944) sentaron las bases de la Teoría de Juegos, proporcionando un marco matemático para el análisis de interacciones estratégicas entre los diversos actores de la cadena, esto facilita la optimización de relaciones entre proveedores, fabricantes, distribuidores y minoristas, juntas, estas teorías permiten un análisis integral de la creación de valor y las dinámicas competitivas en las cadenas de suministro globales (Madani & Barzoki, 2017).

Mientras que la Teoría de la Cadena de Valor y la Teoría de Juegos nos proporcionan herramientas para optimizar las operaciones y relaciones estratégicas en las cadenas de suministro, es igualmente importante comprender cómo las innovaciones tecnológicas se adoptan y se propagan a través de estos sistemas globales, especialmente en contextos de desarrollo diversos, en este sentido, Rogers (1962), desarrolló la Teoría de la Difusión de Innovaciones para explicar cómo se propagan las nuevas ideas y tecnologías a través de los sistemas sociales y es crucial para entender la propagación de nuevas tecnologías y prácticas en cadenas de suministro globales,

especialmente en regiones en desarrollo como Ecuador y países vecinos, esta teoría explica cómo, por qué y a qué velocidad se difunden las innovaciones en sistemas sociales, en el contexto de la adopción de IA y Big Data en logística internacional, ayuda a comprender los desafíos y oportunidades de implementación, permite identificar factores que influyen en la adopción de tecnologías, como características de la innovación, canales de comunicación y normas sociales, esta comprensión es vital para diseñar estrategias efectivas de implementación tecnológica en cadenas de suministro, considerando las particularidades de diferentes regiones y culturas (Bag et al., 2020).

Finalmente, Everett Rogers (1962), desarrolló la Teoría de la Difusión de Innovaciones para explicar cómo se propagan las nuevas ideas y tecnologías a través de los sistemas sociales, es crucial para entender la propagación de nuevas tecnologías y prácticas en cadenas de suministro globales, especialmente en regiones en desarrollo como Ecuador y países vecinos, esta teoría explica cómo, por qué y a qué velocidad se difunden las innovaciones en sistemas sociales, en el contexto de la adopción de IA y Big Data en logística internacional, ayuda a comprender los desafíos y oportunidades de implementación, permite identificar factores que influyen en la adopción de tecnologías, como características de la innovación, canales de comunicación y normas sociales, esta comprensión es vital para diseñar estrategias efectivas de implementación tecnológica en cadenas de suministro, considerando las particularidades de diferentes regiones y culturas (Queiroz et al., 2022).

Las teorías presentadas en el estudio abarcan un amplio espectro de conceptos fundamentales para comprender la implementación de IA y Big Data en las cadenas de suministro internacionales. Estas teorías se pueden agrupar en varias categorías:

1. Fundamentos conceptuales: La Teoría de Sistemas Complejos Adaptativos proporciona un marco para entender la dinámica de las redes logísticas globales y la Teoría de la Difusión de Innovaciones explica cómo se propagan las nuevas tecnologías.
2. Aspectos técnicos: La Teoría de la Información y la Teoría de la Decisión y Optimización fundamentan los aspectos técnicos de la IA y el Big Data.
3. Estructura y eficiencia: La Teoría de Colas y la Teoría de Redes abordan la estructura y eficiencia de las cadenas de suministro.
4. Complejidad y responsabilidad: La Teoría del Caos y Predictibilidad, junto con la Teoría de la Sostenibilidad Triple Bottom Line, introducen consideraciones sobre la complejidad y la responsabilidad en la gestión logística.
5. Perspectivas estratégicas: La Teoría de la Cadena de Valor de Porter y la Teoría de Juegos proporcionan perspectivas estratégicas y competitivas.

Estas teorías, en conjunto, crean un marco conceptual robusto para el estudio, a partir de este fundamento teórico, es esencial examinar los conceptos clave que emergen y se aplican directamente en el contexto de la optimización de cadenas de suministro mediante IA y Big Data.

En toda investigación, la claridad y precisión en el uso de conceptos clave son fundamentales para garantizar la coherencia y profundidad del análisis, actúan como pilares que guían el enfoque teórico y metodológico del estudio, proporcionando una estructura sólida para interpretar los datos y extraer conclusiones significativas, en el contexto de esta investigación, que explora la optimización de las cadenas de suministro internacionales mediante la implementación de Inteligencia Artificial (IA) y Big Data, es esencial definir y comprender de manera exhaustiva conceptos como logística predictiva, sostenibilidad, resiliencia y eficiencia operativa, estos términos no solo encapsulan los objetivos principales del estudio, sino que también permiten una comunicación clara y precisa de los hallazgos, asegurando que las implicaciones del uso de tecnologías avanzadas en las cadenas de suministro sean interpretadas correctamente y aplicadas efectivamente en contextos reales.

La correcta definición y aplicación de estos conceptos clave es, por lo tanto, crucial para el éxito de la investigación, ya que facilita la integración de diferentes enfoques teóricos y contribuye a la construcción de un marco analítico robusto y riguroso, a continuación, se exponen:

Principalmente, la Inteligencia Artificial (IA) se encuentra en el núcleo de la revolución logística actual, esta tecnología transformadora implementa sistemas computacionales capaces de realizar tareas que normalmente requieren inteligencia humana, como aprendizaje automático, procesamiento del lenguaje natural y visión por computadora (Toorajipour et al., 2021), en el ámbito de la logística y las cadenas de suministro internacionales, la IA optimiza rutas de transporte, predice demandas, gestiona inventarios dinámicamente y automatiza la toma de decisiones, los sistemas de IA analizan vastas cantidades de datos en tiempo real, identifican patrones complejos y realizan predicciones precisas, permitiendo una gestión más eficiente y adaptativa de las cadenas de suministro, esta integración de la IA en la logística no solo mejora la eficiencia operativa, sino que también contribuye a la sostenibilidad y la resiliencia de las cadenas de suministro globales.

Por otro lado, el Big Data, estrechamente vinculado a la IA, es crucial para optimizar las cadenas de suministro modernas. Este concepto abarca la recopilación, procesamiento y análisis de vastos y complejos conjuntos de datos que superan las capacidades de las herramientas tradicionales (Tiwari et al., 2018), las fuentes de estos datos son diversas, incluyendo sensores IoT, sistemas ERP (Davenport, 2024), redes sociales y datos de transporte y clima, en el ámbito logístico, el Big Data proporciona una

visibilidad sin precedentes de toda la cadena de suministro, desde la obtención de materias primas hasta la entrega al consumidor final (Mentzer et al., 2011), esta tecnología permite una toma de decisiones más informada, mejora la eficiencia operativa y facilita la predicción de tendencias y patrones, transformando fundamentalmente la gestión de la cadena de suministro en la era digital.

Asimismo, la convergencia de la Inteligencia Artificial (IA) y el Big Data ha engendrado un paradigma revolucionario en la gestión logística: la logística predictiva, este enfoque avanzado trasciende la mera reacción a eventos, empleando datos históricos, análisis en tiempo real y algoritmos de aprendizaje automático para anticipar y optimizar las operaciones logísticas (Torkul et al., 2016), en el ámbito de las cadenas de suministro internacionales, la logística predictiva permite a las empresas prever fluctuaciones en la demanda, mitigar disrupciones potenciales y gestionar eficientemente los costos de transporte y almacenamiento, esta capacidad predictiva no solo mejora la eficiencia operativa y reduce costos, sino que también eleva significativamente la satisfacción del cliente, proporcionando una ventaja competitiva crucial en el mercado global actual, caracterizado por su complejidad y dinamismo (Waller & Fawcett, 2013).

Además, en el panorama empresarial actual, la eficiencia operativa debe complementarse con prácticas sostenibles, la sostenibilidad en las cadenas de suministro (Karmaker et al., 2021) integra estrategias que equilibran el rendimiento económico con la responsabilidad socioambiental en toda la red logística, este enfoque abarca la reducción de la huella de carbono, la optimización de recursos, la implementación de prácticas laborales éticas y la promoción de la economía circular (Geissdoerfer et al., 2017), en el contexto de la Industria 4.0 (Fatorachian & Kazemi, 2020), la IA y el Big Data potencian la sostenibilidad mediante la optimización de rutas, la predicción de desperdicios y la mejora de la trazabilidad, permitiendo verificar el cumplimiento de estándares éticos y ambientales (Bag et al., 2020) estas tecnologías emergentes están transformando las cadenas de suministro tradicionales en ecosistemas más resilientes y responsables, capaces de adaptarse a las crecientes demandas de sostenibilidad del mercado global.

En este contexto, en este marco de sostenibilidad y eficiencia impulsado por la tecnología, la optimización de cadenas de suministro se ha convertido en un proceso integral que busca mejorar la eficiencia y eficacia de todos los elementos de la red logística, desde la adquisición de materias primas hasta la entrega del producto final al consumidor (Ivanov et al., 2018), en el contexto de la Industria 4.0, la IA y el Big Data juegan un papel crucial en esta optimización, permitiendo el uso de algoritmos avanzados y análisis de datos masivos para tomar decisiones más informadas y precisas en tiempo real (Toorajipour et al., 2021); esto incluye la optimización de rutas de transporte,

la gestión dinámica de inventarios, la mejora de la planificación de la demanda y la sincronización de los diferentes actores de la cadena. Estas tecnologías emergentes no solo mejoran la eficiencia operativa, sino que también contribuyen a la creación de cadenas de suministro más ágiles, resilientes y sostenibles, capaces de adaptarse rápidamente a las fluctuaciones del mercado y a las disrupciones imprevistas.

Finalmente, aprovechando los avances tecnológicos y las tendencias globales en sostenibilidad, Ecuador y los países andinos tienen una oportunidad única para transformar sus sistemas logísticos, la implementación integrada de IA y Big Data puede ayudar a superar desafíos geográficos y de infraestructura, mientras que la logística predictiva mejora la planificación y la resiliencia ante disrupciones, el enfoque en la sostenibilidad contribuye a la preservación de los ecosistemas únicos de la región y mejora su competitividad en mercados globales cada vez más conscientes del medio ambiente, en última instancia, la optimización de las cadenas de suministro basada en estos conceptos puede llevar a una logística más eficiente, adaptativa y sostenible, fortaleciendo la posición competitiva de estos países en el comercio internacional y promoviendo un desarrollo económico más equilibrado y resiliente.

El análisis de los datos recopilados a través de observaciones directas y grupos focales reveló un panorama complejo y dinámico en cuanto a la adopción de Inteligencia Artificial (IA) y Big Data en las cadenas de suministro de Ecuador y países andinos vecinos.

- Se observó una adopción desigual de estas tecnologías, con una clara brecha entre las grandes empresas multinacionales y las pequeñas y medianas empresas (PYMES) locales, mientras que las multinacionales han implementado sistemas avanzados de IA para la optimización de rutas y la gestión de inventarios, la mayoría de las PYMES aún se encuentran en etapas iniciales de digitalización, esta disparidad se refleja en los indicadores de eficiencia logística, donde las empresas con mayor adopción de IA y Big Data mostraron una reducción promedio del 15% en los tiempos de entrega y un aumento del 20% en la precisión de las previsiones de demanda.
- No obstante, incluso entre las empresas que han adoptado estas tecnologías, se identificaron desafíos significativos, la falta de infraestructura de datos adecuada y la escasez de personal cualificado en análisis de datos y machine learning fueron citadas como las principales barreras para una implementación efectiva, además, la integración de sistemas legacy con nuevas soluciones de IA resultó ser un proceso complejo y costoso para muchas organizaciones, a pesar de estos obstáculos, las empresas que lograron superar estos desafíos reportaron beneficios sustanciales, por ejemplo, un importante operador logístico ecuatoriano logró reducir sus costos operativos en un 18% y mejorar su índice de satisfacción del cliente en un

25% tras implementar un sistema de IA para la optimización de rutas y la planificación de la demanda.

- En cuanto a la sostenibilidad, los resultados mostraron una correlación positiva entre la adopción de IA y Big Data y la mejora en los indicadores ambientales, las empresas que utilizaban estas tecnologías para optimizar sus rutas de transporte y gestionar eficientemente sus inventarios reportaron una reducción promedio del 12% en sus emisiones de CO<sub>2</sub>, además, la implementación de sistemas de trazabilidad basados en IA permitió a varias empresas mejorar significativamente la transparencia de su cadena de suministro, facilitando la verificación de prácticas éticas y sostenibles, sin embargo, también se observó que la mayoría de las iniciativas de sostenibilidad se centraban principalmente en la eficiencia energética y la reducción de emisiones, con menos énfasis en aspectos sociales y de economía circular.
- Un hallazgo particularmente interesante fue el impacto de la colaboración regional en la adopción de IA y Big Data, las empresas que participaban en iniciativas de colaboración transfronteriza para compartir datos y recursos tecnológicos mostraron una tasa de adopción un 30% mayor que aquellas que operaban de manera aislada, esta colaboración resultó especialmente beneficiosa para las PYMES, permitiéndoles acceder a tecnologías y conocimientos que de otra manera estarían fuera de su alcance, además, se observó que los países con políticas más proactivas de fomento a la innovación y digitalización, como Colombia, presentaban un ecosistema más maduro para la implementación de IA y Big Data en logística.

### Interpretación de Resultados

Estos resultados arrojan luz sobre la compleja dinámica de la adopción de IA y Big Data en las cadenas de suministro de la región andina, revelando tanto oportunidades prometedoras como desafíos significativos, la brecha observada entre grandes empresas y PYMES en la adopción de estas tecnologías refleja una problemática más amplia de desigualdad tecnológica que podría exacerbar las disparidades económicas existentes en la región, esta situación subraya la importancia de desarrollar políticas públicas y programas de apoyo específicamente diseñados para facilitar el acceso de las PYMES a tecnologías avanzadas de IA y Big Data, sin tales intervenciones, existe el riesgo de que se cree un “abismo digital” en el sector logístico, donde solo las grandes empresas puedan beneficiarse de las eficiencias y ventajas competitivas que ofrecen estas tecnologías.

Por otro lado, los beneficios observados en términos de eficiencia operativa y sostenibilidad entre las empresas que han adoptado con éxito IA y Big Data son alentadores, estos resultados validan las teorías sobre el potencial transformador de estas tecnologías en la gestión de cadenas de suministro, como se discutió en el marco teórico, la reducción en los tiempos de entrega y la mejora en la precisión de las previsiones de demanda demuestran

cómo la IA puede abordar efectivamente los desafíos de complejidad e incertidumbre inherentes a las cadenas de suministro internacionales, además, la correlación positiva entre la adopción de estas tecnologías y la mejora en los indicadores ambientales sugiere que la IA y el Big Data pueden ser herramientas poderosas para avanzar hacia una logística más sostenible, alineándose con los conceptos de Triple Bottom Line discutidos anteriormente.

Sin embargo, los desafíos identificados en la implementación de estas tecnologías, particularmente en términos de infraestructura de datos y capital humano, subrayan la necesidad de un enfoque holístico en la transformación digital de las cadenas de suministro, estos hallazgos resuenan con la Teoría de la Difusión de Innovaciones de Rogers, destacando la importancia de factores como la compatibilidad con sistemas existentes y la complejidad percibida en la adopción de nuevas tecnologías, para superar estos obstáculos, será crucial desarrollar programas de formación especializados en IA y análisis de datos, así como invertir en la modernización de la infraestructura digital en la región, además, la dificultad reportada en la integración de sistemas legacy sugiere la necesidad de soluciones tecnológicas más flexibles y adaptables al contexto local.

El impacto positivo observado de la colaboración regional en la adopción de IA y Big Data es particularmente relevante en el contexto de la Teoría de Redes y la optimización de cadenas de suministro, este hallazgo sugiere que el desarrollo de ecosistemas colaborativos puede ser una estrategia efectiva para acelerar la transformación digital del sector logístico en la región andina, la colaboración transfronteriza no solo facilita el acceso a tecnologías avanzadas, sino que también promueve el intercambio de conocimientos y mejores prácticas, creando un efecto multiplicador en la adopción de innovaciones, este enfoque colaborativo podría ser especialmente beneficioso para abordar desafíos comunes en la región, como la optimización de rutas de transporte multimodal o la gestión de riesgos en cadenas de suministro transnacionales.

Finalmente, la correlación observada entre políticas proactivas de innovación y un ecosistema más maduro para la implementación de IA y Big Data destaca el papel crucial de los gobiernos en la promoción de la transformación digital, este hallazgo subraya la importancia de desarrollar marcos regulatorios favorables, incentivos fiscales y programas de apoyo gubernamental para fomentar la adopción de tecnologías avanzadas en el sector logístico, además, sugiere que las políticas públicas deben ir más allá del mero fomento de la adopción tecnológica, abordando también aspectos como la formación de talento, la promoción de estándares de interoperabilidad y la creación de infraestructuras de datos compartidas que puedan beneficiar a todo el ecosistema logístico.

En conjunto, estos resultados y su interpretación proporcionan una base sólida para el desarrollo de estrategias

integrales destinadas a impulsar la adopción de IA y Big Data en las cadenas de suministro de Ecuador y la región andina, subrayan la necesidad de un enfoque multifacético que aborde no solo los aspectos técnicos de la implementación, sino también los desafíos organizacionales, de capital humano y de política pública. Al mismo tiempo, revelan el potencial transformador de estas tecnologías para crear cadenas de suministro más eficientes, resilientes y sostenibles, lo que podría contribuir significativamente a la competitividad y el desarrollo económico de la región en el largo plazo.

## CONCLUSIONES

La presente investigación ha arrojado luz sobre el estado actual y el potencial de la implementación de Inteligencia Artificial (IA) y Big Data en la optimización de cadenas de suministro internacionales en Ecuador y países andinos vecinos. Los hallazgos principales revelan una adopción desigual de estas tecnologías, con una clara brecha entre grandes empresas multinacionales y PYMES locales. No obstante, las organizaciones que han logrado implementar con éxito soluciones de IA y Big Data han experimentado mejoras significativas en eficiencia operativa, precisión en la previsión de demanda y sostenibilidad ambiental. Se identificaron desafíos críticos en la implementación, incluyendo la falta de infraestructura de datos adecuada y la escasez de personal cualificado. Sin embargo, también se observó que la colaboración regional y las políticas proactivas de innovación juegan un papel crucial en acelerar la adopción y maximizar los beneficios de estas tecnologías en el sector logístico.

Estos hallazgos tienen implicaciones significativas tanto para la teoría como para la práctica en el campo de la gestión de cadenas de suministro. Desde una perspectiva teórica, los resultados validan y expanden los modelos existentes sobre la adopción de tecnologías disruptivas en logística, subrayando la importancia de considerar factores contextuales específicos de la región andina. La investigación contribuye a la literatura al proporcionar evidencia empírica sobre cómo la IA y el Big Data pueden abordar los desafíos únicos de las cadenas de suministro en economías emergentes, complementando así las teorías existentes que se han centrado principalmente en contextos de países desarrollados. Además, los hallazgos sobre el impacto de la colaboración regional en la adopción tecnológica ofrecen nuevas perspectivas para la Teoría de Redes y la difusión de innovaciones en entornos transfronterizos.

En términos prácticos, las conclusiones de este estudio tienen implicaciones directas para los gestores de cadenas de suministro, formuladores de políticas y líderes empresariales en la región andina. Para los profesionales de la logística, los resultados subrayan la necesidad de desarrollar estrategias integrales de transformación digital que vayan más allá de la mera adopción de tecnología,

abordando también aspectos culturales, de capital humano y de gestión del cambio. Los formuladores de políticas pueden encontrar en estos hallazgos una base para diseñar programas más efectivos de fomento a la innovación en el sector logístico, con énfasis en el apoyo a PYMES y la promoción de colaboraciones público-privadas. Para los líderes empresariales, la investigación destaca la importancia de la colaboración regional y la participación en ecosistemas de innovación como estrategias clave para superar las barreras de adopción tecnológica y maximizar los beneficios de la IA y el Big Data.

Es importante reconocer las limitaciones de este estudio, que deben ser consideradas al interpretar sus resultados y conclusiones. En primer lugar, la investigación se centró en Ecuador y países andinos vecinos, lo que puede limitar la generalización de los hallazgos a otros contextos geográficos o económicos. Además, dado el rápido ritmo de avance tecnológico en IA y Big Data, es posible que algunos de los desafíos y oportunidades identificados evolucionen rápidamente en el corto plazo. La naturaleza transversal del estudio también limita nuestra capacidad para observar la evolución temporal de la adopción tecnológica y sus impactos a largo plazo. Finalmente, aunque se hizo un esfuerzo por incluir una muestra diversa de empresas y stakeholders, es posible que ciertos sectores o tipos de organizaciones estén subrepresentados en los datos recopilados.

Estas limitaciones, junto con los hallazgos del estudio, sugieren varias direcciones prometedoras para futuras investigaciones. En primer lugar, sería valioso realizar estudios longitudinales para rastrear la evolución de la adopción de IA y Big Data en las cadenas de suministro de la región a lo largo del tiempo, permitiendo una comprensión más profunda de los factores que influyen en el éxito a largo plazo de estas implementaciones. Además, se recomienda expandir el alcance geográfico del estudio para incluir comparaciones con otras regiones emergentes, lo que podría revelar patrones y desafíos comunes en la adopción de tecnologías avanzadas en logística. Otra área fértil para futuras investigaciones es el desarrollo de modelos predictivos que puedan ayudar a las empresas a evaluar su preparación para la adopción de IA y Big Data, así como a anticipar los posibles impactos en su rendimiento logístico.

Finalmente, se sugiere profundizar en el estudio de las implicaciones éticas y sociales de la implementación de IA y Big Data en las cadenas de suministro, especialmente en el contexto de economías emergentes. Esto podría incluir investigaciones sobre el impacto en el empleo, la privacidad de datos y la equidad en el acceso a tecnologías avanzadas. Además, sería valioso explorar más a fondo cómo estas tecnologías pueden ser aprovechadas para promover prácticas más sostenibles y socialmente responsables en la logística internacional. En última instancia, estas líneas de investigación podrían contribuir al

desarrollo de un marco más completo y matizado para la implementación ética y efectiva de IA y Big Data en la optimización de cadenas de suministro en la región andina y más allá.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anaba, D. C., Kess-Momoh, A. J., & Ayodeji, S. A. (2024). Optimizing supply chain and logistics management: A review of modern practices. *Open Access Research Journal of science And Technology*, 11(2), 20-28. <https://doi.org/10.53022/oarjst.2024.11.2.0083>
- Bag, S., Gupta, S., & Luo, Z. (2020). Examining the role of logistics 4.0 enabled dynamic capabilities on firm performance. *The International Journal of Logistics Management*, 31(3), 607-628. <https://doi.org/10.1108/IJLM-11-2019-0311>
- Davenport, T. H. (2024). Putting the Enterprise into the Enterprise System. <https://hbr.org/1998/07/putting-the-enterprise-into-the-enterprise-system>
- Fatorachian, H., & Kazemi, H. (2020). Impact of Industry 4.0 on supply chain performance. *Production Planning & Control*, 32(1), 63-81. <https://doi.org/10.1080/09537287.2020.1712487>
- Fosso Wamba, S., Queiroz, M. M., & Trinchera, L. (2020). Dynamics between blockchain adoption determinants and supply chain performance: An empirical investigation. *International Journal of Production Economics*, 229(2). <https://ideas.repec.org/a/eee/proeco/v229y-2020ics0925527320301687.html>
- Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N., & Hultink, E. J. (2017). The Circular Economy – A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*, 143, 757-768; <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>
- Govindan, K., Cheng, T. C., Mishra, N., & Shukla, N. (2018). Big data analytics and application for logistics and supply chain management. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 114, 343-349. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2018.03.011>
- Gunasekaran, A., Subramanian, N., & Papadopoulos, T. (2017). Information technology for competitive advantage within logistics and supply chains: A review. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 99, 14-33; <https://doi.org/10.1016/j.tre.2016.12.008>
- Ivanov, D., & Dolgui, A. (2020). Viability of Intertwined Supply Networks: Extending the Supply Chain Resilience Angles towards Survivability. A Position Paper Motivated by COVID-19 Outbreak. *International Journal of Production Research*, 58, 2904-2915. <https://doi.org/10.1080/00207543.2020.1750727>

- Ivanov, D., Dolgui, A., & Sokolov, B. (2018). The impact of digital technology and Industry 4.0 on the ripple effect and supply chain risk analytics. *International Journal of Production Research*, 57(3), 829–846. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1488086>
- Ivanov, D., Dolgui, A., & Sokolov, B. (2019). Ripple Effect in the Supply Chain: Definitions, Frameworks and Future Research Perspectives. En D. Ivanov, A. Dolgui, & B. Sokolov, *Handbook of Ripple Effects in the Supply Chain*. (pp. 1-33). Springer.
- Kache, F., & Seuring, S. (2017). Challenges and opportunities of digital information at the intersection of Big Data Analytics and supply chain management. *International Journal of Operations & Production Management*, 37(1), 10-36. <https://doi.org/10.1108/IJOPM-02-2015-0078>.
- Karmaker, C., Tazim Ahmed, Sayem Ahmed, Mithun Ali, S., Abdul Moktadir, M., & Golam Kabir. (2021). Improving supply chain sustainability in the context of COVID-19 pandemic in an emerging economy: Exploring drivers using an integrated model. *Sustainable Production and Consumption*, 26, 411-427. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.09.019>
- Lee, J., Davari, H., Singh, J., & Pandhare, V. (2018). Industrial Artificial Intelligence for industry 4.0-based manufacturing systems. *Manufacturing Letters*, 18, 20-23. <https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2018.09.002>.
- Li, Y., & Zobel, C. (2020). Exploring supply chain network resilience in the presence of the ripple effect. *International Journal of Production Economics*, 228. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107693>.
- Madani, S., & Barzoki, M. R. (2017). Sustainable supply chain management with pricing, greening and governmental tariffs determining strategies: A game-theoretic approach. *Computers & Industrial Engineering*, 105, 287-298. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2017.01.017>
- Mentzer, J. T., DeWitt, W., Keebler, J. S., Min, S., Nix, N. W., Smith, C. D., & Zacharia, Z. G. (2011). Defining supply chain management. *Journal of Business Logistics*, 22(2), 1-15. <https://doi.org/10.1002/j.2158-1592.2001.tb00001.x>.
- Qu, C., & Kim, E. (2024). La gestión de cadenas de suministro internacionales en la era global requiere un enfoque multidisciplinario que integre teorías como la de Sistemas Complejos Adaptativos y la Difusión de Innovaciones. La incorporación de IA y Big Data potencia la adaptabi. *Sustainability*, 16(14). <https://doi.org/10.3390/su16146186>
- Queiroz, M. M., Ivanov, D., Dolgui, A., & Wamba, S. F. (2022). Impacts of epidemic outbreaks on supply chains: mapping a research agenda amid the COVID-19 pandemic through a structured literature review. *Annals of Operations Research*, 319, 1159–1196. <https://doi.org/10.1007/s10479-020-03685-7>
- Schwab, K. (2020). La Cuarta Revolución Industrial. *Futuro Hoy del Fondo Editorial de la Sociedad Secular Humanista del Perú*. <https://futurohoy.ssh.org.pe/wp-content/uploads/2020/12/Schwab-Klaus-2020.-La-Cuarta-Revolucion-Industrial.-Futuro-Hoy.-Vol.1-Nro.1.pdf>
- Tiwari, S., Wee, H., & Daryanto, Y. (2018). Big data analytics in supply chain management between 2010 and 2016: Insights to industries. *Computers & Industrial Engineering*, 115, 319-330. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2017.11.017>
- Toorajipour, R., Sohrabpour, V., Nazarpour, A., Oghazi, P., & Fischl, M. (2021). Artificial intelligence in supply chain management: A systematic literature review. *Journal of Business Research*, 122, 502-517. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.09.009>
- Torkul, O., Yilmaz, R., Selvi, I. H., & Cesur, R. (2016). A real-time inventory model to manage variance of demand for decreasing inventory holding cost. *Computers & Industrial Engineering*, 102, 435-439. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2016.04.020>
- Waller, M. A., & Fawcett, S. E. (2013). Data Science, Predictive Analytics, and Big Data: A Revolution That Will Transform Supply Chain Design and Management. *Journal of Business Logistics*, 34(2), 77-84. <https://doi.org/10.1111/jbl.12010>
- Yang, C. (2024). Innovation in Cross-Border Supply Chain Inventory Management Driven by Big Data. *Advances in Economics, Management and Political Sciences*, 76, 66-73. <https://doi.org/10.54254/2754-1169/76/20241882>