

Global Green Logistics in International Business: Trends, Challenges & Future Directions – A Systematic Literature Review

Richard Ignacio Montes-Tocto¹; Luis Alberto Ubillus Ubillus²; Billy Heinrich Maco Elera³; Heidi Halina Razuri Rubio³; Jamerli Saldaña Arevalo; Juan Fernando Yalta Vallejos; Carlos Alberto Otero Gonzales⁴

¹Universidad Tecnológica del Perú, Perú, c23108@utp.edu.pe

²Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Perú, lubillus@usat.edu.pe

³Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Perú, bmaco@unprg.edu.pe, hrazuriru@unprg.edu.pe, jsaldanaa@unprg.edu.pe,
jyalta@unprg.edu.pe

⁴Universidad Señor de Sipán, Perú, carlosotero@uss.edu.pe

Abstract– *This systematic literature review was conducted to explore emerging trends and perspectives of green logistics in the field of international business, identifying best practices, challenges, and gaps in the literature. To achieve this objective, a PICO strategy was designed to formulate the research question, and an exhaustive search was carried out in the Scopus database, limiting the selection to open-access articles published between 2021 and 2025. Subsequently, the PRISMA method was applied, initially reducing 360 studies to 56 that met the criteria of thematic precision and methodological rigor.*

The results reveal that leading green logistics companies demonstrate a strong environmental commitment, investing in disruptive technologies such as blockchain, IoT, and data analytics, and obtaining international certifications. Likewise, route optimization through mathematical models and the establishment of strategic partnerships stand out as fundamental elements for improving operational efficiency and reducing environmental footprint. In conclusion, the integration of green logistics practices emerges as key to reconciling competitiveness and sustainability in a global environment, suggesting the need for longitudinal studies and adaptations in emerging markets.

Keywords– “Global”, “Green Logistics”, “International Business”, “Trends”, “Challenges”, “Future Directions”, “Systematic Literature Review”.

Logística verde global en los negocios internacionales: tendencias, desafíos y perspectivas futuras – Una revisión sistemática de la literatura

Richard Ignacio Montes-Tocto¹; Luis Alberto Ubillus Ubillus²; Billy Heinrich Maco Elera³; Heidi Halina Razuri Rubio³; Jamerli Saldaña Arevalo; Juan Fernando Yalta Vallejos; Carlos Alberto Otero Gonzales⁴

¹Universidad Tecnológica del Perú, Perú, c23108@utp.edu.pe

²Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Perú, lubillus@usat.edu.pe

³Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Perú, bmaco@unprg.edu.pe, hrazuriru@unprg.edu.pe, jsaldanaa@unprg.edu.pe, jyalta@unprg.edu.pe

⁴Universidad Señor de Sipán, Perú, carlosotero@uss.edu.pe

Resumen— La presente revisión sistemática de literatura se realizó con el propósito de explorar las tendencias emergentes y perspectivas de la logística verde en el ámbito de los negocios internacionales, identificando mejores prácticas, desafíos y vacíos en la literatura. Para alcanzar este objetivo, se diseñó una estrategia PICO que permitió formular la pregunta de investigación y se ejecutó una búsqueda exhaustiva en la base de datos Scopus, limitando la selección a artículos de acceso abierto publicados entre 2021 y 2025. Posteriormente, se aplicó el método PRISMA, reduciendo inicialmente 360 estudios a 56 que cumplieran con los criterios de precisión temática y rigor metodológico.

Los resultados revelan que las empresas líderes en logística verde demuestran un firme compromiso ambiental, invirtiendo en tecnologías disruptivas como blockchain, IoT y análisis de datos, además de obtener certificaciones internacionales. Asimismo, la optimización de rutas mediante modelos matemáticos y el establecimiento de alianzas estratégicas se destacan como elementos fundamentales para mejorar la eficiencia operativa y reducir la huella ambiental. En conclusión, la integración de prácticas de logística verde se presenta como clave para conciliar competitividad y sostenibilidad en un entorno global, lo que sugiere la necesidad de estudios longitudinales y adaptaciones en mercados emergentes.

Palabras clave—Global, logística verde, negocios internacionales, tendencias, cambios, direcciones futuras, RSL.

I. INTRODUCCIÓN

La creciente preocupación por el deterioro ambiental, asociado tanto a la globalización como al comercio internacional, ha puesto de relieve la relevancia de la logística verde en el ámbito empresarial [1], [2]. Este enfoque busca integrar prácticas sostenibles en el manejo de los flujos de mercancías, así como en otras actividades relacionadas con la cadena de suministro, con el fin de reducir los efectos perjudiciales que la logística puede ejercer sobre el entorno. En los últimos años, la logística verde ha adquirido mayor importancia dentro de los negocios internacionales, impulsando a las organizaciones a incorporar criterios ambientales en sus procesos de transporte, distribución y almacenamiento, entre otros [2][3].

La logística verde se concibe como un conjunto de estrategias y acciones orientadas a mitigar el impacto ambiental derivado de la gestión de productos a lo largo de su ciclo de vida[4]. Comprende iniciativas que abarcan desde la

optimización de rutas de transporte hasta la implementación de tecnologías menos contaminantes, con el fin de minimizar emisiones de gases de efecto invernadero, ruidos y residuos, entre otros factores[5], [6]. De esta manera, su área de aplicación incluye múltiples sectores productivos y de servicios, ya que se vincula tanto con la fabricación y distribución de bienes como con la gestión de cadenas de suministro de alcance global [7].

Entre los conceptos clave que sustentan la logística verde se encuentran la medición, el análisis y la disminución de la huella ambiental de las actividades logísticas. Para ello, se evalúan elementos como el consumo energético, la generación de desechos y la contaminación atmosférica, con el propósito de implementar soluciones que reduzcan significativamente dichos impactos [8]. Asimismo, la noción de huella ambiental se relaciona con la responsabilidad de las empresas por incorporar criterios sostenibles en cada eslabón de la cadena de suministro, desde la producción de materias primas hasta la disposición final de los productos [9].

En el contexto de los negocios internacionales, estos principios adquieren mayor relevancia debido al alcance global de las operaciones y a la multiplicidad de actores involucrados. El intercambio comercial a gran escala exige planes logísticos complejos, que no solo contemplen la eficiencia en términos de costos y tiempos, sino que también incluyan la adopción de tecnologías y prácticas respetuosas con el medioambiente [10]. De esta forma, la logística verde se presenta como un medio para equilibrar la competitividad empresarial con el cumplimiento de las regulaciones ambientales y las expectativas sociales crecientes en materia de sostenibilidad [11].

Los desafíos ambientales contemporáneos, como el cambio climático y la sobreexplotación de recursos naturales, exigen respuestas concretas por parte de las organizaciones [12]. En este sentido, la logística verde proporciona herramientas y estrategias que facilitan la transición hacia modelos de negocio más sostenibles, no solo al interior de las empresas, sino también a lo largo de las redes logísticas internacionales [13]. Por ello, resulta pertinente llevar a cabo una Revisión Sistemática de Literatura (RSL) que reúna y analice los hallazgos más recientes sobre tendencias, beneficios y

limitaciones de la implementación de la logística verde, ofreciendo así una visión integral de la problemática y posibles líneas de investigación futuras [14].

La logística verde se ha convertido en un elemento central para la competitividad de las empresas que operan en mercados internacionales, ya que su adopción repercute tanto en el desempeño financiero como en la percepción de valor por parte de los consumidores [7], [8]. Al integrar criterios ambientales en sus procesos logísticos, las organizaciones no solo cumplen con regulaciones cada vez más estrictas, sino que también optimizan la eficiencia operativa y reducen costes a largo plazo [10]. De esta manera, la importancia de la logística verde radica en su capacidad de armonizar la rentabilidad económica con la protección medioambiental, favoreciendo un crecimiento sostenible y responsable.

A pesar del creciente interés en esta temática, persisten importantes lagunas de conocimiento en torno a la implementación práctica de medidas de logística verde [3]. Estudios previos señalan la existencia de requisitos contradictorios en términos de costo, tiempo y fiabilidad, así como la complejidad tecnológica y la necesidad de una mayor comprensión de las dinámicas de colaboración entre distintos actores de la cadena de suministro [14]. Además, aunque se han documentado los impactos positivos sobre la eficiencia y el rendimiento económico, aún hacen falta investigaciones que profundicen en la integración de estas prácticas en diversas industrias y contextos culturales [11], [13]. Esto pone de manifiesto la necesidad de estudios exhaustivos, como el que se propone en la presente investigación, para dilucidar dichos desafíos y ofrecer lineamientos que orienten a empresas y formuladores de políticas.

Realizar una Revisión Sistemática de Literatura en torno a las tendencias y perspectivas de la logística verde en los negocios internacionales puede generar beneficios significativos en distintos ámbitos. Por un lado, se aportarían recomendaciones basadas en evidencias científicas para guiar a las empresas en la selección e implementación de prácticas logísticas más sostenibles [15]. Estas orientaciones podrían traducirse en la adopción de tecnologías limpias, en el rediseño de procesos operativos y en el fomento de la colaboración interorganizacional, favoreciendo la innovación y la competitividad global [3], [8].

Por otro lado, los hallazgos podrían incidir en la formulación de políticas públicas que estimulen la difusión y normalización de estos enfoques, impulsando la inversión en investigación y desarrollo de soluciones logísticas más respetuosas con el entorno [11]. Finalmente, esta revisión contribuiría al avance del conocimiento académico, proporcionando una síntesis crítica de la literatura disponible, identificando los principales vacíos de investigación y proponiendo nuevas líneas de estudio para consolidar el campo de la logística verde como eje transversal de la sostenibilidad en el comercio internacional.

II. METODOLOGÍA

En esta RSL se ha utilizado la metodología PICO para diseñar estrategias de búsqueda sistemática de literatura [15]. Esta metodología es una herramienta fundamental que permite formular preguntas de investigación de manera clara y estructurada, optimizando tanto la eficiencia como la efectividad en la búsqueda y evaluación de literatura científica. Componentes PICO: P (Problema/Población): Empresas de negocios internacionales, I (Intervención): Implementación de prácticas de logística verde, C (Comparación): Logística tradicional, O (Resultado): Identificación de las tendencias y mejores prácticas que influyen en su adopción. En este contexto, se plantea las siguientes preguntas:

Preguntas específicas

- **P** ¿Qué características definen a las empresas que operan en negocios internacionales y que lideran la adopción de prácticas de logística verde?
- **I** ¿Cuáles son las prácticas específicas de logística verde (tecnologías, procesos, certificaciones, etc.) más implementadas por las empresas que operan en negocios internacionales?
- **C** ¿Qué diferencias se observan en el desempeño logístico y ambiental de las empresas antes y después de adoptar prácticas de logística verde?
- **O** ¿Qué tendencias y mejores prácticas se han consolidado en la adopción de la logística verde, y cómo impactan en la competitividad y la reputación de las empresas que operan a nivel internacional?

Se realizó la búsqueda de literatura en la base de datos de Scopus, empleando los operadores booleanos “and” y “or”, obteniendo la siguiente ecuación: (TITLE-ABS-KEY ("Green Logistics" OR "Sustainable Logistics" OR "Eco-logistics" OR "Environmental Logistics" OR "Low-carbon Logistics" OR "Sustainable Supply Chain" OR "Green Supply Chain" OR "Sustainable Transportation" OR "Eco-friendly Transportation" OR "Decarbonized Logistics") AND TITLE-ABS-KEY ("International Business" OR "Global Business" OR "Cross-border Trade" OR "Foreign Trade" OR "International Commerce" OR "Global Trade" OR "Transnational Business" OR "Multinational Enterprises" OR "Global Supply Chain" OR "International Logistics" OR "Export Logistics" OR "Global Freight" OR "Trade and Environment")) AND (LIMIT-TO (PUBYEAR , 2021) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2022) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2023) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2024) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2025)) AND (LIMIT-TO (OA , "all")). Con el fin de aplicar un enfoque más riguroso y preciso en la selección de literatura científica, se realizó un análisis PRISMA [16], [17]. Utilizando las palabras clave de la ecuación mostrada, Se llevó a cabo una única búsqueda en la base de datos Scopus, donde se identificaron inicialmente un total de 360 registros. Antes del cribado manual, se aplicaron dos filtros automáticos: primero se excluyeron 122 registros por no ser de acceso abierto, y a continuación se descartaron 152

adicionales por no corresponder al periodo de los últimos cinco años se excluyeron 152 artículos al centrarse la búsqueda en el periodo comprendido entre 2021 y marzo de 2025.

De los 360 ítems iniciales se retuvieron 86 para la fase de screening (título y resumen). Durante este paso, 30 registros fueron eliminados por “no profundizar en la temática o desviarse de ella (SLR, bibliometría)”, dejando 56 informes completos para su recuperación y evaluación relevantes para el desarrollo del estudio como se muestra en la Fig. 1.

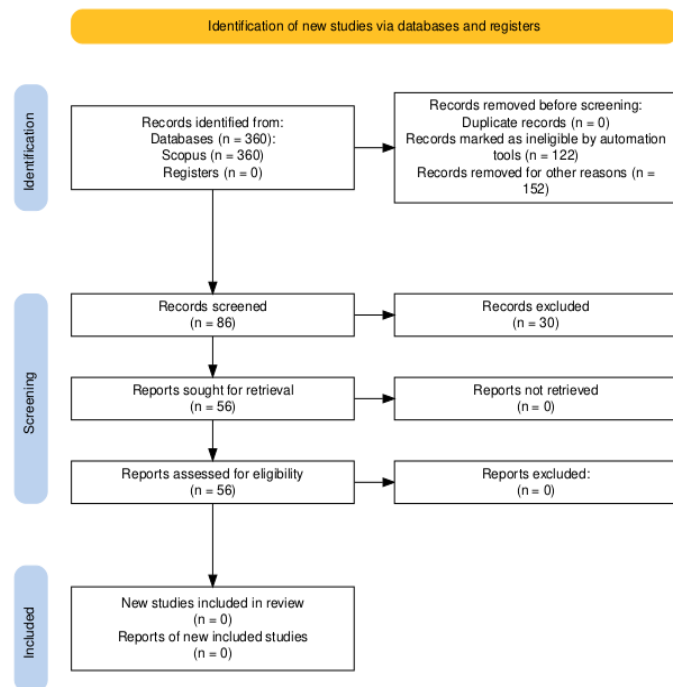


Fig. 1 Flujo PRISMA de la revisión de tendencias en logística verde en negocios internacionales.

III. RESULTADOS

Características de las empresas líderes en Logística Verde.

La evidencia empírica muestra que las empresas líderes en la adopción de prácticas de logística verde en el contexto de negocios internacionales comparten una serie de características distintivas. En primer lugar, múltiples estudios destacan el **compromiso ambiental** y la orientación estratégica hacia la sostenibilidad. Por ejemplo, se resalta que estas empresas invierten en flotas ecológicas, adoptan políticas internas alineadas con regulaciones internacionales y buscan activamente subsidios o incentivos gubernamentales para fortalecer su imagen ambiental [18], [19], [20], [21], [22].

Asimismo, otros autores enfatizan que las empresas líderes cuentan con **estructuras organizativas flexibles** y sistemas avanzados de gestión de la información[23], [24], [25]. Esto les permite integrar tecnologías disruptivas (por ejemplo, análisis de datos, redes neuronales y blockchain) y responder de manera

ágil a cambios en normativas y presiones del mercado [26], [27], [28], [29]. Además, estudios posteriores [30], [31], [32], [33] destacan que la inversión en innovación tecnológica y la formación interna son componentes críticos que permiten a estas empresas mantener un alto nivel de competitividad internacional.

La integración de alianzas estratégicas y la colaboración público-privada se mencionan en investigaciones como las de [34], [35], mientras que otros autores hacen hincapié en la importancia de modelos integrados de gestión y optimización de la cadena de suministro como [36], [37]. Por otro lado, estudios centrados en aspectos financieros y de gobernanza [38], [39], [40] evidencian que la transparencia en la información, la estabilidad en relaciones con proveedores y una sólida reputación corporativa son rasgos fundamentales de las empresas que lideran la logística verde. Finalmente, investigaciones más recientes [41], [42], [43], [44], [45] confirman que la alta capacidad de adaptación, la resiliencia operativa y el compromiso con estándares internacionales (incluyendo certificaciones y evaluaciones ESG) constituyen elementos esenciales para alcanzar el liderazgo en el ámbito internacional [46], [47], [48], [49], [50].

Además, se detallan estudios que complementan esta visión al mostrar que la adopción de soluciones digitales y el uso de modelos matemáticos avanzados los cuales son decisivos para la reconfiguración de las cadenas de suministro[24], [51], [52], [53]. La tendencia se consolida también en investigaciones recientes [54], [55], [56], [57], [58] que destacan la digitalización y la colaboración intersectorial como rasgos distintivos, siendo cruciales para la integración de procesos ecológicos y la reducción de impactos ambientales. Por último, se muestran estudios de refuerzan que el liderazgo en logística verde se asocia con estrategias de innovación colaborativa y sistemas de gobernanza avanzados [59], [60], [61], [62], extendiéndose a sectores de alta complejidad y riesgo como el marítimo y el manufacturero [63], [64], [65], [66], [67]. Finalmente, en contextos de alta incertidumbre y riesgo de disrupciones, la resiliencia operativa y la capacidad de adaptación mediante tecnologías predictivas y de análisis de riesgos son características definitorias[68], [69], [70], [71].

Con el fin de ordenar las características clave de las empresas se propone dos dimensiones críticas siendo: su compromiso ambiental y su capacidad de adaptación, por lo que se presenta en la Fig. 2, una matriz que ubica cuatro perfiles organizativos. Esto nos permite visualizar de un vistazo cómo, en función de estos ejes, se distribuyen las prácticas y estructuras más representativas.

En el cuadrante superior derecho, donde confluyen alto compromiso y alta adaptabilidad, las empresas destacan por su **inversión en flotas ecológicas**. En contraste, en la zona inferior derecha (alta adaptabilidad, bajo compromiso) se observa la **adopción de tecnologías disruptivas** sin un fuerte respaldo medioambiental. El cuadrante superior izquierdo agrupa a las compañías con **políticas internas alineadas con regulaciones**

pero menos flexibles; mientras que en el inferior izquierdo aparecen aquellas con **estructuras organizativas rígidas** y escaso compromiso ambiental. Este mapeo facilita la identificación de brechas y oportunidades para progresar hacia una logística cada vez más verde; a continuación, profundizamos en cada una de estas prácticas.

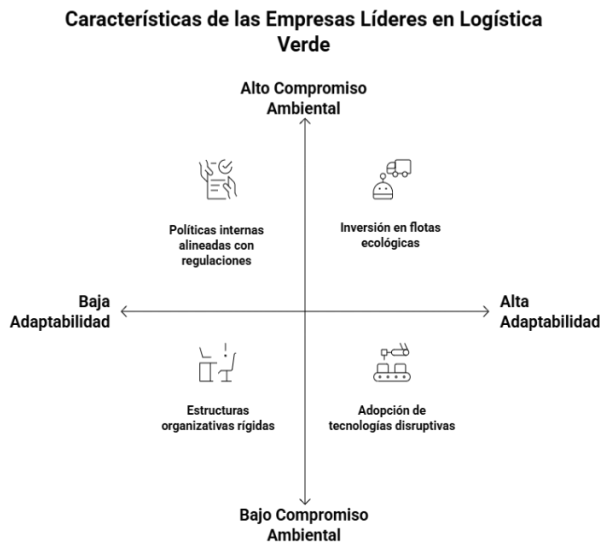


Fig. 2 Matriz de compromiso ambiental y adaptabilidad en logística verde

Prácticas específicas de logística verde implementadas por empresas que operan en negocios internacionales.

Los estudios analizados revelan una amplia gama de prácticas específicas implementadas por las empresas en negocios internacionales. Estas prácticas se pueden clasificar en varias categorías:

Transporte y Flotas Ecológicas. La adopción de vehículos eléctricos, híbridos y de hidrógeno es recurrente [18], [19], [20], [21], [22]. Se destaca la instalación de estaciones de carga y el uso de metodologías como V2G para maximizar la eficiencia energética [23], [24], [25].

Optimización y Digitalización de la Cadena de Suministro. La implementación de sistemas de análisis de ciclo de vida, auditorías sociales y evaluaciones basadas en big data es común [30], [31], [32], [33]. Tecnologías emergentes como blockchain, IoT y análisis predictivo se utilizan para mejorar la trazabilidad y transparencia [34], [35], [36], [37].

Certificaciones y Estándares Ambientales. La obtención de certificaciones ambientales (por ejemplo, ISO 14000, OHSAS 18001 y estándares ESG) se reporta en numerosos estudios [38], [39], [40], [41], [42]. Estas certificaciones actúan como mecanismos de gobernanza y evaluación de la sostenibilidad [43], [44].

Uso de Modelos y Herramientas de Optimización. Se emplean modelos matemáticos y de simulación (optimización multiobjetivo, análisis de Pareto, modelos mixtos enteros) para reestructurar redes logísticas y reducir la huella de carbono [45], [46], [47], [72]. Asimismo, herramientas predictivas

basadas en machine learning se utilizan para gestionar riesgos ambientales [49], [50].

Estrategias Colaborativas e Interorganizacionales. La colaboración a través de alianzas estratégicas, redes de intermediación y asociaciones público-privadas es clave para la implementación de prácticas verdes [51], [52], [53], [54], [73]. En este sentido, el uso de plataformas digitales para compartir información y coordinar acciones se ha consolidado como una práctica esencial [55], [56], [57].

Innovaciones en Infraestructura y Equipos. En el sector portuario y de transporte marítimo se destacan prácticas como el fomento del transporte en contenedores y el uso de tecnologías disruptivas [58], [59], [60], [61]. Además, se incorporan tecnologías como el Physical Internet para optimizar el uso de contenedores y reducir emisiones [62], [63].

Otros estudios a su vez [64], [65], [66], [67], [68] aportan evidencia sobre la integración de FTAs, impuestos al carbono y modelos de optimización que permiten evaluar simultáneamente costos y emisiones, siendo estas prácticas determinantes para la sostenibilidad operativa. Por último, la implementación de tecnologías de seguridad y trazabilidad basadas en blockchain y cifrado de información refuerza la integridad y eficiencia de la cadena [69], [70], [71].

Para entender las acciones concretas que impulsan la sostenibilidad logística, en la Fig. 3 se agrupan las principales prácticas identificadas en la literatura, tales como la electrificación de flotas, la digitalización de la cadena de suministro y la obtención de certificaciones ambientales

Prácticas de Logística Verde en Negocios Internacionales

Característica	Descripción
Transporte Verde	Vehículos eléctricos, híbridos, de hidrógeno; estaciones de carga
Optimización de la Cadena de Suministro	Análisis de ciclo de vida, big data, blockchain, IoT
Normas Ambientales	ISO 14000, OHSAS 18001, estándares ESG
Herramientas de Optimización	Modelos matemáticos, simulación, aprendizaje automático
Estrategias Colaborativas	Alianzas estratégicas, asociaciones público-privadas
Innovación en Infraestructura	Transporte de contenedores, Internet físico, tecnología portuaria
Integración de Sostenibilidad	TLCs, impuestos al carbono, blockchain, cifrado

Fig. 3 Prácticas específicas de logística verde implementadas por empresas internacionales

Diferencias en Desempeño Logístico y Ambiental (Antes vs. Después).

La comparación del desempeño logístico y ambiental antes y después de la adopción de prácticas de logística verde revela mejoras cuantificables y cualitativas en múltiples estudios. En términos de **eficiencia operativa** y **reducción de costos**, se documentan una transición de procesos tradicionalmente contaminantes a modelos basados en la economía circular y la optimización energética[18], [19], lo que se traduce en menores costos operativos y tiempos de entrega mejorados.

En el ámbito ambiental, numerosos estudios [20], [21], [22], [23] reportan reducciones significativas en emisiones de CO₂ y contaminación acústica. Por ejemplo, la adopción de vehículos de bajas emisiones y el uso de tecnologías de optimización energética se asocian a reducciones cuantificables, llegando en algunos casos a cifras como una disminución del 15–27% en emisiones de gases contaminantes [24], [25], [30], [31], [32].

Se enfatiza que, tras la implementación de sistemas digitales y modelos de optimización [34], [35], [36], [37], [38], se observa no solo una mejora en la eficiencia logística—medida en términos de tiempos de respuesta y reducción de inventarios—sino también una mejora en indicadores ambientales como la reducción del consumo energético y la disminución de residuos. Estudios más recientes [39], [40], [41], [42], [43] confirman que la integración de certificaciones y auditorías ambientales contribuye a una notable mejora en el desempeño global de la cadena, evidenciando beneficios en la reducción de huella ambiental sin comprometer la operatividad [44], [45].

En sectores específicos, la optimización de rutas y la reestructuración de nodos logísticos [51], [52], [53], [54], [73] han permitido ahorrar entre un 24% y 25% en costos totales y mejorar la eficiencia en el transporte. Asimismo, la aplicación de tecnologías predictivas y de análisis de riesgos [55], [56], [57], [58] ha demostrado ser eficaz para mitigar el impacto de disrupciones y optimizar la respuesta ante crisis, mejorando tanto el desempeño logístico como el ambiental [59], [60], [61].

Adicionalmente se evalúa la adopción de modelos de gobernanza y tecnologías de trazabilidad [62], [63], [64], [65], [66] evidencian mejoras en la transparencia y la reducción de procesos redundantes, lo que se traduce en un mejor equilibrio entre eficiencia operativa y reducción del impacto ambiental. Investigaciones en contextos de alta incertidumbre [67], [68], [69], [70], [71] complementan esta visión al demostrar que la integración de análisis predictivos y modelos de riesgos mejora la resiliencia de la cadena.

El impacto de adoptar prácticas verdes puede cuantificarse comparando indicadores logísticos y ambientales. La Fig. 4 muestra las mejoras más relevantes —porcentaje de reducción de emisiones, ahorro en costos operativos, etc.— obtenidas tras la implementación de dichas prácticas.

Desempeño Logístico y Ambiental

Característica	Antes de la Logística Verde	Después de la Logística Verde
 Eficiencia Operativa	Costos más altos, entrega más lenta	Costos más bajos, entrega más rápida
 Emisiones de CO₂	Emisiones significativas	Reducciones significativas
 Contaminación Acústica	Contaminación significativa	Reducciones significativas
 Consumo de Energía	Mayor consumo	Consumo reducido
 Producción de Residuos	Mayor desperdicio	Residuos reducidos
 Transparencia en la Cadena de Suministro	Menor transparencia	Transparencia mejorada
 Costos Totales	Costos más altos	Ahorros del 24-25%
 Gestión de Riesgos	Enfoque reactivo	Enfoque proactivo

Fig. 4. Comparación del desempeño logístico y ambiental: antes vs. después

Tendencias y mejores prácticas consolidadas.

El análisis detallado de los estudios muestra que diversas tendencias y buenas prácticas se han afianzado en la adopción de la logística verde. En primer lugar, sobresale la digitalización completa de las cadenas de suministro. La adopción de tecnologías innovadoras (como blockchain, IoT, big data, IA y analítica predictiva) es reconocida como el pilar para la trazabilidad, la transparencia y la optimización de los recursos [49], [50], [55], [56], [61].

Otra tendencia es la integración de certificaciones y auditorías ambientales, que funcionan como mecanismos de control para garantizar el cumplimiento de estándares internacionales [38], [39], [41], [42], [43]. Estas prácticas no solo ayudan a mejorar la reputación de las empresas, sino que también abren puertas a nuevos mercados y a condiciones financieras más favorables [40], [59], [69].

De igual manera, la optimización de los modelos logísticos mediante herramientas matemáticas y simulaciones (optimización multiobjetivo, análisis de Pareto, modelos mixtos enteros) se ha establecido como una práctica clave para reconfigurar redes y disminuir la huella ambiental, manteniendo al mismo tiempo la eficiencia operativa [45], [54], [64], [65], [72].

La colaboración entre organizaciones y las alianzas estratégicas, tanto públicas como privadas, representan también una tendencia afianzada [34], [35], [52], [53]. Estas colaboraciones son fundamentales para compartir información, integrar innovaciones y desarrollar modelos de negocio sostenibles, lo que impacta positivamente en la competitividad y la reputación internacional de las compañías.

El uso de modelos de gestión de riesgos y resiliencia, que incorporan técnicas de análisis predictivo y agrupamiento difuso, ha probado ser eficaz para mejorar la capacidad de respuesta frente a disrupciones [66], [67], [68], [69], [70]. Se trata de una tendencia clave para hacer frente a la volatilidad del entorno global y asegurar la sostenibilidad de las operaciones a largo plazo.

Las corrientes emergentes en la adopción de prácticas de logística verde dentro de los negocios internacionales apuntan a una convergencia entre tecnologías disruptivas, políticas regulatorias más estrictas y modelos de colaboración innovadores. En esta línea, se pueden identificar los siguientes ejes:

- **Tecnologías Disruptivas y Digitalización:** La combinación de inteligencia artificial, blockchain, IoT y análisis de big data está permitiendo una gestión en tiempo real y una trazabilidad total de la cadena de suministro. Investigaciones recientes [57], [58], [59], [60] sugieren que estas tecnologías son cruciales para optimizar los procesos y reducir la huella ambiental.
- **Nuevas Regulaciones y Políticas Gubernamentales.** La constante evolución de las normativas ambientales y la creación de impuestos al carbono y FTAs actúan como un motor para que las empresas reorganicen sus operaciones [51], [52], [68], [73]. Estas políticas exigen una mayor transparencia y la adopción de sistemas de monitoreo ambiental que terminan por fortalecer la competitividad internacional.
- **Cambio en las Expectativas de Consumidores y Stakeholders:** La creciente presión por parte de consumidores, ONGs y medios está llevando a las empresas a adoptar prácticas de sostenibilidad mucho más rigurosas. Esto se refleja en estudios que analizan la respuesta mediática y la realización de auditorías éticas [67], [69], [70], [71]. Este giro en la demanda de responsabilidad social se traduce en la integración de sistemas de evaluación y certificación que refuerzan la imagen corporativa.
- **Nuevos Modelos de Negocio y Colaboración Intersectorial.** Se aprecia un cambio hacia modelos de negocio que se basan en la economía circular, la integración de marcos colaborativos y la digitalización en la gobernanza de la cadena [63], [64], [65], [66], [67]. Estos modelos novedosos permiten a las empresas no solo cumplir con las exigencias ambientales, sino también crear ventajas competitivas y acceder a nuevos mercados globales [55], [56], [57].

Vistas en conjunto, estas nuevas tendencias dibujan un escenario donde la logística verde se convierte en un eje estratégico para la competitividad global, permitiendo a las empresas responder con proactividad a la volatilidad del mercado y a las crecientes demandas de sostenibilidad.

Finalmente, tanto las tendencias emergentes como las prácticas ya consolidadas a nivel mundial se resumen en la Fig. 5. Estas líneas de acción —que abarcan desde tecnologías disruptivas hasta modelos de colaboración— trazan el camino para futuras investigaciones y sus aplicaciones en el mundo empresarial.

Tendencias de logística verde desde el cumplimiento hasta la innovación



Fig.5 Tendencias y mejores prácticas consolidadas en logística verde

IV. CONCLUSIÓN Y DISCUSIÓN.

En este estudio se demuestra que la integración de prácticas sostenibles en la gestión logística representa un factor estratégico para la competitividad a nivel global. Los hallazgos revelan, en primer lugar, una clara tendencia hacia la digitalización completa de la cadena de suministro, a través del uso de tecnologías innovadoras como blockchain, el Internet de las Cosas (IoT), big data e inteligencia artificial. Estas herramientas facilitan una gestión en tiempo real, aseguran una mayor trazabilidad y optimizan el uso de recursos, lo que se traduce directamente en una menor huella ambiental y una mejora en la eficiencia operativa [55], [59].

Un segundo hallazgo importante se centra en el cambio de las regulaciones ambientales y el aumento de políticas de gobierno que promueven la adopción de prácticas de logística verde. La implementación de auditorías y certificaciones ambientales (como la ISO 14000 y los estándares ESG) ha impactado positivamente la imagen de las empresas y su acceso a nuevos mercados internacionales [39], [41]. Se destaca, además, que la presión que ejercen los consumidores, las ONGs y otras partes interesadas ha motivado a las compañías a adoptar modelos de negocio más colaborativos e innovadores, enfocados en la economía circular y la eficiencia energética [30], [70].

Al comparar los enfoques teóricos y metodológicos, salta a la vista que los estudios analizados emplean diversas herramientas, desde modelos matemáticos y simulaciones (como la optimización multiobjetivo o el análisis de Pareto) hasta evaluaciones del ciclo de vida y auditorías que se basan en big data. Esta diversidad en la metodología permite analizar distintas dimensiones de la logística verde, aunque al mismo

tiempo revela algunas contradicciones. Por ejemplo, mientras ciertos modelos enfatizan la rentabilidad y la eficiencia [18], [19], otros ponen el foco en la complejidad y el alto costo que implica pasar de procesos tradicionales a modelos sostenibles [13]. Esta dualidad nos lleva a preguntarnos sobre qué tan adaptables son dichos modelos a empresas de diferentes tamaños y tipos, sobre todo en contextos de recursos limitados.

En lo que respecta a los vacíos existentes en la literatura, es notoria la poca atención que se presta a las particularidades de los mercados emergentes, donde los retos económicos, sociales y tecnológicos pueden limitar la adopción de prácticas verdes. Las limitaciones metodológicas de algunos trabajos—como el uso predominante de análisis transversales que no consideran variables en el tiempo—subrayan la necesidad de realizar investigaciones longitudinales para poder evaluar el impacto a largo plazo de la logística verde en el rendimiento empresarial [3], [10]. La revisión también apunta a que futuras investigaciones deberían analizar más a fondo las sinergias y conflictos entre los diferentes enfoques teóricos, buscando desarrollar marcos conceptuales más sólidos e integradores.

Finalmente, la aplicación práctica de estos hallazgos tiene implicaciones importantes para el diseño de políticas y estrategias corporativas. Implementar prácticas de logística verde no solo optimiza la eficiencia y reduce la huella ecológica, sino que también fortalece la imagen de la empresa y mejora el acceso a incentivos y subvenciones. Por esta razón, incorporar herramientas digitales y fomentar la cooperación entre organizaciones se perfilan como los ejes centrales para impulsar la sostenibilidad en la cadena logística, ayudando a las compañías a responder de manera proactiva a la volatilidad del entorno global [34].

En definitiva, esta revisión sistemática comprueba que la logística verde es un recurso clave para equilibrar la competitividad económica con la sostenibilidad ambiental en los negocios internacionales. Los resultados destacan lo crucial que son la digitalización, la adaptación a normativas ambientales y la colaboración entre organizaciones; factores que, en conjunto, permiten optimizar procesos y disminuir el impacto negativo en el medio ambiente [2], [11]. Este trabajo aporta una visión integral que conecta distintos enfoques, resaltando tanto las ventajas como las limitaciones de los modelos que se usan actualmente.

El principal aporte de este estudio al conocimiento es la detección de tendencias emergentes y la identificación de vacíos en la investigación, sobre todo en lo que se refiere a la implementación de la logística verde en mercados emergentes y la falta de estudios longitudinales que midan sus efectos a largo plazo. Estos hallazgos conllevan implicaciones prácticas de gran valor, ya que ayudan a diseñar estrategias y políticas empresariales orientadas a la sostenibilidad, siendo especialmente útiles para las pequeñas y medianas empresas que requieren modelos flexibles y eficientes para competir en un mercado global cada vez más demandante [14].

V. RECOMENDACIONES

Desde un punto de vista teórico, esta revisión sugiere la necesidad de incorporar metodologías más rigurosas y de integrar nuevos enfoques que consideren las dimensiones económica, social y ambiental de la logística verde. Las futuras líneas de investigación tendrían que explorar si es viable crear modelos adaptativos para diferentes contextos y evaluar la eficacia de las intervenciones políticas y tecnológicas a lo largo del tiempo. Esto plantea la urgencia de realizar estudios longitudinales que nos ofrezcan una visión dinámica sobre cómo evoluciona la sostenibilidad en la cadena de suministro, consolidando así la logística verde como un pilar del desarrollo de negocios internacionales sostenibles.

Las empresas tienen una tarea clara: transformar su compromiso ambiental en metas concretas y medibles. Hablamos de invertir en flotas eléctricas, optar por energías limpias y establecer objetivos firmes de reducción de emisiones. Si a estas estrategias le suman certificaciones como ISO 14000 y ESG, no solo mejorará su imagen, sino que será más fácil acceder a financiación verde. Al mismo tiempo, la digitalización de la cadena de suministro con blockchain, IoT y analítica avanzada es clave para potenciar la trazabilidad y la predicción, optimizando rutas y procesos en tiempo real para bajar costos y reducir la huella de carbono.

En cuanto a los gobiernos y entes reguladores, su rol es diseñar incentivos fiscales y fondos que hagan más barata la adopción de tecnologías limpias y la instalación de puntos de recarga. Es igualmente importante unificar normativas a nivel internacional para que las mercancías fluyan entre fronteras bajo los mismos estándares ambientales. Si se imponen requisitos de reporte obligatorio sobre la huella de carbono con criterios transparentes, se presionará a los grandes operadores para que rindan cuentas y eleven sus estándares de sostenibilidad.

Por último, el mundo académico debe profundizar en el estudio del impacto real de estas prácticas en la competitividad empresarial a través de análisis longitudinales, además de investigar los retos particulares de los mercados emergentes que cuentan con menor infraestructura verde. Es clave también analizar de manera comparativa las metodologías existentes: optimización matemática, análisis de ciclo de vida y big data, para construir marcos teóricos integradores. De igual modo, explorar modelos de gobernanza colaborativa y plataformas digitales puede mostrar nuevas formas de reducir costos de implementación y fomentar alianzas público-privadas.

Solo mediante la conjunción de esfuerzos empresariales, políticos y académicos podremos consolidar la logística verde – cadena de suministros, como un pilar de la competitividad sostenible en los negocios internacionales.

REFERENCIAS

- [1] E. E. Blanco and Y. Sheffi, *Green Logistics*, vol. 23. 2024. doi: 10.1007/978-3-031-45565-0_5.
- [2] M. Thiell, J. P. S. Zuluaga, J. P. M. Montañez, and B. van Hoof, *Green logistics: Global practices and their implementation in emerging markets*. 2011. doi: 10.4018/978-1-60960-531-5.ch018.
- [3] A. Jarašūnienė and M. Išoraitė, *Green Logistics: From Theory to Practice*, vol. Part F2296. 2024. doi: 10.1007/978-3-031-52652-7_23.
- [4] Y. Liu, *Study on green logistics based on sustainable development in linear drives*, vol. 273 LNEE, no. VOL. 4. 2014. doi: 10.1007/978-3-642-40640-9_33.
- [5] D. Chhabra and R. K. Singh, "Justification of green logistic practices in Indian enterprises using analytic hierarchy process," *International Journal of Logistics Systems and Management*, vol. 25, no. 3, pp. 295–312, 2016, doi: 10.1504/IJLSM.2016.079828.
- [6] A. F. R. Lew, B. C. Chew, and S. R. Hamid, "Green logistics implementation factors: A study on a global logistics provider," *Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 12, no. Specialiss, pp. 115–128, 2018.
- [7] N. Karia, "Transforming green logistics practice into benefits: A case of 3PLs," in *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, 2016, pp. 178–179.
- [8] M. Waqas, S. A. R. Khan, and A. Q. Al-Amin, *Emerging Trends in Sustainable Supply Chain Management and Green Logistics*. 2023. doi: 10.4018/978-1-6684-6663-6.
- [9] M. Lazrak and H. El Amrani, "Green logistics for sustainable development: The challenge of general price increases," in *E3S Web of Conferences*, 2023. doi: 10.1051/e3sconf/202341201052.
- [10] K.-H. Lai and C. W. Y. Wong, "Green logistics management and performance: Some empirical evidence from Chinese manufacturing exporters," *Omega (Westport)*, vol. 40, no. 3, pp. 267–282, 2012, doi: 10.1016/j.omega.2011.07.002.
- [11] B. Beškovnik and L. Jakomin, "Challenges of green logistics in southeast europe," *Promet - Traffic and Transportation*, vol. 22, no. 2, pp. 147–155, 2010, doi: 10.7307/ptt.v22i2.174.
- [12] W. E. O. Riveros and J. J. E. Arango, "The influence of green logistics in the world of international business | La Influencia de la Logística Verde en el Mundo de los Negocios Internacionales," *Fronteiras*, vol. 9, no. 3, pp. 99–112, 2020, doi: 10.21664/2238-8869.2020v9i3.p99-112.
- [13] M. N. Dudin, Y. Y. Frolova, Y. A. Artemyeva, V. V. Bezbakh, and S. S. Shakirov, "Business entities within the agro-industrial sector and present-day trends in 'green' logistics in a climate of transformation of the world economy," *Int J Econ Res*, vol. 13, no. 6, pp. 2379–2390, 2016.
- [14] C. R. Cojocariu, "Costs, time, reliability, warehousing and information technology - Source of contradicting requirements in green logistics," *Metalurgia International*, vol. 17, no. 3, pp. 215–219, 2012.
- [15] D. Carrizo and C. Moller, "Estructuras metodológicas de revisiones sistemáticas de literatura en Ingeniería de Software: un estudio de mapeo sistemático," *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, vol. 26, pp. 45–54, 2018.
- [16] M. J. Page *et al.*, "The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews," *BMJ*, vol. 372, p. n71, Mar. 2021, doi: 10.1136/bmj.n71.
- [17] D. Moher, A. Liberati, J. Tetzlaff, D. G. Altman, and T. P. Group, "Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement," *PLoS Med*, vol. 6, no. 7, pp. e1000097–, Jul. 2009, [Online]. Available: <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097>
- [18] D. Klimecka-Tatar, M. Ingaldi, and M. Obrecht, "Sustainable Development in Logistic – A Strategy for Management in Terms of Green Transport," *Management Systems in Production Engineering*, vol. 29, no. 2, pp. 91–96, Jun. 2021, doi: 10.2478/mspe-2021-0012.
- [19] C. Thies, K. Kieckhäfer, and T. S. Spengler, "Activity analysis based modeling of global supply chains for sustainability assessment," *Journal of Business Economics*, vol. 91, no. 2, pp. 215–252, 2021, doi: 10.1007/s11573-020-01004-x.
- [20] M. Fasan, E. Soerger Zaro, C. Soerger Zaro, B. Porco, and R. Tiscini, "An empirical analysis: Did green supply chain management alleviate the effects of COVID-19?," *Bus Strategy Environ*, vol. 30, no. 5, pp. 2702–2712, Jul. 2021, doi: 10.1002/bse.2772.
- [21] D. Fan, C. K. Y. Lo, and Y. Zhou, "Sustainability risk in supply bases: The role of complexity and coupling," *Transp Res E Logist Transp Rev*, vol. 145, p. 102175, Jan. 2021, doi: 10.1016/j.tre.2020.102175.
- [22] Y. Zhan, L. Chung, M. K. Lim, F. Ye, A. Kumar, and K. H. Tan, "The impact of sustainability on supplier selection: A behavioural study," *Int J Prod Econ*, vol. 236, p. 108118, Jun. 2021, doi: 10.1016/j.ijpe.2021.108118.
- [23] X. Zhang and S. Liu, "Action Mechanism and Model of Cross-Border E-Commerce Green Supply Chain Based on Customer Behavior," *Math Probl Eng*, vol. 2021, pp. 1–11, Jul. 2021, doi: 10.1155/2021/6670308.
- [24] P. Liu, A. Hendalianpour, M. Hamzehlou, M. R. Feylizadeh, and J. Razmi, "Identify and rank the challenges of implementing sustainable supply chain blockchain technology using the bayesian best worst method," *Technological and Economic Development of Economy*, vol. 27, no. 3, pp. 656–680, 2021, doi: 10.3846/tede.2021.14421.
- [25] E. Pascucci, "More logistics, less aid: Humanitarian-business partnerships and sustainability in the refugee camp," *World Dev*, vol. 142, p. 105424, Jun. 2021, doi: 10.1016/j.worlddev.2021.105424.
- [26] C. Magazzino, A. A. Alola, and N. Schneider, "The trilemma of innovation, logistics performance, and environmental quality in 25 topmost logistics countries: A quantile regression evidence," *J Clean Prod*, vol. 322, 2021, doi: 10.1016/j.jclepro.2021.129050.
- [27] F. T. Sunmola, P. Burgess, and A. Tan, "Building Blocks for Blockchain Adoption in Digital Transformation of Sustainable Supply Chains," *Procedia Manuf*, vol. 55, no. C, pp. 513–520, 2021, doi: 10.1016/j.promfg.2021.10.070.
- [28] M. M. O. Pereira *et al.*, "Sustainability Initiatives and Collaborative Practices: A Study of Emerging Economy Suppliers," *Latin American Business Review*, vol. 22, no. 4, pp. 359–391, Oct. 2021, doi: 10.1080/10978526.2021.1930550.
- [29] C. Lee and B.-C. Ha, "Interactional justice, informational quality, and sustainable supply chain management: A comparison of domestic and multinational pharmaceutical companies," *Sustainability (Switzerland)*, vol. 13, no. 2, pp. 1–16, 2021, doi: 10.3390/su13020998.
- [30] R. Dubey, D. J. Bryde, C. Foropon, M. Tiwari, and A. Gunasekaran, "How frugal innovation shape global sustainable supply chains during the pandemic crisis: lessons from the COVID-19," *Supply Chain Management: An International Journal*, vol. 27, no. 2, pp. 295–311, Feb. 2022, doi: 10.1108/SCM-02-2021-0071.
- [31] B. Adhi Santharm and U. Ramanathan, "Supply chain transparency for sustainability – an intervention-based research approach," *International Journal of Operations & Production Management*, vol. 42, no. 7, pp. 995–1021, Jun. 2022, doi: 10.1108/IJOPM-11-2021-0684.
- [32] M. Matthes, S. Kunkel, B. Xue, and G. Beier, "Supplier sustainability assessment in the age of Industry 4.0 – Insights from the electronics industry," *Cleaner Logistics and Supply Chain*, vol. 4, p. 100038, Jul. 2022, doi: 10.1016/j.clscn.2022.100038.
- [33] E. Fraser and H. van der Ven, "Increasing Transparency in Global Supply Chains: The Case of the Fast Fashion Industry," *Sustainability*, vol. 14, no. 18, p. 11520, Sep. 2022, doi: 10.3390/su141811520.
- [34] E. Rosca, W. L. Tate, L. Bals, F. Huang, and F. Ciulli, "Coordinating multi-level collective action: how intermediaries and digital governance can help supply chains tackle grand challenges," *International Journal of Operations & Production Management*,

- vol. 42, no. 12, pp. 1937–1968, Nov. 2022, doi: 10.1108/IJOPM-07-2022-0432.
- [35] S. Laari, P. Wetzel, J. Töyli, and T. Solakivi, “Leveraging supply chain networks for sustainability beyond corporate boundaries: Explorative structural network analysis,” *J Clean Prod*, vol. 377, p. 134475, Dec. 2022, doi: 10.1016/j.jclepro.2022.134475.
- [36] M. Bortolini, F. Calabrese, F. G. Galizia, and C. Mora, “A three-objective optimization model for mid-term sustainable supply chain network design,” *Comput Ind Eng*, vol. 168, 2022, doi: 10.1016/j.cie.2022.108131.
- [37] S. Zeng, Z. Fang, Y. He, and L. Huang, “An Integrated Entropy-COPRAS Framework for Ningbo-Zhoushan Port Logistics Development from the Perspective of Dual Circulation,” *Systems*, vol. 10, no. 5, p. 131, Aug. 2022, doi: 10.3390/systems10050131.
- [38] X. Zhu and Y. J. Wu, “How Does Supply Chain Resilience Affect Supply Chain Performance? The Mediating Effect of Sustainability,” *Sustainability*, vol. 14, no. 21, p. 14626, Nov. 2022, doi: 10.3390/su142114626.
- [39] J. Sun, M. Sarfraz, K. F. Khawaja, and M. I. Abdullah, “Sustainable Supply Chain Strategy and Sustainable Competitive Advantage: A Mediated and Moderated Model,” *Front Public Health*, vol. 10, May 2022, doi: 10.3389/fpubh.2022.895482.
- [40] L. Carmagnac, A. Touboul, and V. Carbone, “A Wolf in Sheep’s Clothing: The Ambiguous Role of Multistakeholder Meta-Organisations in Sustainable Supply Chains,” *Management (France)*, vol. 25, no. 4, pp. 45–63, 2022, doi: 10.37725/mgmt.v25.4235.
- [41] Y. Kinoshita, T. Nagao, H. Ijuin, K. Nagasawa, T. Yamada, and S. M. Gupta, “Utilization of Free Trade Agreements to Minimize Costs and Carbon Emissions in the Global Supply Chain for Sustainable Logistics,” *Logistics*, vol. 7, no. 2, 2023, doi: 10.3390/logistics7020032.
- [42] J.-F. Tsai, S.-P. Shen, and M.-H. Lin, “Applying a Hybrid MCDM Model to Evaluate Green Supply Chain Management Practices,” *Sustainability (Switzerland)*, vol. 15, no. 3, 2023, doi: 10.3390/su15032148.
- [43] F. P. Martins, A. C. S. Batalhão, M. Ahokas, L. B. Liboni Amui, and L. O. Cezarino, “Rethinking sustainability in cocoa supply chain in light of SDG disclosure,” *Sustainability Accounting, Management and Policy Journal*, vol. 14, no. 7, pp. 258–286, Dec. 2023, doi: 10.1108/SAMPJ-03-2022-0132.
- [44] J. Wang, M. Liu, Y. Chen, and M. Yu, “Influencing factors on green supply chain resilience of agricultural products: an improved gray-DEMATEL-ISM approach,” *Front Sustain Food Syst*, vol. 7, Sep. 2023, doi: 10.3389/fsufs.2023.1166395.
- [45] M. B. Osei, T. Papadopoulos, A. Acquaye, and T. Stamati, “Improving sustainable supply chain performance through organisational culture: A competing values framework approach,” *Journal of Purchasing and Supply Management*, vol. 29, no. 2, p. 100821, Mar. 2023, doi: 10.1016/j.pursup.2023.100821.
- [46] N. Nureen, H. Sun, M. Irfan, A. C. Nuta, and M. Malik, “Digital transformation: fresh insights to implement green supply chain management, eco-technological innovation, and collaborative capability in manufacturing sector of an emerging economy,” *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 30, no. 32, pp. 78168–78181, Jun. 2023, doi: 10.1007/s11356-023-27796-3.
- [47] M. M. N. H. K. Kholaf and X. Ming, “COVID-19’s fear-uncertainty effect on green supply chain management and sustainability performances: the moderate effect of corporate social responsibility,” *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 30, no. 15, pp. 42541–42562, Jun. 2022, doi: 10.1007/s11356-022-21304-9.
- [48] S. Kot and S. Ojinji, “Environmental Sustainability and Freight Transport Performance in the EU – An Autoregressive Conditional Heteroscedasticity (ARCH) Model Analysis,” *Promet - Traffic & Transportation*, vol. 35, no. 5, pp. 621–634, Oct. 2023, doi: 10.7307/ptt.v35i5.293.
- [49] C. Qian, Y. Gao, and L. Chen, “Green Supply Chain Circular Economy Evaluation System Based on Industrial Internet of Things and Blockchain Technology under ESG Concept,” *Processes*, vol. 11, no. 7, 2023, doi: 10.3390/pr11071999.
- [50] M. Rosi and M. Obrecht, “Sustainability Topics Integration in Supply Chain and Logistics Higher Education: Where Is the Middle East?,” *Sustainability (Switzerland)*, vol. 15, no. 8, 2023, doi: 10.3390/su15086955.
- [51] J. Ma and D. Gao, “The Impact of Sustainable Supply-Chain Partnership on Bank Loans: Evidence from Chinese-Listed Firms,” *Sustainability (Switzerland)*, vol. 15, no. 6, 2023, doi: 10.3390/su15064843.
- [52] K. Bhagwat *et al.*, “Carbon Emissions in Pune Metropolitan Region (PMR) due to Logistics Industries,” *Australasian Accounting, Business and Finance Journal*, vol. 17, no. 1, pp. 111–126, 2023, doi: 10.14453/aabfj.v17i1.10.
- [53] N. Elagouz, N. C. Onat, M. Kucukvar, B. Ayvaz, A. A. Kutty, and A. Osman Kusakci, “Integrated modelling for sustainability assessment and decision making of alternative fuel buses,” *Transp Res D Transp Environ*, vol. 117, p. 103656, Apr. 2023, doi: 10.1016/j.trd.2023.103656.
- [54] Y. Kong, L. Zhang, Y. Pan, and D. Tang, “Research on Supply Chain Network Optimization of AH Company,” *Sustainability*, vol. 16, no. 21, p. 9241, Oct. 2024, doi: 10.3390/su16219241.
- [55] M. M. H. Emon and T. Khan, “Unlocking Sustainability through Supply Chain Visibility: Insights from the Manufacturing Sector of Bangladesh,” *Brazilian Journal of Operations and Production Management*, vol. 21, no. 4, 2024, doi: 10.14488/BJOPM.2194.2024.
- [56] S. U. Rehman, Y. H. Hamdan, and N. Abidi, “Big Data Analytics Capabilities, Green Intellectual Capital, Supply Chain Innovations and Sustainable Supply Chain Performance,” *Operations and Supply Chain Management*, vol. 17, no. 3, pp. 222–235, 2024, doi: 10.31387/oscm0580438.
- [57] M.-J. Perez, T. Chargui, and D. Trentesaux, “Improving the environmental impact of empty containers in water-road hubs: A physical internet approach,” in *IFAC-PapersOnLine*, 2024, pp. 682–687, doi: 10.1016/j.ifacol.2024.09.221.
- [58] C. Chen, B. Panichakarn, and Y. Tseng, “FORGING A SUSTAINABLE PATH: UNLEASHING COLLABORATIVE INNOVATION TO EXPEDITE THE INTEGRATION OF GREEN TECHNOLOGIES INTO SUPPLY CHAINS,” *Logforum*, vol. 20, no. 2, pp. 133–147, 2024, doi: 10.17270/J.LOG.000984.
- [59] R. F. Ali, H. Jahankhani, K. Ali, and B. Hassan, “Blockchain-Based Security Factors on Sustainable Supply Chain Management in UK Manufacturing Firms: A Hybrid SEM-ANN Approach,” *Systems*, vol. 12, no. 6, 2024, doi: 10.3390/systems12060208.
- [60] R. Chaudhuri, B. Singh, A. K. Agrawal, S. Chatterjee, S. Gupta, and S. K. Mangla, “A TOE-DCV approach to green supply chain adoption for sustainable operations in the semiconductor industry,” *Int J Prod Econ*, vol. 275, 2024, doi: 10.1016/j.ijpe.2024.109327.
- [61] T. Ma, X. Tian, Y. Liu, Y. Jin, and S. Wang, “Mixed-Integer Optimization for Ship Retrofitting in Green Logistics,” *Mathematics*, vol. 12, no. 12, 2024, doi: 10.3390/math12121831.
- [62] A. A. Bengue, S. A. Alavi-Borazjani, V. Chkoniya, J. L. Cacho, and M. Fiore, “Prioritizing Criteria for Establishing a Green Shipping Corridor Between the Ports of Sines and Luanda Using Fuzzy AHP,” *Sustainability*, vol. 16, no. 21, p. 9563, Nov. 2024, doi: 10.3390/su16219563.
- [63] C.-H. Hsu, J.-Z. Wu, T.-Y. Zhang, and J.-Y. Chen, “Deploying Industry 5.0 drivers to enhance sustainable supply chain risk resilience,” *International Journal of Sustainable Engineering*, vol. 17, no. 1, pp. 1–28, 2024, doi: 10.1080/19397038.2024.2327381.
- [64] M. Ramirez-Peña, P. Perez-Martinez, M. Otero-Mateo, and M. Batista, “Technological Advancements in Global Supply Chains: A Comparative Analysis of Sustainability in Aerospace and Shipbuilding Industries,” *Sustainability (Switzerland)*, vol. 16, no. 18, 2024, doi: 10.3390/su1618206.
- [65] R. Sharafeddin, A. Gholam Abri, M. Fallah, and F. Hossein Zadeh Lotfi, “Mathematical Model for Estimation of Return to Scale in Four-Level Green Supply Chain by using Data Envelopment

- Analysis,” *International Journal of Engineering*, vol. 37, no. 4, pp. 608–624, 2024, doi: 10.5829/IJE.2024.37.04A.04.
- [66] I. Lumintu, “Forecasting fluidity: A green predictive approach to water risk management in supply chains,” in *E3S Web of Conferences*, 2024, doi: 10.1051/e3sconf/202451706006.
- [67] I. Mateska, S. M. Wagner, and L. Stienen, “Media Reporting of Environmental Supply Chain Sustainability Risks: Contextual and Moderating Factors,” *Journal of Business Ethics*, Aug. 2024, doi: 10.1007/s10551-024-05759-z.
- [68] W. Maisiri, “HOLISTIC HUMAN CAPITAL DEVELOPMENT: DRIVER OF SUSTAINABLE SUPPLY CHAIN MANAGEMENT IN AFRICA IN THE 4IR ERA,” *South African Journal of Industrial Engineering*, vol. 35, no. 3, pp. 113–123, 2024, doi: 10.7166/35-3-3085.
- [69] H. V. T. T. Kiet, M. V. Sang, T. B. Truc, T. K. N. Lan, H. Q. Dinh, and P. T. B. Dao, “Impact of green supply chain management on social performance through economic undergraduate’s view,” *Journal of Infrastructure, Policy and Development*, vol. 8, no. 3, Feb. 2024, doi: 10.24294/jipd.v8i3.3075.
- [70] A. Anitha, M. Priya, M. K. Nallakaruppan, D. Natesan, C. N. Kushagra Jaiswal, and H. K. Srivastava, “Secured and Sustainable Supply Chain Management Using Key Escrow Encryption Technique in Blockchain Mechanism,” *EAI Endorsed Transactions on Internet of Things*, vol. 10, 2024, doi: 10.4108/eetiot.4630.
- [71] O. Ferdous, S. Yousefi, and B. M. Tosarkani, “A multi-disruption risk analysis system for sustainable supply chain resilience,” *International Journal of Disaster Risk Reduction*, vol. 116, 2025, doi: 10.1016/j.ijdr.2024.105136.
- [72] I.-W. Fang, “Building a Multi-Objective Flexible Optimal Decision Model for Green Supply Chains,” *E3S Web of Conferences*, vol. 422, p. 02005, Sep. 2023, doi: 10.1051/e3sconf/202342202005.
- [73] Y. Liu, J. Zhu, C. P. Tuwor, C. Ling, L. Yu, and K. Yin, “The impact of the COVID-19 pandemic on global trade-embodied carbon emissions,” *J Clean Prod*, vol. 408, 2023, doi: 10.1016/j.jclepro.2023.137042.