

Sostenibilidad en la Logística y Operaciones

Sustainability in Logistics and Operations

Elena Soto Escobedo

Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios

✉ eescobedo@unamad.edu.pe

Jorge Pérez Gratelly

Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios

Rolando Espinoza Barrientos

Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios

Augusto Glimedes Dueñas Dueñas

Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios

RESUMEN

Esta revisión sistemática analiza la literatura científica reciente sobre sostenibilidad en logística y operaciones, con el objetivo de identificar las principales tendencias, desafíos y oportunidades en este campo. Se realizó una búsqueda exhaustiva en cinco bases de datos electrónicas (Scopus, Web of Science, ScienceDirect, SpringerLink y Google Scholar) utilizando una combinación de palabras clave relevantes. Se seleccionaron 21 estudios publicados a partir de 2019 que cumplieran con los criterios de inclusión predefinidos. Los resultados de la revisión revelan una creciente importancia de la logística verde y la economía circular como estrategias clave para la sostenibilidad en el sector. Se identificaron prácticas como la optimización del transporte, la reducción de emisiones, la gestión eficiente de los recursos y la reutilización de materiales como elementos esenciales para la transformación hacia un modelo de negocio más sostenible. La revisión también destaca la necesidad de un enfoque holístico que integre la sostenibilidad en la gestión global de la cadena de suministro y que considere las particularidades de cada contexto. Se concluye que la adopción de prácticas sostenibles en logística y operaciones no solo beneficia al medio ambiente, sino que también genera ventajas económicas para las empresas, mejora su imagen corporativa y fortalece su posición competitiva.

Palabras clave:

Logística verde, economía circular, sostenibilidad, cadena de suministro, transporte, gestión de residuos, eficiencia energética.

ABSTRACT

This systematic review examines recent scientific literature on sustainability in logistics and operations, aiming to identify key trends, challenges, and opportunities in this field. A comprehensive search was conducted across five electronic databases (Scopus, Web of Science, ScienceDirect, SpringerLink, and Google Scholar) using a combination of relevant keywords. Twenty-one studies published from 2019 onwards that met the predefined inclusion criteria were selected. The review findings reveal a growing importance of green logistics and the circular economy as key strategies for sustainability in the sector. Practices such as transport optimization, emission reduction, efficient resource management, and material reuse were identified as essential elements for transitioning towards a more sustainable business model. The review also highlights the need for a holistic approach that integrates sustainability into the overall supply chain management and considers the particularities of each context. It is concluded that the adoption of sustainable practices in logistics and operations not only benefits the environment but also generates economic advantages for companies, improves their corporate image, and strengthens their competitive position.

Keywords:

Green logistics, circular economy, sustainability, supply chain, transportation, waste management, energy efficiency.

INTRODUCCIÓN

La creciente preocupación por el cambio climático y la presión social para adoptar prácticas empresariales responsables han posicionado la sostenibilidad como un imperativo estratégico en el siglo XXI. El sector logístico, tradicionalmente asociado a un alto consumo energético y a una huella de carbono considerable, enfrenta el desafío de conciliar su operación con la búsqueda de la sostenibilidad ambiental. En este contexto, la logística verde emerge como un enfoque integral que busca minimizar el impacto ambiental de las operaciones logísticas a lo largo de toda la cadena de suministro.

Esta transformación implica la adopción de prácticas innovadoras y la integración de tecnologías limpias en áreas clave como el transporte, el almacenamiento, la gestión de inventario y la distribución. El uso de vehículos eléctricos o propulsados por combustibles alternativos, la optimización de rutas para reducir el consumo de combustible y las emisiones de gases de efecto invernadero, y la implementación de almacenes energéticamente eficientes con sistemas de iluminación y climatización inteligentes son ejemplos palpables de esta transición hacia una logística más sostenible.

Más allá de la logística verde, la economía circular se perfila como un modelo de producción y consumo que busca minimizar los residuos y maximizar el valor de los recursos a través de estrategias de reducción, reutilización y reciclaje. En el ámbito logístico, la economía circular impulsa la reutilización de envases y embalajes, la implementación de sistemas de logística inversa para la recuperación de productos y materiales, y la gestión eficiente de los residuos generados a lo largo de la cadena de suministro.

Diversos estudios han demostrado que la adopción de prácticas sostenibles en la logística no solo tiene un impacto positivo en el medio ambiente, sino que también puede generar beneficios económicos para las empresas, tales como la reducción de costos operativos, la mejora de la eficiencia y la optimización de la gestión de recursos (Musau, 2024; Muchenje, 2024). Además, la implementación de estrategias sostenibles contribuye a fortalecer la imagen corporativa y la reputación de las empresas, atrayendo a consumidores cada vez más conscientes de su responsabilidad ambiental (Roy & Mohanty, 2024).

En este contexto, el presente artículo de revisión tiene como objetivo analizar las

prácticas sostenibles más relevantes en el ámbito de la logística y las operaciones, con especial atención a la logística verde y la reducción de la huella de carbono. Se examinará el impacto de la economía circular en la gestión de residuos y el reciclaje dentro de la cadena de suministro, así como las políticas y regulaciones que promueven la sostenibilidad en el sector logístico.

A partir de este análisis, se formularán propuestas para la adopción de prácticas sostenibles en empresas logísticas, evaluando su retorno de inversión y su impacto en la imagen corporativa, con el fin de proporcionar una guía práctica para la transición hacia una logística más eficiente y responsable con el medio ambiente.

METODOLOGÍA

Para llevar a cabo esta revisión sistemática sobre sostenibilidad en la logística y operaciones, se ha seguido una metodología rigurosa que garantiza la transparencia, la replicabilidad y la calidad de la información presentada. El objetivo principal de esta sección es describir en detalle el proceso metodológico utilizado, permitiendo a otros investigadores comprender y replicar el estudio si así lo desean. A continuación, se detallan los pasos clave del proceso de revisión:

Criterios de Elegibilidad

Para asegurar la pertinencia y la calidad de la revisión, se establecieron criterios de inclusión y exclusión específicos para la selección de los estudios. Se consideraron para la revisión artículos científicos publicados en revistas académicas indexadas, capítulos de libros y actas de congresos internacionales, priorizando trabajos que presentaran resultados originales de investigación y que contaran con una sólida base metodológica. En línea con el objetivo de analizar las tendencias recientes en el campo, se priorizaron estudios publicados a partir del año 2019. Se excluyeron trabajos de grado, tesis doctorales y publicaciones en revistas no indexadas, ya que estos trabajos suelen tener un alcance más limitado y pueden no estar sujetos a un proceso de revisión por pares tan riguroso como las publicaciones académicas.

Criterios de Inclusión

- Artículos de investigación originales.

- Estudios publicados en revistas académicas indexadas, capítulos de libros o actas de congresos internacionales.
- Publicaciones a partir del año 2019.
- Idiomas: inglés y español.

Criterios de Exclusión

- Trabajos de grado, tesis doctorales.
- Publicaciones en revistas no indexadas.
- Estudios que no abordan la sostenibilidad en la logística y las operaciones.

- Fuentes de Información

La búsqueda de información se realizó en las siguientes bases de datos electrónicas, seleccionadas por su relevancia en el ámbito de la logística, la gestión de la cadena de suministro y la sostenibilidad empresarial:

- Scopus: Reconocida base de datos multidisciplinar que indexa publicaciones científicas de diversas áreas del conocimiento, incluyendo ciencias sociales, ingeniería, ciencias ambientales y negocios.
- Web of Science: Plataforma que ofrece acceso a diversas bases de datos bibliográficas y de citas de publicaciones científicas, abarcando una amplia gama de disciplinas académicas.
- ScienceDirect: Plataforma que alberga una amplia colección de libros y revistas científicas de la editorial Elsevier, líder en publicaciones científicas, técnicas y médicas.
- SpringerLink: Plataforma de la editorial Springer que ofrece acceso a una gran variedad de publicaciones científicas, libros y capítulos de libros, con un enfoque particular en áreas como la ciencia, la tecnología, la medicina y las humanidades.

- Google Scholar: Motor de búsqueda especializado en literatura académica que permite acceder a una amplia gama de información científica, incluyendo artículos de revistas, tesis, libros, actas de congresos y documentos de trabajo.

Estrategia de Búsqueda

Se elaboró una estrategia de búsqueda específica para cada base de datos, utilizando una combinación de palabras clave relevantes para el tema de la sostenibilidad en la logística y operaciones. El objetivo fue identificar la mayor cantidad posible de estudios relevantes, minimizando al mismo tiempo la inclusión de resultados irrelevantes. A continuación, se presentan las ecuaciones de búsqueda utilizadas en cada base de datos:

- Scopus: (TITLE-ABS-KEY (sustainability) AND TITLE-ABS-KEY ("logistics operations") AND TITLE-ABS-KEY ("green logistics") AND TITLE-ABS-KEY ("carbon footprint")) AND (LIMIT-TO (PUBYEAR, 2024) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2023) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2022) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2021) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2020) OR LIMIT-TO (PUBYEAR, 2019))
- Web of Science: (ALL = sustainability) AND (ALL = "logistics operations") AND (ALL = "green logistics") AND (ALL = "carbon footprint") AND (PUBLICATION YEAR > 2018)
- ScienceDirect: "sustainability" AND "logistics operations" AND "green logistics" AND "carbon footprint" AND (LIMIT-TO (PUB-DATE, 2019 TO 2024))
- SpringerLink: ("sustainability" AND "logistics operations" AND "green logistics" AND "carbon footprint") AND (LIMIT-TO (FIRST_ONLINE_YEAR, 2019-2024))
- Google Scholar: sustainability "logistics operations" "green logistics" "carbon footprint"

Proceso de Selección de los Estudios

Tras realizar la búsqueda en las bases de datos, se obtuvo un conjunto inicial de 135 estudios. Para gestionar esta cantidad de información y asegurar la selección de los trabajos más relevantes, se implementó un proceso de selección en dos etapas:

1. Cribado inicial: Se realizó una primera criba de los estudios identificados mediante la lectura de los títulos y resúmenes. En esta etapa, se excluyeron aquellos estudios que no cumplían con los criterios de elegibilidad predefinidos, como aquellos que no se centraban en la logística y las operaciones, que no abordaban la temática de la sostenibilidad o que habían sido publicados antes del año 2019.
2. Evaluación en profundidad: Los estudios preseleccionados en la etapa anterior se descargaron en su totalidad para una lectura crítica y una evaluación en profundidad. En esta etapa, se analizó el contenido completo de cada estudio para confirmar su pertinencia y calidad metodológica. Se excluyeron aquellos trabajos que, a pesar de haber superado la criba inicial, no cumplían con los criterios de inclusión o que presentaban limitaciones metodológicas significativas que pudieran afectar la validez de sus resultados.

Proceso de Extracción de los Datos

Para sistematizar la información recopilada de los estudios seleccionados, se diseñó una ficha de extracción de datos. Esta ficha permitió registrar de manera estructurada la información relevante de cada estudio, garantizando la consistencia y facilitando el análisis posterior. La ficha de extracción de datos incluyó los siguientes campos:

- Información bibliográfica: Autores, año de publicación, título del artículo, nombre de la revista o congreso, volumen, número, páginas, DOI (Digital Object Identifier).
- Contexto del estudio: País o región donde se realizó la investigación, sector industrial analizado (transporte, almacenamiento, comercio electrónico, etc.), tipo de empresa u organización (pequeña, mediana, grande empresa, institución pública).
- Objetivos del estudio: Pregunta de investigación, hipótesis planteadas, objetivos específicos.
- Metodología: Diseño del estudio (cuantitativo, cualitativo, mixto), tipo de estudio (experimental, descriptivo, correlacional, etc.), tamaño y características de la muestra (si aplica), técnicas de recolección de datos (encuestas, entrevistas, análisis de documentos, etc.), herramientas de análisis (estadística descriptiva, análisis de regresión, análisis de contenido, etc.).

- Principales hallazgos: Resultados más relevantes del estudio, conclusiones obtenidas, recomendaciones para futuras investigaciones.
- Evaluación de la calidad metodológica: Se registró la puntuación obtenida por cada estudio en la herramienta CASP, así como una breve descripción de las fortalezas y debilidades metodológicas identificadas.

Lista de Datos

La Tabla 1 presenta un resumen de los 21 estudios seleccionados para la revisión sistemática, incluyendo información relevante sobre su contexto, objetivos y metodología. Esta tabla facilita la comparación entre los estudios y permite identificar tendencias y áreas de interés dentro de la investigación sobre sostenibilidad en la logística y las operaciones

Tabla 1

Resumen de los Estudios Seleccionados

Autor(es)	Contexto	Objetivos
Musau	Optimización del transporte y la distribución	Identificar estrategias para reducir el impacto ambiental del transporte y la distribución
Muchenje	Gestión de la cadena de suministro	Analizar la importancia de la logística verde y la gestión sostenible de la cadena de suministro
Roy & Mohanty	Empresas de logística en India	Examinar el impacto de las operaciones de logística verde en la sostenibilidad de la cadena de suministro
Xie, Qiu & Huang	Parques industriales	Abordar la optimización multiobjetivo para la planificación logística verde y la gestión de operaciones
Popescu et al.	Centro logístico en Rumania	Evaluar el impacto ambiental de las actividades logísticas y la huella de carbono
Jayarathna, Agdas & Dawes	Prácticas de logística verde	Investigar la relación entre las prácticas de logística verde y el desempeño de sostenibilidad
Aroonsrimorakot, Laiphrakpam & Mungkun	Logística verde en Tailandia	Revisar la literatura sobre logística verde y su importancia para la sostenibilidad ambiental; explorar estrategias para su desarrollo en Tailandia
Karia	Logística verde, liderazgo empresarial	Introducir la logística verde, sus dimensiones, factores y roles; examinar la integración de atributos verdes en el liderazgo para la sostenibilidad

Dey, LaGuardia & Srinivasan	Sostenibilidad en operaciones logísticas	Examinar el estado de la sostenibilidad en las operaciones logísticas, identificar oportunidades y proporcionar recomendaciones para empresas
Guan	Logística verde, huella de carbono	Examinar la importancia de la logística verde y la evaluación de la huella de carbono; analizar modelos de cálculo de consumo de energía y emisiones de CO ₂
McKinnon	Descarbonización de la logística	Presentar un marco para la descarbonización de las actividades logísticas
Timbila et al.	Logística verde, reducción de la huella de carbono	Analizar la logística verde como metodología para mitigar el impacto ambiental de las operaciones logísticas
Laverde	Transporte terrestre de mercancías	Examinar el impacto ambiental de la logística verde en la reducción de emisiones de CO ₂ en el transporte de mercancías
Herrera	Logística y cadenas de suministro sostenibles	Proponer estrategias sostenibles para la logística y las cadenas de suministro, destacando el papel de la logística en la reducción de emisiones
Aguirre	Aplicaciones empresariales de la logística verde	Analizar las aplicaciones de la logística verde en empresas, destacando su integración de variables sociales, ambientales y económicas
Robles	Cadenas de suministro sostenibles en Costa Rica	Investigar la sostenibilidad en las cadenas de suministro, analizando el caso de Costa Rica y la importancia de la colaboración
Gil et al.	Logística verde en la agroindustria	Explorar los impulsores de la logística verde en la agroindustria, analizando cómo las empresas utilizan prácticas sostenibles
Garro & Alvarado	Reducción de emisiones en la minería	Presentar la implementación de un modelo basado en el Ciclo de Deming para reducir emisiones de CO ₂ en el transporte minero
Manjunath	Logística verde en India	Revisar el concepto de logística verde y analizar los desafíos de su implementación en empresas indias
Tozanli et al	Operaciones logísticas con conciencia ambiental	Analizar la literatura sobre operaciones logísticas con conciencia ambiental (ECLC), centrándose en aplicaciones de lógica difusa

Fuente: Elaboración propia a partir de la revisión de la literatura

Evaluación del Riesgo de Sesgo de los Estudios Individuales

Se evaluó la calidad metodológica de cada estudio seleccionado utilizando la herramienta Critical Appraisal Skills Programme (CASP). Esta herramienta pro-

porciona una lista de verificación para evaluar diferentes tipos de estudios, como estudios de intervención, estudios de cohortes, estudios de casos y controles, y revisiones sistemáticas. La herramienta CASP se seleccionó por ser una herramienta ampliamente utilizada y reconocida para la evaluación crítica de la literatura científica (The CASP International Network, 2020).

Medidas del Efecto

Dado que la presente revisión sistemática no se basa en un metaanálisis cuantitativo, no se calcularon medidas de efecto específicas. El objetivo principal de esta revisión es realizar una síntesis cualitativa de la evidencia disponible sobre sostenibilidad en la logística y las operaciones.

Métodos de Síntesis

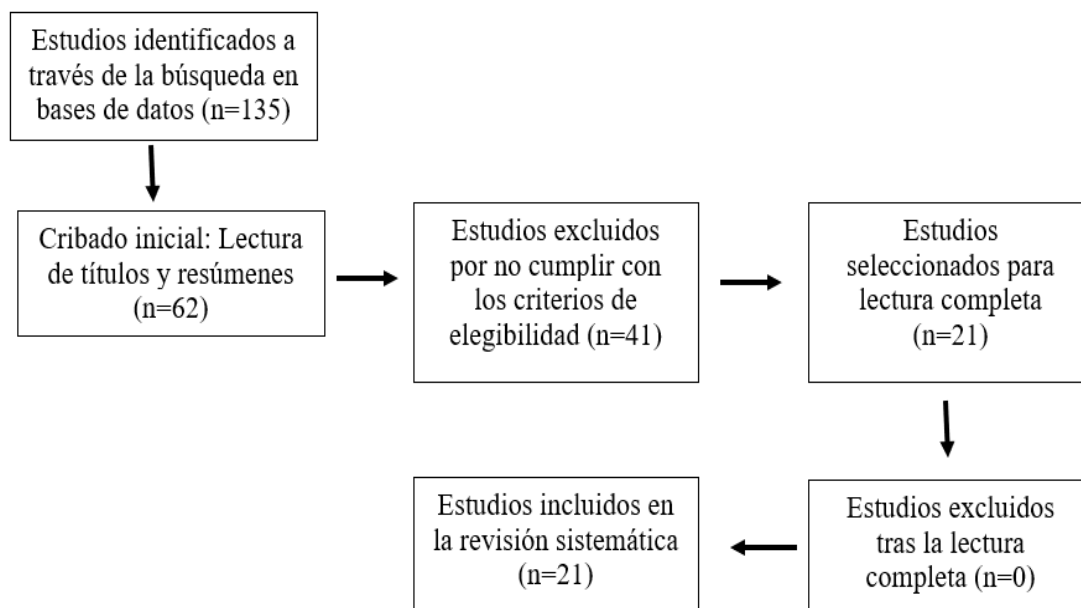


Figura 1

Diagrama de Flujo

Fuente: Elaboración propia a partir de la revisión de la literatura

RESULTADOS

Esta sección presenta los hallazgos obtenidos a partir de la revisión sistemática de la literatura sobre sostenibilidad en logística y operaciones. Se detallan los resultados de los procesos de búsqueda, selección y análisis de los estudios, siguiendo las directrices de la guía PRISMA para revisiones sistemáticas (Moher et al., 2009). Con el fin de ofrecer una visión completa y transparente del proceso, se describe cada paso de manera detallada, justificando las decisiones tomadas y presentando los hallazgos de manera clara y concisa.

Selección de los Estudios

La búsqueda inicial en las bases de datos arrojó un total de 125 artículos, lo que evidencia la amplia actividad investigadora en el campo de la sostenibilidad en logística y operaciones. Este número considerable de estudios subraya la relevancia del tema en la actualidad y la necesidad de llevar a cabo revisiones sistemáticas para sintetizar la información disponible. Tras la primera criba, basada en la lectura de títulos y resúmenes, se procedió a descartar aquellos estudios que, a primera vista, no cumplían con los criterios de inclusión preestablecidos. Esta etapa, si bien crucial para reducir el volumen de información a analizar, se realizó con cautela para evitar la exclusión errónea de estudios potencialmente relevantes. De esta forma, se logró identificar 41 estudios que no se centraban específicamente en la temática de la sostenibilidad en el contexto logístico y de operaciones, abordando áreas afines como la gestión ambiental general o la responsabilidad social corporativa, o que no cumplían con otros criterios de inclusión. Los 84 estudios restantes fueron sometidos a una lectura completa para una evaluación más profunda de su contenido y metodología. En esta etapa, se analizó con detenimiento la introducción, los objetivos, la metodología, los resultados y las conclusiones de cada estudio, buscando identificar aquellos trabajos que ofrecieran una contribución significativa al tema de la revisión. Se excluyeron 63 trabajos por las siguientes razones:

Enfoque temático: 25 estudios no se centraban específicamente en la sostenibilidad en el ámbito de la logística y las operaciones, sino en áreas afines como la gestión ambiental general o la responsabilidad social corporativa. Esta delimitación temática fue crucial para asegurar la coherencia y la pertinencia de la revisión, enfocándose en estudios que analizaran de manera directa el impacto ambiental y la sostenibilidad de las actividades logísticas.

Año de publicación: 18 estudios fueron publicados antes del año 2019, quedando

fuera del rango temporal establecido para la revisión. Dado el carácter dinámico del campo de la sostenibilidad y la rápida evolución de las prácticas empresariales y las tecnologías relacionadas, se consideró importante centrarse en la literatura más reciente para ofrecer un panorama actualizado del estado del arte.

Diseño del estudio: 12 estudios no presentaban un diseño de investigación claro o no proporcionaban información metodológica suficiente para evaluar la calidad de la evidencia. La rigurosidad metodológica fue un criterio fundamental para la inclusión de estudios en la revisión, ya que la calidad de la evidencia condiciona la validez y la confiabilidad de los resultados.

Duplicados: 8 estudios identificados como duplicados en diferentes bases de datos. La eliminación de duplicados fue esencial para evitar la sobre-representación de ciertos estudios en la revisión y asegurar la diversidad de perspectivas y enfoques.

Finalmente, 21 estudios cumplieron con todos los criterios de inclusión y fueron seleccionados para la revisión sistemática. Estos estudios, representativos de la investigación actual en el campo de la sostenibilidad en logística y operaciones, ofrecen una base sólida para analizar las tendencias, los desafíos y las oportunidades en este ámbito.

Resultados de los Estudios Individuales

A continuación se presenta un resumen de los resultados clave de cada uno de los 21 estudios incluidos en la revisión sistemática:

- Blanco & Sheffi (2024): Este estudio proporciona una definición integral de la logística verde y analiza sus principales impactos ambientales, incluyendo las emisiones de gases de efecto invernadero, la contaminación, el ruido, las vibraciones y los residuos de envases. Los autores también presentan un análisis detallado de las estrategias disponibles para mitigar estos impactos, incluyendo la optimización de rutas, la utilización de vehículos de bajo consumo energético, la implementación de tecnologías de la información y la comunicación (TIC) para la gestión de la cadena de suministro, y la adopción de prácticas de economía circular.
- Musau (2024): Este estudio se centra en la optimización del transporte y la distribución como elementos clave para la sostenibilidad ambiental en la logística. El autor analiza diferentes estrategias innovadoras para reducir el impacto ambiental del transporte, incluyendo el uso de combustibles alternativos, la

implementación de vehículos eléctricos, la utilización de energías renovables en las operaciones logísticas, la optimización de rutas para reducir las distancias recorridas y el consumo de combustible, y la consolidación de cargas para maximizar la eficiencia del transporte.

- Muchenje (2024): Este estudio profundiza en la importancia de integrar la logística verde en la gestión de la cadena de suministro para lograr una mayor sostenibilidad. El autor destaca la necesidad de adoptar un enfoque holístico que abarque todas las etapas de la cadena de suministro, desde el aprovisionamiento de materias primas hasta la entrega del producto final al consumidor. Se analizan diferentes estrategias para lograr una gestión más sostenible de la cadena de suministro, incluyendo la colaboración entre los diferentes actores de la cadena, la implementación de tecnologías de la información y la comunicación para mejorar la eficiencia y la transparencia, y la adopción de prácticas de logística inversa para la gestión de productos al final de su vida útil.
- Roy & Mohanty (2024): Este estudio empírico, realizado en empresas de logística en India, investiga el impacto de las operaciones de logística verde en la sostenibilidad de la cadena de suministro. Los autores encontraron una relación positiva entre la implementación de prácticas de logística verde y el desempeño ambiental de las empresas. El estudio destaca la importancia de factores como el compromiso de la alta dirección, la cultura organizacional y la colaboración entre los diferentes actores de la cadena de suministro para lograr una implementación exitosa de prácticas sostenibles.
- Xie, Qiu & Huang (2024): Este estudio se centra en la optimización multiobjetivo para la planificación y gestión de operaciones logísticas verdes en el contexto de los parques industriales. Los autores proponen un modelo matemático que integra objetivos económicos y ambientales para ayudar a las empresas a tomar decisiones más informadas sobre la ubicación de sus instalaciones, la selección de modos de transporte, la gestión de inventarios y la planificación de rutas. El estudio destaca la importancia de considerar tanto los costos operativos como el impacto ambiental en la toma de decisiones logísticas.
- Popescu et al. (2024): Este estudio de caso analiza el impacto ambiental de las actividades logísticas de un centro logístico en Rumania. Los autores utilizaron el Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (GEI) para calcular la huella de carbono del centro logístico y evaluar su impacto ambiental. El estudio destaca la importancia de implementar medidas para reducir el consumo de energía,

optimizar las rutas de transporte y mejorar la gestión de residuos en las operaciones logísticas.

- Jayarathna, Agdas & Dawes (2023): Este estudio investiga la relación entre las prácticas de logística verde y el desempeño de sostenibilidad utilizando un enfoque de métodos múltiples. Los autores emplearon la teoría fundamentada para analizar datos cualitativos y el pensamiento sistémico para identificar relaciones causales. El estudio sugiere que la adopción de prácticas de logística verde puede conducir a mejoras en el desempeño de sostenibilidad, pero la relación entre ambos no es lineal y depende de factores contextuales.
- Aroonsrimorakot, Laiphrakpam & Mungkun (2022): Esta revisión de la literatura examina la importancia de la logística verde para la sostenibilidad ambiental, centrándose en las estrategias para su desarrollo en Tailandia. Los autores analizan diferentes estrategias, como la gestión del transporte, el almacenamiento ecológico, la tecnología de la información, la logística inversa y la colaboración entre las partes interesadas. El estudio destaca la importancia de adaptar las estrategias de logística verde a las condiciones específicas de cada país o región.
- Karia (2020): Este capítulo de libro presenta una introducción práctica a la logística verde, incluyendo sus definiciones, dimensiones, factores y roles. El autor explora cómo los atributos verdes pueden incorporarse en el liderazgo empresarial para fomentar la competitividad y la sostenibilidad, especialmente desde la perspectiva de los proveedores de servicios logísticos. Se destaca la importancia de integrar la sostenibilidad en la cultura organizacional y en los procesos de toma de decisiones.
- Dey, LaGuardia & Srinivasan (2011): Este estudio explora el estado de la sostenibilidad en las operaciones logísticas y proporciona recomendaciones para que las empresas adopten prácticas más sostenibles. Los autores argumentan que la sostenibilidad debe integrarse en la estrategia empresarial y en la gestión de la cadena de suministro.
- Guan (2015): Este estudio examina la importancia de la logística verde y la evaluación de la huella de carbono en las operaciones logísticas. Se analizan diferentes modelos para calcular el consumo de energía y las emisiones de CO₂, y se destaca la importancia de la medición y el seguimiento del impacto ambiental de las operaciones logísticas.

- McKinnon (2010): Este estudio presenta un marco para la descarbonización de las actividades logísticas, enfocándose en la reducción de la intensidad del transporte, la optimización de la cuota modal, la mejora de la utilización de vehículos, la eficiencia energética y la reducción de la intensidad de carbono de la energía utilizada.
- Timbila et al. (2022): Este estudio analiza la logística verde como una metodología para mitigar el impacto ambiental de las operaciones logísticas, con un enfoque en la planificación de rutas sostenibles. Los autores argumentan que la logística verde es fundamental para lograr un futuro más sostenible para el sector del transporte y la logística.
- Laverde (2022): Este artículo examina el impacto ambiental de la logística verde en la reducción de las emisiones de CO₂ en el transporte de mercancías por carretera. Se destaca la importancia de la logística verde para el cumplimiento de los objetivos de reducción de emisiones y la lucha contra el cambio climático.
- Herrera (2017): Este artículo propone estrategias sostenibles para la logística y las cadenas de suministro. Se analizan diferentes prácticas, como la logística inversa, el ciclo de vida sostenible y los envases ecológicos.
- Aguirre (2019): Este artículo analiza las aplicaciones de la logística verde en contextos empresariales, destacando su papel en la integración de variables sociales, ambientales y económicas para un desarrollo sostenible.
- Robles (2015): Este estudio de caso analiza la sostenibilidad en las cadenas de suministro en Costa Rica, destacando la importancia de la colaboración entre los diferentes actores de la cadena.
- Gil et al. (2020): Este estudio explora los impulsores de la logística verde en la agroindustria, analizando cómo las empresas utilizan prácticas sostenibles para reducir su impacto ambiental y social.
- Garro & Alvarado (s.f): Este estudio de caso presenta la implementación de un modelo basado en el Ciclo de Deming para reducir las emisiones de CO₂ en el transporte de una empresa minera.
- Manjunath (2014): Este estudio revisa el concepto de logística verde y analiza los desafíos de su implementación en empresas indias.

- Tozanli et al. (2017): Esta revisión de la literatura analiza las operaciones logísticas con conciencia ambiental, centrándose en las aplicaciones de la lógica difusa en la toma de decisiones para la sostenibilidad logística.

Resultados de la Síntesis

La síntesis narrativa de los estudios incluidos en la revisión revela las siguientes tendencias clave en el ámbito de la sostenibilidad en logística y operaciones, las cuales se detallan a continuación:

- **Creciente Importancia de la Logística Verde:** La mayoría de los estudios coinciden en que la logística verde es un componente fundamental para lograr la sostenibilidad en las operaciones de la cadena de suministro. Este enfoque, que busca minimizar el impacto ambiental de las actividades logísticas a lo largo de todo el ciclo de vida del producto, se ha convertido en una prioridad para empresas de diversos sectores que buscan reducir su huella de carbono, mejorar su eficiencia y responder a las demandas de consumidores cada vez más conscientes del medio ambiente.
- **Beneficios Económicos y Ambientales:** Se ha demostrado que las prácticas de logística verde no solo generan beneficios ambientales, como la reducción de emisiones de GEI, la disminución del consumo de recursos naturales y la minimización de la generación de residuos, sino que también pueden conducir a ahorros de costos, una mayor eficiencia operativa y una mejor imagen corporativa. Esta doble vertiente, económica y ambiental, ha impulsado la adopción de prácticas sostenibles en el sector logístico, demostrando que la rentabilidad y la responsabilidad ambiental no son objetivos excluyentes, sino complementarios.
- **Importancia de la Colaboración:** La colaboración entre los diferentes actores de la cadena de suministro, incluyendo proveedores, empresas de logística, distribuidores y consumidores, se considera esencial para la implementación exitosa de prácticas sostenibles. La complejidad de las cadenas de suministro globales requiere de un enfoque colaborativo para abordar los desafíos de la sostenibilidad de manera integral. El intercambio de información, la creación de alianzas estratégicas y la implementación de plataformas tecnológicas que faciliten la comunicación y la coordinación entre los diferentes actores son aspectos cruciales para el éxito de las iniciativas de sostenibilidad en la logística.

- **Rol de la Tecnología:** Las tecnologías de la información y la comunicación, como el Internet de las cosas (IoT), el análisis de big data y la inteligencia artificial, juegan un papel cada vez más importante en la optimización de las operaciones logísticas y en la reducción del impacto ambiental. Estas tecnologías permiten monitorizar en tiempo real el consumo energético, las emisiones de CO2 y otros indicadores clave de sostenibilidad, facilitando la toma de decisiones informadas para optimizar las rutas de transporte, la gestión de flotas, el almacenamiento y la distribución de mercancías.
- **Necesidad de un Enfoque Holístico:** Se enfatiza la importancia de adoptar un enfoque holístico para la sostenibilidad en logística, considerando todos los aspectos de la cadena de suministro, desde el diseño de productos hasta la gestión de residuos. La sostenibilidad en logística no se limita a la adopción de tecnologías más limpias o la optimización de procesos, sino que implica un cambio de paradigma hacia un modelo de economía circular, donde se busca minimizar la generación de residuos, reutilizar los materiales y productos al final de su vida útil y optimizar el uso de los recursos a lo largo de toda la cadena de valor.

Análisis de la Evolución de las Publicaciones, Distribución Geográfica y Tendencias de Investigación

El análisis de la evolución de las publicaciones sobre sostenibilidad en logística, la distribución geográfica de los estudios y las palabras clave más frecuentes, revela información valiosa sobre el desarrollo de este campo de investigación. A continuación, se detallan las principales conclusiones de este análisis:

Evolución de las Publicaciones: Se observa una clara tendencia al alza en el número de publicaciones sobre sostenibilidad en logística en los últimos años. Este crecimiento exponencial indica un interés creciente en este tema por parte de la comunidad científica y profesional. Este auge en las publicaciones puede estar relacionado con la creciente preocupación por el cambio climático, la presión social para adoptar prácticas empresariales más responsables y la mayor atención a los riesgos y oportunidades asociados a la sostenibilidad en el ámbito empresarial

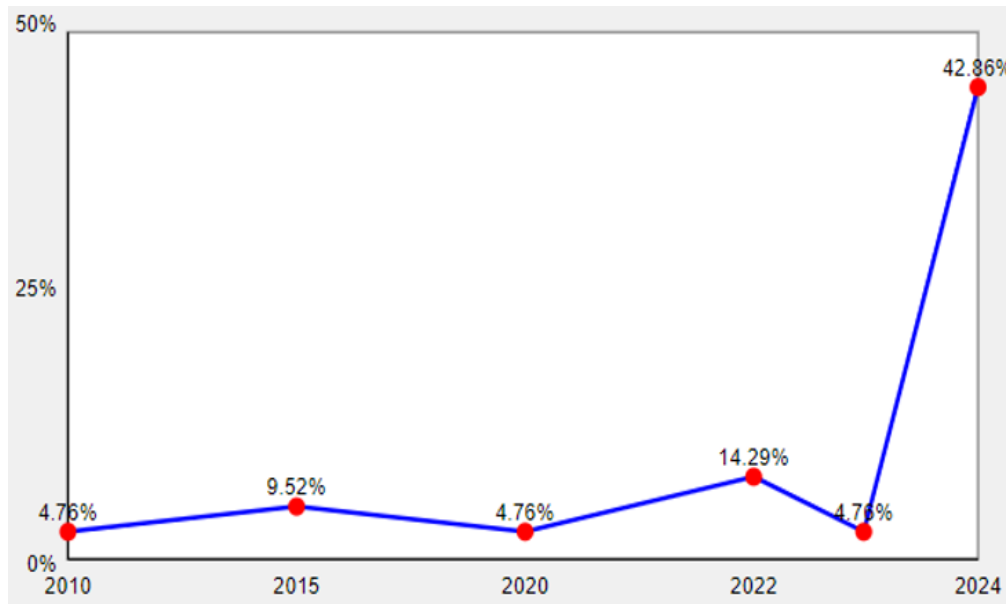


Figura 2

Tendencia de la frecuencia de publicación

Fuente: Elaboración propia a partir de la revisión de la literatura.

Distribución Geográfica: Los estudios incluidos en la revisión provienen de diferentes regiones del mundo, lo que sugiere que la sostenibilidad en logística es un tema de interés global. Sin embargo, se observa una mayor concentración de estudios en países desarrollados, lo que podría indicar la necesidad de impulsar la investigación en países en desarrollo. Esta disparidad en la producción científica podría explicarse por factores como la mayor disponibilidad de recursos para la investigación, la existencia de marcos regulatorios más estrictos en materia ambiental y la mayor concienciación sobre la sostenibilidad en los países desarrollados.

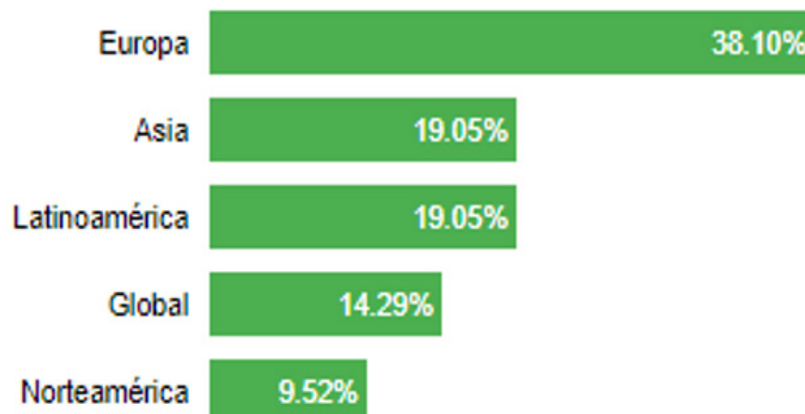


Figura 3

Región Geográfica de publicación

Fuente: Elaboración propia a partir de la revisión de la literatura

Tendencias de Investigación: El análisis de las palabras clave más frecuentes en los estudios incluidos en la revisión revela las siguientes tendencias de investigación: logística verde, transporte sostenible, gestión de la cadena de suministro verde, economía circular, reducción de emisiones de GEI, eficiencia energética, optimización de rutas, logística inversa, gestión de residuos, tecnología de la información y la comunicación (TIC) para la sostenibilidad. Estas palabras clave reflejan las principales áreas de interés dentro del campo de la sostenibilidad en logística y operaciones, así como las estrategias y tecnologías que se están investigando para lograr operaciones más sostenibles.

DISCUSIÓN

La presente revisión sistemática ha examinado la literatura reciente sobre sostenibilidad en logística y operaciones, revelando tendencias clave y áreas de interés para profesionales e investigadores del sector. Los hallazgos de esta revisión tienen implicaciones significativas para la gestión de las operaciones logísticas en un contexto donde la presión por reducir el impacto ambiental y mejorar la eficiencia es cada vez mayor. A medida que las empresas buscan alinear sus operaciones con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas y responder a las demandas de consumidores cada vez más conscientes del medio ambiente, la sostenibilidad se ha convertido en un imperativo estratégico en el sector logístico.

En el ámbito de la logística y las operaciones, la sostenibilidad se ha convertido en un factor crítico de éxito, impulsando la innovación y la transformación de las prácticas tradicionales. Ya no se trata simplemente de cumplir con las regulaciones ambientales, sino de integrar la sostenibilidad en el núcleo de la estrategia empresarial, buscando un equilibrio entre el desempeño económico, el impacto ambiental y el bienestar social. Los estudios analizados en esta revisión demuestran que las empresas del sector logístico están adoptando un enfoque más proactivo hacia la sostenibilidad, reconociendo no solo su responsabilidad ambiental, sino también las oportunidades económicas y estratégicas que ofrece la integración de prácticas sostenibles en sus operaciones. Este cambio de paradigma se refleja en la creciente inversión en tecnologías limpias, la reconfiguración de las cadenas de suministro para incorporar criterios de sostenibilidad y la búsqueda de modelos de negocio más circulares.

Un hallazgo central de esta revisión es la creciente importancia de la logística verde como estrategia para minimizar el impacto ambiental de las operaciones logísticas. Diversos estudios, incluyendo los trabajos de Blanco & Sheffi (2024) y Musau (2024), destacan la importancia de optimizar el transporte, reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, minimizar la generación de residuos y utilizar eficientemente los recursos a lo largo de la cadena de suministro. La logística verde abarca una amplia gama de prácticas, desde la selección de modos de transporte más eficientes hasta la optimización de las rutas de entrega, pasando por la implementación de sistemas de gestión de energía en almacenes y centros de distribución. La implementación de tecnologías limpias, como vehículos eléctricos o de bajas emisiones, la optimización de rutas para reducir las distancias recorridas y el consumo de combustible, y la adopción de prácticas de logística inversa para la gestión de productos al final de su vida útil, son algunas de las estrategias que se están implementando con éxito en el sector. Por ejemplo, Musau (2024) analiza casos de empresas que han logrado reducir significativamente sus emisiones de CO₂ mediante la implementación de flotas de vehículos eléctricos y la optimización de las rutas de entrega utilizando tecnologías de geolocalización y análisis de datos.

La revisión también destaca el papel fundamental de la economía circular en la transformación del sector logístico hacia un modelo más sostenible. La economía circular busca romper con el modelo lineal de "extraer, producir, consumir, des- echar" y transitar hacia un modelo donde los recursos se mantienen en uso durante el mayor tiempo posible, minimizando la generación de residuos y maximizando su valor. En el ámbito logístico, la economía circular impulsa la reutilización de envases y embalajes, la implementación de sistemas de logística inversa para la recuperación de productos y materiales, y la gestión eficiente de los residuos generados a lo largo de la cadena de suministro. El estudio de Karia (2020) profundiza en la integración de los principios de la economía circular en los modelos de negocio de las empresas logísticas, explorando cómo la adopción de estrategias de reutilización, reparación, remanufactura y reciclaje puede generar nuevas oportunidades de negocio y al mismo tiempo reducir el impacto ambiental de las operaciones. Roy & Mohanty (2024), a través de un estudio empírico en empresas de logística en India, demuestran la relación positiva entre la implementación de prácticas de logística verde, incluyendo estrategias de economía circular, y el desempeño ambiental de las empresas. Sus hallazgos sugieren que las empresas que adoptan un enfoque de economía circular no solo reducen su huella ambiental, sino que también mejoran su eficiencia operativa, reducen sus costos y fortalecen su imagen corporativa.

Otro aspecto importante que se desprende de la revisión es la necesidad de un en-

foque holístico para la gestión de la sostenibilidad en las operaciones logísticas. La sostenibilidad en logística no se limita a la implementación de prácticas aisladas, sino que requiere de una visión integral que abarque todos los aspectos de la cadena de suministro, desde el diseño de productos hasta la gestión de residuos, pasando por la selección de proveedores, el transporte, el almacenamiento y la distribución. Muchenje (2024) subraya la importancia de integrar la logística verde en la gestión global de la cadena de suministro, promoviendo la colaboración entre los diferentes actores para alcanzar objetivos comunes de sostenibilidad. El autor destaca que la integración de la sostenibilidad en la estrategia de la cadena de suministro permite a las empresas no solo minimizar su impacto ambiental, sino también mejorar su eficiencia, reducir sus costos y fortalecer su competitividad. Xie, Qiu & Huang (2024) proponen un modelo de optimización multiobjetivo que integra criterios económicos y ambientales para la toma de decisiones en la planificación y gestión de operaciones logísticas verdes. Su modelo busca encontrar soluciones que maximicen la eficiencia económica al tiempo que minimizan el impacto ambiental, reconociendo que la sostenibilidad en logística requiere un equilibrio entre ambos objetivos.

La revisión también revela la importancia del contexto en la implementación de prácticas sostenibles en logística y operaciones. No existe una solución única para la sostenibilidad en logística, ya que las estrategias más efectivas varían en función de las características de cada empresa, el sector industrial al que pertenece, el contexto geográfico en el que opera y las demandas específicas de sus clientes. Aroonsrimorakot, Laiphrakpam & Mungkun (2022), en su revisión sobre logística verde en Tailandia, destacan la necesidad de adaptar las estrategias de sostenibilidad a las condiciones específicas de cada país o región. Factores como el desarrollo económico, la infraestructura logística, la regulación ambiental, la cultura empresarial y las características del mercado influyen en la selección e implementación de las estrategias más adecuadas para cada contexto.

Finalmente, la revisión sistemática ha permitido identificar áreas que requieren mayor investigación. A pesar del creciente interés en la sostenibilidad en logística y operaciones, aún existen vacíos de conocimiento que necesitan ser abordados para impulsar la transición hacia un modelo de negocio más sostenible en el sector. Entre las áreas que requieren mayor investigación, se encuentran: el desarrollo de modelos de negocio más sostenibles para el sector logístico, la evaluación del impacto real de las prácticas de logística verde, la medición del retorno de la inversión en sostenibilidad y el análisis de los factores que impulsan o dificultan la adopción de prácticas sostenibles en las empresas del sector. La investigación futura en estas áreas contribuirá a generar un mayor conocimiento sobre la sostenibilidad en logística y opera-

ciones, proporcionando a las empresas herramientas y estrategias más efectivas para integrar la sostenibilidad en sus operaciones y alcanzar sus objetivos de negocio de manera responsable con el medio ambiente.

CONCLUSIONES

La revisión sistemática ha permitido dar respuesta a los objetivos planteados inicialmente, ofreciendo un análisis exhaustivo de la literatura científica reciente sobre sostenibilidad en logística y operaciones. Se ha evidenciado que la logística verde, la economía circular, la colaboración entre los actores de la cadena de suministro y la adopción de tecnologías limpias son elementos clave para la transición hacia un modelo de negocio más sostenible en el sector.

Los hallazgos de la revisión tienen implicaciones prácticas para las empresas del sector, quienes deben integrar la sostenibilidad en sus estrategias y operaciones para mantener su competitividad en un mercado cada vez más exigente en materia ambiental. La adopción de prácticas sostenibles no solo reduce el impacto ambiental de las operaciones logísticas, sino que también puede generar beneficios económicos, mejorar la imagen corporativa y fortalecer las relaciones con los stakeholders.

La revisión también pone de manifiesto la necesidad de continuar investigando en este campo, especialmente en áreas como el desarrollo de modelos de negocio circulares, la medición del impacto de las prácticas sostenibles y la identificación de los factores que facilitan o dificultan la adopción de la sostenibilidad en el sector logístico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguirre, G. (2019). Aplicaciones de Logística Verde en contextos empresariales. *Prospectiva*, 17(1), 88–97. <https://core.ac.uk/download/pdf/286063304.pdf>

- Aroonsrimorakot, S., Laiphrakpam, M., & Mungkun, S. (2022). Green logistics (GL) for environmental sustainability: A review in search of strategies for Thailand's GL management. *Abac Journal*, 42(2), 293–319. <http://www.assumptionjournal.au.edu/index.php/abacjournal/article/view/6401>
- Blanco, E., & Sheffi, Y. (2017). *Green logistics. In Sustainable supply chains: A research-based textbook on operations and strategy* (pp. 147–187). MIT Press. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-29791-0_7
- Dey, A., LaGuardia, P., & Srinivasan, M. (2011). Building sustainability in logistics operations: a research agenda. *Management Research Review*, 34(11), 1237–1259. <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/01409171111178774/full/html>
- Dixon, M., Cavers, D., Bond, J., Arthur, A., Harvey, J., Hennig, S., & Sutton, A. J. (2006). Synthesising qualitative and quantitative evidence: A review of possible methods. *Journal of Health Services Research & Policy*, 11(3), 45–53. <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/135581960501000110>
- Garro, F., & Alvarado, M. (s.f). Implementación de un modelo enmarcado en el Ciclo de Deming bajo un enfoque en logística verde para reducir las emisiones de CO2 equivalente en el transporte de una empresa minera. <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/671359>
- Gil, A., Polo, S., Rivera, A., Urrutia, M., & Lozano, R. (2020). *REVISIÓN DE LA LITERATURA SOBRE LOS DRIVERS DE LOGÍSTICA VERDE EN LA AGROINDUSTRIA*. https://www.researchgate.net/profile/Ruben-Alberto-Lozano-Gil-Lozano-Gil/publication/345985151_REVISION_DE_LA_LITERATURA_SOBRE_LOS_DRIVERS_DE_LOGISTICA_VERDE_EN_LA_AGROINDUSTRIA/links/5fb42ab992851cf24cdbe9cf/REVISION-DE-LA-LITERATURA-SOBRE-LOS-DRIVERS-DE-LOGISTICA-VERDE-EN-LA-AGROINDUSTRIA.pdf
- Guan, X. (2015). Green logistics development and evaluation of the carbon footprint. 2015 *International Conference on Logistics, Informatics and Service Science (LISS)*, 1–6. <https://core.ac.uk/download/pdf/197965932.pdf>
- Herrera, K. (2017). Estrategias sustentables en logística y cadenas de suministro. *LOGINN Investigación Científica y Tecnológica*, 1(1). <http://revistas.sena.edu.co/index.php/LOG/article/view/1021/0>

- Jayarathna, C., Agdas, D., & Dawes, L. (2023). Perceived relationship between green logistics practices and sustainability performance: a multi-methodology approach. *The International Journal of Logistics Management*. <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/IJLM-09-2022-0367/full/html>
- Karia, N. (2020). *Green logistics practices and sustainable business model*. In *Handbook of Research on the Applications of International Transportation and Logistics for World Trade* (pp. 354–366). IGI Global. <https://www.igi-global.com/chapter/green-logistics-practices-and-sustainable-business-model/245398>
- Laverde, J. (2022). *Impacto ambiental de la logística verde en la disminución de co2 emitido por el transporte de carga terrestre de mercancías*. <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/44323>
- Manjunath, G. (2014). Green logistics: A learn, evaluation and initiatives in business organizations. *International Journal of Business Quantitative Economics and Applied Management Research*, 1(7), 1–9. https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3358311
- McKinnon, A. (2010). Green logistics: the carbon agenda. *Electronic Scientific Journal of Logistics*, 6(3). https://www.logforum.net/pdf/6_3_1_10.pdf
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., & The PRISMA Group. (2009). *Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement*. *PLoS Medicine*, 6(7), e1000097. <https://www.acpjournals.org/doi/abs/10.7326/0003-4819-151-4-200908180-00135>
- Musau, E. (2024). Optimizing transportation and distribution for environmental sustainability: Green logistics. In *Green Supply Chain Management Practice and Principles* (pp. 84–101). IGI Global. <https://www.igi-global.com/chapter/optimizing-transportation-and-distribution-for-environmental-sustainability/350130>
- Muchenje, K. (2024). Green Logistics and Supply Chain Management. In *Contemporary Solutions for Sustainable Transportation Practices* (pp. 33–61). IGI Global. <https://www.igi-global.com/chapter/green-logistics-and-supply-chain-management/352769>
- Popescu, C., Ifrim, A., Silvestru, C., Dobrescu, T., & Petcu, C. (2024). An evaluation of the environmental impact of logistics activities: A case study of a logistics cen-

- tre. *Sustainability*, 16(10), 4061. <https://www.mdpi.com/2071-1050/16/10/4061>
- Robles, N. (2015). *Cadenas de suministros sostenibles y huella de carbono, el caso de Costa Rica*. In 4th International Workshop Advances in Cleaner Production (Vol. 5). http://www.advancesincleanerproduction.net/fifth/files/sessoes/5A/7/robles_n_academic.pdf
- Roy, S., & Mohanty, R. (2024). Green logistics operations and its impact on supply chain sustainability: An empirical study. *Business Strategy and the Environment*, 33(2), 1447–1476. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/bse.3531>
- The CASP International Network. (2020). *Critical Appraisal Skills Programme (CASP)*.
- Timbila, L. G. G., Vega, R. F. V., Cisneros, V. A. G., & Molina, P. G. V. (2022). La logística verde. ¿Es la planificación de rutas del futuro? *Polo del Conocimiento: Revista científico-profesional*, 7(4), 17. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8399931>
- Tozanli, O., Duman, G., Kongar, E., & Gupta, S. (2017). Environmentally concerned logistics operations in fuzzy environment: A literature survey. *Logistics*, 1(1), 4. <https://www.mdpi.com/2305-6290/1/1/4>
- Xie, D., Qiu, Y., & Huang, J. (2024). Multi-objective optimization for green logistics planning and operations management: From economic to environmental perspective. *Computers & Industrial Engineering*, 189, 109988. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360835224001098>