v.2, n.6, 2025 - Junho

REVISTA
O UNIVERSO OBSERVÁVEL

SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL EN LA LOGÍSTICA: ESTRATEGIAS PARA REDUCIR LA HUELLA DE CARBONO EN LAS OPERACIONES DE LA CADENA DE SUMINISTRO

Melvis Anel Sánchez Cruz[1]
José Camarena[2]
Yarineth Vázquez[3]

Revista o Universo Observável
DOI: 10.69720/29660599.2025.000127
ISSN: 2966-0599

[1]Universidad: Nacional De Panamá
E-mail: melvis199200@gmail.com
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3498-4330
[2]Universidad: Nacional De Panamá
E-mail: investigacionjc507@gmail.com
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3498-4330
[3]Universidad: Nacional De Panamá
E-mail: Yarineth.vasquez1520@gmail.com
ORCID: https://orcid.org/0009-0005-4018-1832

REVISTA O UNIVERSO OBSERVÁVEL

v.2, n.6, 2025 - Junho

SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL EN LA LOGÍSTICA: ESTRATEGIAS PARA REDUCIR LA HUELLA DE CARBONO EN LAS OPERACIONES DE LA CADENA DE SUMINISTRO

Melvis Anel Sánchez Cruz, José Camarena e Yarineth Vázquez

PERIÓDICO CIENTIFÍCO INDEXADO INTERNACIONALMENTE

ISSN
International Standard Serial Number
2966-0599
www.ouniversoobservavel.com.br

Editora e Revista
O Universo Observável
CNPJ: 57.199.688/0001-06
Naviraí – Mato Grosso do Sul
Rua: Botocudos, 365 – Centro
CEP: 79950-000

O Conhecimento é o horizonte de eventos.

ISSN: 2966-0599
contato@ouniversoobservavel.com.br
www.ouniversoobservavel.com.br
Periódico Científico Indexado

RESUMEN

La logística sostenible se ha convertido en un pilar esencial para afrontar el cambio climático en las cadenas de suministro modernas. El presente artículo analiza estrategias prácticas para reducir la huella de carbono en el sector logístico, respaldadas por datos actuales y ejemplos empresariales. Mediante una revisión de literatura reciente y casos reales, se identifican iniciativas como la optimización de rutas mediante IA y IoT, la adopción de combustibles alternativos (vehículos eléctricos, biocombustibles, hidrógeno), la eficiencia energética en almacenes, el rediseño de redes logísticas y la colaboración en la cadena de suministro. Los resultados evidencian que el transporte de carga y las operaciones logísticas contribuyen significativamente a las emisiones de gases de efecto invernadero, pero también que existen soluciones viables para lograr reducciones sustanciales, del orden de 40-50% para 2030 con tecnologías ya disponibles. Se discuten los beneficios ambientales y económicos de estas estrategias –como la disminución de costos operativos y mejora de la imagen corporativa– junto con los desafíos para su implementación (inversiones iniciales, desarrollo tecnológico, marcos regulatorios). Finalmente, se concluye enfatizando la importancia de un enfoque integral (tecnología, procesos y cultura organizacional) y colaborativo para transitar hacia cadenas de suministro con cero emisiones netas, alineadas con las metas climáticas globales.

Palabras claves: logística sostenible, cadena de suministro, impacto ambiental, rentabilidad, análisis de contenido, almacén.

ABSTRACT

Sustainable logistics has become an essential pillar for addressing climate change in modern supply chains. This article analyzes practical strategies for reducing the carbon footprint in the logistics sector, supported by current data and business examples. Through a review of recent literature and real-life cases, initiatives such as route optimization using AI and IoT, the adoption of alternative fuels (electric vehicles, biofuels, hydrogen), energy efficiency in warehouses, logistics network redesign, and supply chain collaboration are identified. The results show that freight transport and logistics operations contribute significantly to greenhouse gas emissions, but also that viable solutions exist to achieve substantial reductions, on the order of 40-50% by 2030 with already available technologies. The environmental and economic benefits of these strategies—such as reduced operating costs and improved corporate image—are discussed, along with the challenges of their implementation (initial investments, technological development, regulatory frameworks). Finally, the report concludes by emphasizing the importance of a comprehensive and collaborative approach (technology, processes, and organizational culture) to move toward net-zero supply chains aligned with global climate goals.

Keywords: *sustainable logistics, supply chain, environmental impact, profitability, content analysis, warehouse.*

INTRODUCCIÓN

El cambio climático y la necesidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) han colocado a la logística sostenible en el centro de la agenda empresarial y gubernamental. El sector transporte en su conjunto es responsable de una fracción importante de las emisiones globales de CO_2 – cerca del 37% en 2020 según la Agencia Internacional de la Energía, siendo los vehículos pesados (camiones de cargaE) responsables por sí solos de un 25% de esas emisiones. En particular, las actividades logísticas (transporte de mercancías por carretera, marítimo y aéreo, más las operaciones de almacén) representan al menos un 7% de las emisiones globales de GEI. Estudios del *Massachusetts Institute of Technology (MIT)* estiman incluso que solo el transporte de carga contribuye aproximadamente con 8% de las emisiones globales, porcentaje que podría duplicarse para 2050 debido al crecimiento económico en Asia, África y Latinoamérica. Estos datos ponen de manifiesto la huella de carbono significativa de la logística y la urgencia de implementar estrategias de mitigación.

En el contexto nacional, los desafíos son igualmente notables. Por ejemplo, en España el sector logístico supone cerca del 10%

ISSN: 2966-0599
contato@ouniversoobservavel.com.br
www.ouniversoobservavel.com.br
Periódico Científico Indexado

del PIB y consumió aproximadamente un tercio de la energía del país en 2023. Las emisiones asociadas a la logística española en 2023 se estimaron en 87 millones de toneladas de CO_2, con un 90% de los combustibles utilizados siendo de origen fósil. Ante esta realidad, se han establecido metas ambiciosas: para 2050, el sector logístico español aspira a reducir sus emisiones a sólo 2 millones de toneladas de CO_2 y limitar al 10% el uso de combustibles fósiles, sustituyéndolos mayormente por energías renovables. A nivel global, muchas empresas líderes han adoptado compromisos alineados con el *Acuerdo de París* y los *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Por ejemplo, Deutsche Post DHL Group anunció la "Misión 2050: Cero Emisiones", comprometiéndose a eliminar totalmente las emisiones relacionadas con sus operaciones logísticas para ese año. Este objetivo está respaldado por metas intermedias, como mejorar en un 50% la eficiencia de carbono (emisiones por unidad de actividad) para 2025 respecto a 2007, y realizar el 70% de sus entregas de primera y última milla con soluciones limpias (vehículos eléctricos, bicicletas de carga, etc.) para ese mismo año. Del mismo modo, FedEx se ha comprometido a lograr operaciones neutrales en carbono para 2040, destinando más de 2.000 millones de USD a electrificar su flota y usar energías renovables; de hecho, para 2025 el 50% de sus nuevos vehículos de reparto serán eléctricos, y 100% para 2030, en ruta a electrificar por completo su flota terrestre al 2040. Otras compañías están fijando objetivos similares, reconociendo que más del 80-90% de su impacto ambiental proviene de su cadena de suministro y logística.

En este contexto, la pregunta de investigación que guía este artículo es: ¿Qué estrategias prácticas pueden implementar las empresas del sector logístico para reducir de manera efectiva su huella de carbono en la cadena de suministro, y cuáles son sus resultados y desafíos? La hipótesis subyacente es que existe un conjunto de iniciativas tecnológicas, operativas y de colaboración que, aplicadas correctamente, permiten disminuir significativamente las emisiones logísticas sin sacrificar la eficiencia ni la competitividad, e incluso aportando beneficios económicos a mediano y largo plazo.

MARCO TEÓRICO

En este apartado se abordan los conceptos y fundamentos teóricos relacionados con la sostenibilidad ambiental en logística, proporcionando el contexto para las estrategias analizadas.

Sostenibilidad y logística verde: El desarrollo sostenible se define clásicamente como "satisfacer las necesidades presentes sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las suyas". Aplicado a la logística y la gestión de la cadena de suministro, emerge el concepto de logística sostenible o logística verde, que implica integrar consideraciones medioambientales en todas las actividades logísticas –transporte, almacenamiento, embalaje, distribución y gestión de retornos– buscando minimizar el impacto ecológico al tiempo que se mantienen los niveles de servicio y eficiencia operativa. En las últimas décadas, este paradigma ha cobrado fuerza conforme las empresas reconocen la necesidad de equilibrar la excelencia operativa con la responsabilidad ambiental. La tradicional obsesión por la velocidad y la reducción de costos está dando paso a una visión más amplia donde la huella de carbono y otros indicadores ambientales son también métricas clave de desempeño logístico. En suma, una cadena de suministro sostenible procura reducir su impacto ecológico a lo largo de todo el ciclo de vida del producto, desde la obtención de materias primas hasta la distribución final e incluso la disposición post-consumo, alineándose con el enfoque de economía circular.

Huella de carbono en la cadena de suministro: La huella de carbono se refiere a la cantidad total de emisiones de GEI, expresada en toneladas de CO_2 equivalente, generada directa o indirectamente por una actividad o conjunto de actividades. En logística, esto abarca las emisiones directas del transporte de mercancías (combustión de combustibles fósiles en camiones, buques, aviones), el consumo energético de almacenes y centros de distribución, y las emisiones indirectas asociadas (por ejemplo, fabricación de

ISSN: 2966-0599
contato@ouniversoobservavel.com.br
www.ouniversoobservavel.com.br
Periódico Científico Indexado

materiales de embalaje, o las generadas por proveedores en la producción y entrega de insumos, conocidas como emisiones alcance 3 en el Protocolo de GEI). Diversos estudios destacan que para muchas empresas manufactureras y minoristas, sus emisiones de alcance 3 (principalmente provenientes de la cadena de suministro) representan la mayor parte –a menudo más del 80%– de su huella de carbono total. Esto ha impulsado el interés en gestionar las emisiones de la cadena de suministro, surgiendo metodologías de *Green Supply Chain Management (GSCM)* y protocolos de medición estandarizados. Herramientas como el GHG Protocol y estándares ISO (p. ej. ISO 14064) proporcionan marcos para cuantificar las emisiones logísticas, permitiendo establecer indicadores clave de desempeño ambiental (KPI verdes) tales como gramos de CO_2 por tonelada-kilómetro transportada, o kWh consumidos por metro cuadrado de almacén. La gestión de estos indicadores se integra en estrategias corporativas de ESG (*Environmental, Social and Governance*), donde los inversionistas y stakeholders demandan cada vez más transparencia y mejora en desempeño ambiental de las operaciones logísticas.

Marcos regulatorios y compromisos globales: La presión regulatoria es un motor importante de la sostenibilidad en logística. En la Unión Europea, por ejemplo, el Pacto Verde Europeo establece la neutralidad climática para 2050 y ha derivado en estándares de emisiones cada vez más estrictos para el transporte (incluyendo normativas de CO_2 para camiones y la iniciativa reciente de fijar un precio al carbono en combustibles). El Mecanismo de Ajuste por Carbono en Frontera (CBAM) de la UE, iniciado en 2023, impone costos de carbono a importaciones de ciertos bienes, buscando evitar la "fuga de carbono" e incentivando a las cadenas globales a reducir sus emisiones. En el sector marítimo, la Organización Marítima Internacional (OMI) estableció como meta un 50% de reducción de las emisiones de GEI del transporte marítimo internacional para 2050 respecto a 2008, lo que impulsa la adopción de combustibles marinos más limpios y buques más eficientes. De igual modo, programas voluntarios como SmartWay de la Agencia de Protección Ambiental de EE.UU. promueven mejores prácticas de eficiencia en el transporte de carga. Además de regulaciones, los acuerdos internacionales (Acuerdo de París) y las iniciativas como Science Based Targets están llevando a que cientos de empresas se comprometan con objetivos de reducción de emisiones que incluyen a sus proveedores logísticos. En conjunto, este entorno normativo y de mercado ejerce presión y apoyo para que la industria logística innove hacia operaciones más limpias.

Tecnologías y enfoques teóricos para reducir emisiones: Desde la perspectiva teórica, varias líneas orientan las estrategias prácticas: (a) Optimización de rutas y redes: Basada en teorías de investigación de operaciones (problemas de ruteo de vehículos, localización-distribución, etc.), busca minimizar distancias recorridas y maximizar la utilización de capacidad, reduciendo emisiones por unidad de carga. El desarrollo de algoritmos avanzados (p. ej. modelos VRP con ventanas de tiempo) y su implementación mediante *Big Data* e *Inteligencia Artificial* permiten mejoras significativas en eficiencia de rutas. Por ejemplo, la implementación del sistema ORION (On-Road Integrated Optimization and Navigation) por UPS –basado en análisis de *big data* de tráfico y entregas– ejemplifica este enfoque al ahorrar 10 millones de galones de combustible y 100.000 toneladas de CO_2 al año mediante la optimización inteligente de rutas de reparto. (b) Transición energética: Sustentada en estudios energéticos, implica sustituir fuentes fósiles por energías renovables o de menor carbono (vehículos eléctricos a batería, vehículos impulsados por hidrógeno o biogás, uso de biocombustibles sostenibles en aviación, electricidad verde en instalaciones). (c) Eficiencia energética y automatización: Apoyada en la ingeniería industrial, busca reducir el consumo de energía en almacenes y operaciones (mediante iluminación LED, mejor aislamiento térmico, automatización que permita operar en la oscuridad, etc.), así como aprovechar al máximo la energía consumida. Investigaciones señalan que almacenes automatizados pueden lograr hasta 45% de ahorro de energía comparado con almacenes convencionales, operando con sistemas

ISSN: 2966-0599
contato@ouniversoobservavel.com.br
www.ouniversoobservavel.com.br
Periódico Científico Indexado

automáticos en entornos controlados. (d) Economía circular y gestión de residuos: Teorías ambientales promueven reducir, reutilizar y reciclar materiales en embalajes y retornos logísticos, lo cual disminuye la energía embebida y las emisiones indirectas. (e) Colaboración y teoría de juegos: Modelos colaborativos en la cadena (como co-loader, rutas compartidas entre empresas competidoras, o intercambio de información para llenar camiones) se basan en la idea de optimizar globalmente el sistema logístico, superando la suboptimización individual. Esto requiere marcos de confianza y reparto de beneficios que la teoría de juegos y contratos puede ayudar a diseñar. En síntesis, el marco teórico multidisciplinario combina innovación tecnológica, gestión eficiente y alineación de incentivos para hacer posible una logística de bajas emisiones.

METODOLOGÍA

El presente estudio se desarrolló bajo un enfoque de investigación cualitativa-descriptiva, empleando como método principal una revisión documental de fuentes académicas y profesionales recientes, complementada con un análisis de casos de estudio de empresas líderes en logística. A continuación se detallan los pasos metodológicos seguidos:

Recolección de información: Se llevó a cabo una búsqueda exhaustiva de literatura publicada entre 2018 y 2025 relacionada con sostenibilidad en logística y reducción de huella de carbono. Esto incluyó artículos científicos (bases de datos como *ScienceDirect*, *SpringerLink*), informes técnicos de consultoras especializadas (e.g. McKinsey, Deloitte), informes de organizaciones internacionales (IEA, ITF, ONU) y contenido divulgativo de calidad (publicaciones de empresas logísticas innovadoras, blogs técnicos verificados). Se priorizó información actualizada y cuantitativa para reflejar el estado del arte más reciente. Asimismo, se identificaron ejemplos empresariales concretos a través de notas de prensa, memorias de sostenibilidad corporativa y casos documentados en revistas del sector.

Selección y análisis de casos: De la información recopilada, se seleccionaron varios casos representativos de estrategias sostenibles en logística. Los criterios de selección fueron: (1) diversidad de enfoques (ej. electrificación de flotas, optimización digital, mejoras en almacenes, cambio modal, etc.), (2) evidencia de resultados medibles (reducción de emisiones, ahorros, mejoras de eficiencia), y (3) relevancia geográfica o sectorial (incluyendo tanto contextos globales como regionales, p. ej. Europa, América Latina). Para cada caso, se extrajeron las medidas implementadas y sus impactos reportados, asegurando la confiabilidad de las cifras mediante la triangulación con fuentes secundarias si era posible.

Síntesis por categorías: Las estrategias identificadas se agruparon en categorías temáticas basadas en la similitud de objetivos o medios. Surgieron categorías como: *optimización de transporte*, *tecnologías limpias en flotas*, *eficiencia en centros logísticos*, *colaboración y rediseño de la red* y *compensación de emisiones*. Dentro de cada categoría, se contrastaron las experiencias de distintas empresas o estudios para delinear mejores prácticas generales, ventajas obtenidas y limitaciones encontradas.

Redacción y revisión académica: Los hallazgos se plasmaron en las secciones de Resultados y Discusión, empleando un estilo académico pero accesible, acorde a normas APA. Se cuidó la atribución de las fuentes mediante citas apropiadas, y se incluyeron tablas y figuras cuando aportaron claridad. Finalmente, el borrador fue revisado para asegurar coherencia, fluidez y rigurosidad en la presentación de los contenidos.

Este enfoque metodológico, si bien se basa principalmente en análisis secundario de información, permite una visión integradora de las tendencias y prácticas actuales en logística sostenible. La combinación de datos cuantitativos de informes con ejemplos cualitativos de implementación ofrece una perspectiva equilibrada entre teoría y práctica, adecuada para un público de estudiantes y profesionales de logística interesados en aplicar la sostenibilidad en su gestión diaria.

ISSN: 2966-0599
contato@ouniversoobservavel.com.br
www.ouniversoobservavel.com.br
Periódico Científico Indexado

RESULTADOS

En esta sección se presentan las principales estrategias identificadas para reducir la huella de carbono en la logística, junto con ejemplos reales y datos que ilustran su efectividad. Los resultados se organizan en sub-secciones temáticas que abarcan desde medidas en el transporte y la distribución, hasta mejoras en infraestructura y procesos colaborativos en la cadena de suministro.

Optimización de rutas y eficiencia en el transporte.

Una de las formas más inmediatas de reducir emisiones en logística es mejorando la eficiencia de las operaciones de transporte, dado que este subsector es el mayor contribuyente de GEI dentro de la cadena de suministro. Las estrategias halladas incluyen la optimización de rutas con ayuda de sistemas digitales avanzados, la utilización plena de la capacidad de carga de los vehículos y la adopción de prácticas de conducción eficiente:

Planificación de rutas con IA y Big Data: La incorporación de herramientas de *Big Data*, algoritmos de Inteligencia Artificial y sistemas de gestión de flotas permite trazar rutas de entrega más cortas y fluidas, evitando kilómetros innecesarios y atascos. Un caso emblemático es el mencionado sistema UPS ORION, que mediante algoritmos avanzados optimiza diariamente las rutas de miles de camiones de reparto. Gracias a este sistema, UPS logra reducir unos 160 millones de km recorridos y ahorrar 10 millones de galones de combustible anualmente, evitando la emisión de 100.000 toneladas de CO_2 cada año. De forma similar, muchas empresas están adoptando soluciones de ruteo dinámico que integran datos de tráfico en tiempo real, pedidos y condiciones meteorológicas para minimizar el tiempo y la distancia de transporte. Se estima que tales algoritmos de optimización pueden recortar entre un 15% y 30% el consumo de combustible en operaciones logísticas típicas, representando no solo un beneficio ambiental sino también ahorros económicos significativos.

Maximización de la carga y reducción de viajes en vacío: Otra táctica es mejorar la utilización de la capacidad de transporte. Esto abarca desde usar vehículos de mayor tamaño o remolques dobles (donde esté permitido) hasta coordinar cargas para evitar retornos de camiones vacíos. La empresa XPO Logistics, por ejemplo, implementa en Europa medidas como el empleo de megacamiones y duotrailers (vehículos de mayor longitud y doble módulo) y plataformas de doble piso para elevar el volumen transportado por viaje. Paralelamente, XPO fomenta la consolidación de cargas entre clientes para minimizar viajes: ha invertido en tecnología para unificar envíos y en tracking avanzado de activos que facilita combinar pedidos compatibles en una misma ruta. Como parte de su programa de sostenibilidad "XPO *LESS*" (Low Emission Sustainable Solutions), estas acciones buscan reducir un 25% sus emisiones de CO_2 al 2030. Los primeros pasos incluyen la adquisición de 165 camiones eléctricos de carga pesada y la capacitación de conductores en eco-conducción, prácticas con las que XPO espera alcanzar su objetivo. En general, maximizar la carga útil y evitar viajes en vacío puede recortar drásticamente la huella de carbono por tonelada transportada; por ejemplo, un camión lleno optimizado puede duplicar la eficiencia (CO_2 por tonelada) frente a uno medio vacío.

Cambio modal hacia medios de menor emisión: Un resultado importante de la investigación indica que reestructurar la red logística para aprovechar modos de transporte más limpios puede lograr reducciones sustanciales de emisiones. El transporte ferroviario y el marítimo emiten bastante menos CO_2 por tonelada-kilómetro que el transporte por carretera o aéreo. Diversas empresas están ajustando sus cadenas para enviar mayores volúmenes por tren o barco cuando el tiempo de entrega lo permite. Mercancías masivas y de bajo valor se están trasladando a trenes de carga o barcos de cabotaje en rutas domésticas o regionales, reservando los camiones solo para tramos de última milla. Un estudio sugiere que, siempre que sea viable, usar ferrocarril o cabotaje en lugar de camiones en largas distancias puede reducir las emisiones hasta en un 75% en esos trayectos. Un ejemplo práctico es el de ciertas cadenas de supermercados en Europa que han invertido en trenes refrigerados para mover productos frescos entre centros de distribución

ISSN: 2966-0599
contato@ouniversoobservavel.com.br
www.ouniversoobservavel.com.br
Periódico Científico Indexado

nacionales, eliminando cientos de viajes de camión semanales. Asimismo, empresas internacionales como Coca-Cola European Partners han reportado ahorros de miles de toneladas de CO_2 al cambiar parte del transporte de bebidas de carretera a ferrocarril. Estos cambios modales requieren coordinación logística y a veces inversión en infraestructura intermodal, pero ofrecen un impacto directo en la huella de carbono logística.

Los resultados anteriores evidencian que incrementar la eficiencia y replantear la forma en que movemos mercancías son estrategias de alto impacto. Gracias a la tecnología actual, es factible implementar muchas de estas mejoras de manera relativamente rápida. No obstante, también existen desafíos: la fragmentación de la cadena de suministro (múltiples actores independientes) puede dificultar la consolidación de cargas; la limitación de infraestructuras (capacidad ferroviaria o portuaria) impone topes al cambio modal; y la necesidad de inversión en sistemas digitales avanzados puede ser una barrera para algunas empresas pequeñas. Estos aspectos se abordan en la Discusión. Aún así, las tendencias indican un progreso: según una encuesta global de 2023, más del 70% de las empresas ya comenzaron a integrar criterios "verdes" en la gestión de sus envíos, reflejando que la optimización ecológica del transporte es una prioridad compartida.

Electrificación de flotas y combustibles alternativos

La descarbonización del transporte logístico pasa inexorablemente por la transformación de las flotas y los combustibles utilizados. En este rubro, los resultados muestran un acelerado avance en la electrificación de vehículos, así como en la introducción de combustibles con menor huella de carbono (biocombustibles avanzados, hidrógeno verde, e-fuels, etc.):

Vehículos eléctricos (EV) para distribución urbana y regional: La electrificación de furgonetas de reparto, camiones ligeros e incluso camiones pesados de corto alcance está en plena marcha. Empresas de paquetería y última milla, como Amazon, DHL o Correos, han incorporado furgonetas y triciclos eléctricos para entregas urbanas, reduciendo drásticamente la emisión local de CO_2 y contaminantes atmosféricos. DHL Express, por ejemplo, anunció que para 2030 espera operar 60% de sus vehículos de reparto con energía eléctrica, dentro de su meta de cero emisiones netas en 2050. FedEx, como se mencionó, proyecta la electrificación total de su flota de recogida y entrega al 2040, con hitos intermedios de 50% de nuevas unidades eléctricas al 2025 y 100% al 2030. En América Latina, compañías de última milla en ciudades como Bogotá, Ciudad de México o São Paulo están adoptando motocicletas y vans eléctricas para sus repartos debido a incentivos gubernamentales y a los ahorros operativos en combustible. Si bien el costo inicial de los EV es aún mayor, los costes de operación son inferiores (electricidad vs diésel) y tienden a requerir menos mantenimiento, lo que compensa a lo largo del ciclo de vida. Un caso interesante es el de Amazon, que en 2019 encargó 100.000 furgonetas eléctricas a la startup Rivian; para 2023 ya operaba miles de ellas, previendo que esta flota evitará la emisión de millones de toneladas de CO_2 en la próxima década (Amazon calcula una reducción de ~4 millones de toneladas para 2030). Por su parte, en el segmento de camiones pesados de media distancia, fabricantes como Volvo, BYD, Daimler están entregando camiones eléctricos con autonomías de 200-300 km, suficientes para rutas regionales y distribución urbana, los cuales han sido adquiridos por operadores logísticos en Europa y EE.UU. (como XPO con sus 165 camiones eléctricos mencionados). Los EV brindan así una solución de cero emisiones directas especialmente eficaz en entornos urbanos (evitando *"última milla"* contaminante) y cuando la electricidad proviene de fuentes renovables, su huella de carbono en todo el ciclo de vida es muy baja.

Combustibles alternativos de bajas emisiones: Para segmentos donde la electrificación es más compleja (larga distancia, transporte marítimo o aéreo), se están desplegando combustibles con menor huella de carbono. En transporte pesado por carretera, algunos operadores están utilizando biocombustibles avanzados (como HVO – aceite vegetal hidrotratado–) en motores diésel

ISSN: 2966-0599
contato@ouniversoobservavel.com.br
www.ouniversoobservavel.com.br
Periódico Científico Indexado

existentes, logrando reducciones de 60-90% en emisiones netas de CO_2 dependiendo del origen del biocombustible. XPO Logistics, dentro de su programa *LESS*, fomenta justamente el uso de HVO en sus camiones y de gas natural licuado (GNL) en rutas largas, mientras la electrificación total madura. En flotas de autobuses de reparto urbano, el biogás (proveniente de residuos) también está siendo utilizado con éxito en ciudades europeas como sustituto del diésel. Por otro lado, en la navegación marítima, sector notorio por su intensidad de carbono, gigantes como Maersk están liderando con inversiones en buques preparados para combustibles verdes. Maersk se ha comprometido a que todos sus nuevos buques encargados puedan operar con metanol verde u otros combustibles neutros en carbono, en pos de su meta de cero emisiones netas en 2040. De hecho, en 2023 zarpó el primer portacontenedores grande del mundo propulsado con biometanol, marcando un hito en la industria naviera. Maersk tiene en construcción 19 buques capaces de usar metanol, y colabora en asegurar el suministro de este combustible (obtenido a partir de residuos biomásicos o hidrógeno verde y CO_2 capturado). Se espera que cada buque de metanol evite ~1 millón de toneladas de CO_2 anuales respecto a un buque convencional. En el transporte aéreo de carga, las empresas están invirtiendo en Combustibles de Aviación Sostenibles (SAF), hechos a partir de residuos o síntesis química, que pueden reducir en 70-80% las emisiones netas del ciclo de vida. DHL Express, por ejemplo, ha introducido SAF para parte de sus vuelos de carga y firmó acuerdos de suministro con productores de biocombustibles, en tanto FedEx y UPS han realizado vuelos de prueba con mezclas de SAF. Aunque los SAF aún son limitados en oferta y más costosos, su uso irá en aumento para cumplir con requisitos (como el mandato de la UE de mezclar 6% SAF para 2030 en la aviación). Finalmente, una tecnología a futuro es el hidrógeno verde: en logística ya se ven aplicaciones incipientes, como montacargas de almacén a hidrógeno o camiones con pila de combustible operando en pruebas (Toyota y Hyundai tienen prototipos). El hidrógeno ofrece cero emisiones en uso, alta autonomía y rápida recarga, pero enfrenta desafíos de infraestructura y eficiencia. No obstante, países como Japón, Corea y Alemania están invirtiendo en ecosistemas de hidrógeno para transporte pesado que podrían ser escalados en los próximos años.

Los avances anteriores demuestran un fuerte compromiso del sector por migrar hacia energías limpias. Cabe destacar que muchas de estas iniciativas están respaldadas por objetivos públicos: por ejemplo, la UE planea prohibir la venta de camiones de combustión para 2035-2040, y California (EE.UU.) impuso que para 2035 todas las nuevas ventas de camiones y vans ligeras sean cero emisiones. Este alineamiento normativa-industria acelera la disponibilidad de tecnologías. Por supuesto, persisten retos significativos: la autonomía y peso de baterías limita la electrificación de camiones de largo recorrido; la producción de combustibles como el hidrógeno verde o metanol neutro requiere expandir enormemente la capacidad de energías renovables; y los costos iniciales de vehículos eléctricos pesados son elevados (aunque en descenso). Sin embargo, los casos expuestos (DHL, FedEx, Maersk, XPO, etc.) evidencian que las empresas logísticas están dispuestas a invertir hoy en estas soluciones, confiando en que los costos se reducirán con la escala y que su adopción temprana les brinda ventajas competitivas y reputacionales.

Eficiencia energética y sostenibilidad en almacenes.

Además del transporte, otro componente relevante de la huella de carbono logística son las operaciones en almacenes y centros de distribución. Si bien el consumo energético de instalaciones logísticas suele ser menor, hay oportunidades importantes para recortar emisiones mediante eficiencia y uso de renovables:

Diseño de almacenes ecoeficientes: Nuevas instalaciones logísticas incorporan principios de construcción sostenible, como aislamiento térmico mejorado, ventilación natural, techos fríos, y en general certificaciones tipo LEED. Estas medidas reducen la necesidad de climatización. Adicionalmente, se están adoptando sistemas de iluminación LED inteligentes, con sensores

ISSN: 2966-0599
contato@ouniversoobservavel.com.br
www.ouniversoobservavel.com.br
Periódico Científico Indexado

de movimiento y aprovechamiento de luz natural, lo que disminuye drásticamente el consumo eléctrico en iluminación. Por ejemplo, la empresa GLS opera en Alemania un almacén autosuficiente en Essen, con aislamiento de alta eficiencia y ciclos casi cerrados de energía, aire y agua, logrando un funcionamiento sin emisiones. En dicho centro, la iluminación LED automatizada y la climatización geotérmica han reducido el uso de energía en más de 50% comparado con un almacén convencional de similar tamaño. Otra tendencia es la automatización: los sistemas automáticos de almacenamiento y recuperación (AS/RS), robots móviles (AGVs/AMRs) y demás tecnologías 4.0 permiten operar almacenes en oscuridad o con mínima climatización humana, ahorrando hasta un 45% de energía según estudios del sector. Empresas de comercio electrónico como Ocado en Reino Unido emplean redes de robots en almacenes automatizados que no requieren iluminación plena ni calefacción para personas, mejorando notablemente la eficiencia energética.

Uso de energías renovables in situ: Muchos centros de distribución están convirtiendo sus vastos techos y espacios en oportunidades para generar energía limpia. La instalación de paneles solares fotovoltaicos en techos de almacenes se ha vuelto común. Amazon, por ejemplo, ha equipado más de 50 de sus centros logísticos con paneles solares, con la meta de alimentar el 100% de sus operaciones globales con renovables para 2025. Estas instalaciones solares pueden generar varios cientos de kW por centro; en algunos casos producen más de lo que el edificio consume, inyectando el excedente a la red. También se ven ejemplos de pequeñas turbinas eólicas en parques logísticos con suficiente espacio abierto. Otra fuente es la geotermia para climatización: ciertos almacenes en climas extremos utilizan bombas de calor geotérmicas para calefacción y refrigeración, reduciendo hasta un 70% el consumo de gas o electricidad para estos fines. Los sistemas de gestión de energía (EMS) monitorizan en tiempo real el consumo de equipos (iluminación, HVAC, maquinaria) e informan a los gestores, permitiendo detectar ineficiencias y optimizar horarios de operación para aplanar picos de demanda. Por ejemplo, la compañía Telefónica reporta que con EMS instalados en sus centros logísticos y combinados con iluminación LED, lograron identificar áreas de mejora y reducir el consumo eléctrico en un 15% adicional.

Logística inversa y reducción de residuos: Los resultados también subrayan la importancia de gestionar los residuos y embalajes de forma sostenible en las operaciones logísticas. Múltiples empresas están rediseñando sus empaques para que sean más ligeros, reutilizables o reciclables, lo cual reduce tanto las emisiones del transporte (menos peso/volumen a mover) como la huella de producción de dichos materiales. En almacenes, la implementación de programas de "cero residuos a vertedero" con reciclaje de cartón, plástico y madera disminuye el metano emitido en basureros y puede contabilizarse como reducción de huella. Además, la logística inversa optimizada (recuperación eficiente de productos, envases o palés para su reutilización o reciclaje) contribuye a una economía circular. Un ejemplo es CHEP, proveedora de palés pooling, que mediante el recirculado de sus palés y su reparación en centros regionales evita la producción de millones de palés nuevos, ahorrando miles de árboles y reduciendo en un 60% las emisiones comparado con palés de un solo uso. En general, prácticas como eliminar rellenos de embalaje innecesarios, estandarizar tamaños de cajas para mejorar la cubicación, o usar contenedores reutilizables en vez de cartón desechable, tienen impactos directos en la reducción de huella logística, aunque a veces sean menos visibles que las mejoras en transporte.

En síntesis, los centros logísticos sostenibles se están convirtiendo en realidad: combinando arquitectura verde, automatización y energía renovable, es posible acercarse a instalaciones de emisiones neutras. Esto no solo recorta la huella de carbono de la cadena de suministro, sino que además suele traducirse en reducción de costos operativos (facturas energéticas más bajas) y en entornos de trabajo mejor iluminados y confortables para los empleados (cuando se diseña bien). Los resultados también sugieren que las empresas pioneras en este ámbito, como Amazon, DHL, UPS, entre otras, están sentando un precedente

ISSN: 2966-0599
contato@ouniversoobservavel.com.br
www.ouniversoobservavel.com.br
Periódico Científico Indexado

que probablemente se vuelva estándar en la próxima década, impulsado por la doble motivación de responsabilidad ambiental y ahorro económico.

Colaboración en la cadena y rediseño logístico

Un hallazgo transversal en la investigación es que lograr reducciones significativas de emisiones a veces requiere ir más allá de las acciones individuales de una empresa, abarcando una colaboración a lo largo de la cadena de suministro y repensando la estructura misma de la red logística:

Colaboración horizontal y consolidación entre empresas: La colaboración logística puede ocurrir entre empresas que comparten tramos de la cadena. Por ejemplo, competidores en retail pueden acordar consolidar sus entregas a ciertas regiones para llenar camiones completos en vez de dos medios vacíos. En Europa se han visto iniciativas donde varias empresas de bienes de consumo utilizan un mismo operador logístico para distribuir conjuntamente sus productos a supermercados, reduciendo un 20-30% los viajes totales y por ende las emisiones. En Latinoamérica, el concepto de centros de distribución urbanos compartidos (o centros de consolidación urbanos) está emergiendo: múltiples proveedores entregan en un hub común y desde allí se realizan repartos unificados en vehículos eléctricos, optimizando la carga. Estas estrategias colaborativas enfrentan desafíos de coordinación y confianza, pero casos piloto demuestran su eficacia ambiental. La colaboración es esencial para la sostenibilidad logística, ya que muchos eslabones están fragmentados –tal como lo remarcó una publicación de *The Logistics World*, ninguna entidad puede resolver el desafío sola y se requiere el esfuerzo conjunto de todos los actores.

Localización estratégica y rediseño de la red: Reducir la huella de carbono también implica reconsiderar dónde se producen y almacenan los productos, acercándolos a los puntos de consumo para minimizar distancias. Un resultado notable es que varias compañías están adoptando estrategias de nearshoring (acercar manufactura a los mercados destino) o descentralización de almacenes. Aunque estas decisiones suelen estar motivadas por agilidad o resiliencia, conllevan beneficios ambientales colaterales. Un análisis de McKinsey encontró que al optimizar la huella de la red (ubicación de almacenes) para minimizar distancias de transporte, una empresa alimentaria en EE.UU. logró reducir 18% sus emisiones logísticas, eliminando casi 8 millones de toneladas de CO_2e mediante la consolidación de 53 instalaciones en 7 estratégicamente ubicadas. Este ejemplo ilustra que la ingeniería de la red –balanceando costos vs emisiones– puede identificar soluciones donde, por ejemplo, un almacén adicional más cercano a cierto mercado reduce miles de kilómetros recorridos por camión. De igual forma, estrategias de abastecimiento local (preferir proveedores cercanos o regionales) recortan la distancia de transporte de insumos. Si una empresa sustituye un proveedor remoto por uno local, no solo puede ganar en tiempos de entrega sino también minimizar las emisiones asociadas al transporte de entrada. Claro está que debe evaluarse caso a caso, pero en sectores como la alimentación o materiales de construcción, mover la producción o abastecimiento más cerca del consumo tiene un fuerte efecto en la huella logística.

Transparencia y medición compartida: Un aspecto facilitador de la colaboración es la adopción de plataformas comunes de medición de emisiones en la cadena. Herramientas digitales están permitiendo que las empresas rastreen la huella de carbono de cada envío o producto a lo largo de múltiples etapas. Por ejemplo, la empresa neozelandesa Mainfreight desarrolló un portal de emisiones llamado *Maintel Emissions Dashboard* que permite a sus clientes ver las emisiones de sus envíos por diferentes modos de transporte. Iniciativas así fomentan la transparencia y la responsabilidad compartida: el proveedor logístico provee datos y el cliente puede tomar decisiones (como consolidar envíos semanales en uno mayor en vez de diarios pequeños) para mejorar su perfil de emisiones. En la medida que clientes y operadores comparten objetivos ambientales, se crean alianzas estratégicas verdes: por ejemplo, grandes minoristas exigen o incentivan a sus transportistas a reducir emisiones (mediante bonificaciones o contratos a largo plazo), o fabricantes trabajan con

ISSN: 2966-0599
contato@ouniversoobservavel.com.br
www.ouniversoobservavel.com.br
Periódico Científico Indexado

distribuidores para rediseñar empaques paletizables que optimicen el transporte. Según un informe de DHL/NYU, estas colaboraciones proveedor-cliente pueden reducir hasta un 10-15% las emisiones logísticas de la cadena sin inversiones significativas, solo coordinando mejor las operaciones.

A través de los resultados anteriores, destaca el mensaje de que la sostenibilidad logística es un reto sistémico: involucra a múltiples agentes y no se logra únicamente comprando camiones eléctricos o instalando paneles solares, sino que requiere repensar cómo cooperan los participantes de la cadena. Aunque la competencia y la protección de información han sido obstáculos tradicionales, la presión por reducir la huella de carbono está catalizando nuevas formas de colaboración. Iniciativas como asociaciones sectoriales (p. ej. la alianza Green Freight Asia en transporte de mercancías o los compromisos conjuntos en el Climate Pledge de Amazon y socios) refuerzan la idea de comunidad logística unida por objetivos climáticos. Es razonable prever que, conforme aumente el costo del carbono (ya sea por regulaciones o por exigencia de consumidores), las cadenas de suministro más integradas y transparentes lograrán reducciones más rápidas y eficientes, compartiendo tanto beneficios económicos como ambientales.

Tabla resumen de ejemplos destacados

Para sintetizar los hallazgos, la siguiente tabla presenta una selección de casos y estrategias de sostenibilidad logística implementadas por empresas, junto con sus impactos reportados en la huella de carbono:

Empresa / Proyecto	Estrategia sostenible implementada	Impacto / Resultados
DHL (GoGreen 2025)	Electrificación de flota última milla (bicicletas, vans eléctricas); optimización de cargas; objetivo "Misión 2050: Cero emisiones" con metas intermedias al 2025.	*Eficiencia de CO_2 mejorada 30%* (2007-2016, meta de +50% a 2025 ya al 60% progreso); 70% de entregas primera/última milla verdes para 2025.
FedEx (Neutralidad 2040)	Inversión $2.000M en vehículos eléctricos, energía renovable y captura de carbono; reemplazo escalonado de flota de reparto a EV (50% compras 2025, 100% en 2030).	*Compromiso 2040 carbono neutro.* Desde 2012: ahorro 1.430M galones de jet fuel, evitando 13,5 millones ton CO_2 mediante eficiencia en aviación.
XPO Logistics (LESS)	Optimización de rutas con IA; maximizar uso de remolques (megacamiones, doble piso); formación en eco-conducción; adopción de camiones a combustibles alternativos (HVO, gas) y compra de camiones eléctricos.	*Meta -25% emisiones en 2030*. Incorporación de 165 camiones eléctricos pesados en 2023; reducción de km en vacío y mejora de llenado, con consiguiente baja de CO_2 (no cifras publicadas aún).
Maersk (Net Zero 2040)	Desarrollo de buques portacontenedores operando con metanol verde; política de comprar solo barcos "dual-fuel" (aptos para combustibles neutros).	19 buques portacontenedores verdes encargados (entregas 2023-2025); primer buque a metanol operativo en 2023. Espera recortar ~1M ton CO_2/año por buque vs flota convencional.
UPS (ORION)	Sistema avanzado de optimización de rutas y secuenciación de entregas (Big Data, algoritmos VRP); ajustes continuos diarios para minimizar distancia y tiempo.	Ahorro ~160M km recorridos y 10M galones combustible por año, evitando ~100.000 ton CO_2 anuales; mejora eficiencia en entregas y reducción de costos de combustible.

ISSN: 2966-0599
contato@ouniversoobservavel.com.br
www.ouniversoobservavel.com.br
Periódico Científico Indexado

Empresa / Proyecto	Estrategia sostenible implementada	Impacto / Resultados
Amazon (Logística verde)	Instalación de paneles solares en techos de almacenes (50+ centros con PV); implementación de vehículos eléctricos en última milla (furgonetas Rivian, e-cargo bikes); iniciativas de empaques reciclables.	*Meta 2025 energía 100% renovable.* Ya >50 centros con solar; miles de vans eléctricas desplegadas (reducción proyectada de *millones* de ton CO_2 en década). Bajos niveles de emisión en entregas en ciudades clave.

Tabla 1. Ejemplos de estrategias de sostenibilidad en logística implementadas por empresas líderes, con sus resultados en reducción de emisiones.

Los casos de la tabla ilustran cómo diferentes enfoques –tecnológicos, operativos y de rediseño– se traducen en mejoras cuantiosas. Cabe destacar que la mayoría de estas empresas combinan varias estrategias simultáneamente (por ejemplo, DHL no solo electrifica vehículos sino también optimiza rutas y involucra a empleados mediante formación GoGreen). Esto refuerza la idea de que la descarbonización logística no depende de una única solución milagrosa, sino de la suma de múltiples iniciativas coherentes con un objetivo común.

Discusión

Los resultados presentados confirman la viabilidad y efectividad de numerosas estrategias para reducir la huella de carbono en la logística, pero también revelan desafíos y consideraciones importantes que merecen ser discutidos. A continuación, se analizan las implicaciones de estos hallazgos en términos de beneficios, dificultades de implementación, tendencias emergentes y recomendaciones para los gestores logísticos.

Impacto positivo multidimensional: Una primera constatación es que las estrategias de logística sostenible generan beneficios integrales: no solo reducen emisiones, sino que a menudo mejoran la eficiencia operativa y pueden ofrecer ventajas económicas. Por ejemplo, la optimización de rutas con IA no solo disminuye CO_2, también reduce costos de combustible y horas de conducción. UPS, al ahorrar 10 millones de galones de combustible anuales, ahorra decenas de millones de dólares cada año además de cumplir sus objetivos ambientales. De igual forma, la electrificación de flotas conlleva un menor costo por km en energía y mantenimiento a largo plazo comparado con vehículos diésel (aunque suponga inversión inicial). Muchas empresas reportan que las medidas "verdes" les permiten *"hacer más con menos"*, eliminando ineficiencias que también eran cuellos de botella o costos ocultos. Incluso desde la perspectiva comercial, adoptar prácticas sostenibles mejora la imagen corporativa y responde a una creciente demanda de clientes e inversores por responsabilidad ambiental. Una encuesta de 2023 reveló que 71% de los consumidores están dispuestos a pagar un extra por marcas comprometidas con la sostenibilidad. Así, la logística verde puede transformarse en ventaja competitiva, atrayendo clientes y capital (fondos de inversión ESG) y fortaleciendo la resiliencia de la empresa ante futuras regulaciones de carbono.

Barreras y desafíos para escalar las iniciativas: A pesar de los casos exitosos, la discusión sería incompleta sin reconocer los obstáculos que enfrentan las empresas, especialmente fuera del círculo de líderes globales. Un desafío común es el costo inicial o la incertidumbre financiera de las nuevas tecnologías. Vehículos eléctricos pesados, sistemas de automatización o paneles solares requieren capital significativo. Si bien en el horizonte se vislumbran ahorros operativos, muchas compañías (en especial PYMEs logísticas) carecen de acceso a financiamiento o de la escala necesaria para justificar esas inversiones rápidamente. Esto genera una brecha entre grandes operadores (ej. DHL, FedEx) que van a la vanguardia, y actores más pequeños que pueden rezagarse. Afortunadamente, se están viendo políticas públicas para aliviar este problema, como subsidios a la compra de camiones eléctricos o financiación verde a bajo interés para mejoras energéticas en almacenes. Otra barrera es la

ISSN: 2966-0599
contato@ouniversoobservavel.com.br
www.ouniversoobservavel.com.br
Periódico Científico Indexado

madurez tecnológica: ciertas soluciones aún no están listas para implementación masiva. Por ejemplo, camiones eléctricos con 500+ km de autonomía o aviones de carga a hidrógeno son tecnologías en desarrollo. Muchas empresas adoptan una actitud de "esperar y ver" antes de comprometer capital (lo que McKinsey llamó *"hesitación del primer jugador"*). Esta cautela es comprensible ante la posibilidad de invertir en algo que quede obsoleto; sin embargo, esperar demasiado también conlleva riesgo de quedar rezagado en un mercado que avanza. Un equilibrio recomendado es realizar proyectos piloto: probar en pequeña escala nuevas tecnologías (por ej. integrar 2-3 camiones eléctricos en la flota, o solarizar un almacén piloto) para generar aprendizaje interno y datos concretos, preparando el terreno para escalar cuando la tecnología madure y baje de costo.

La infraestructura externa también puede limitar la eficacia de algunas estrategias. La electrificación requiere una red de cargadores suficiente en rutas; la falta de esta infraestructura es un problema hoy en día en muchos países, lo cual frena la adopción de camiones eléctricos incluso si las empresas quisieran comprarlos. Igualmente, los combustibles alternativos como hidrógeno o biometanol necesitan cadenas de suministro nuevas (plantas de producción, puertos con capacidad de bunkering verde, etc.) que están en fases iniciales. Esto sugiere que la colaboración público-privada es crucial: las empresas por sí solas no pueden construir esa infraestructura, se requiere apoyo gubernamental en políticas e inversión para que la logística sostenible alcance escala masiva. En la UE, por ejemplo, la estrategia de "Combustibles Alternativos" contempla instalar cargadores rápidos cada 50 km en autopistas para 2025 y corredores de hidrógeno para 2030; si se cumple, removerá una barrera importante a la electrificación de larga distancia.

Otro aspecto crítico es la gestión del cambio y capacitación. Incorporar nuevas prácticas y tecnologías implica actualizar procesos internos y formar al personal. Los conductores necesitan aprender técnicas de eco-conducción o adaptarse a vehículos eléctricos; los planificadores logísticos deben confiar en las sugerencias de la IA y manejar nuevas herramientas de gestión de emisiones. Sin una cultura organizacional favorable, las mejores estrategias pueden fracasar. Por ello, programas como el de DHL de certificar al 80% de sus empleados como "Especialistas GoGreen" resultan ejemplares: involucran a la plantilla en la visión verde, generan sentido de propósito y aportan las competencias requeridas. Este es un punto donde las empresas logísticas, a menudo tradicionales, deben innovar también en gestión del talento y comunicación interna para alinear a todos con los objetivos ambientales.

Tendencias emergentes y el futuro de la logística sostenible: Al analizar globalmente los hallazgos, se vislumbran tendencias que marcarán la próxima etapa. Una es la creciente digitalización total de la cadena de suministro: con IoT, blockchain y análisis de datos, cada vez habrá más visibilidad y trazabilidad de las emisiones en tiempo real, permitiendo ajustes instantáneos (por ejemplo, sistemas que re-rotean camiones automáticamente ante un atasco grande para evitar consumo excesivo, o que recomiendan mover stock entre almacenes previendo la demanda para reducir envíos de emergencia por vía aérea). Otra tendencia es el auge de la última milla sostenible en entornos urbanos: las ciudades están regulando emisiones y tráfico (zonas de bajas emisiones, restricciones a diésel), lo que impulsa soluciones creativas como microhubs urbanos combinados con bicis eléctricas y vehículos de ultracorto alcance. Es previsible que las grandes urbes demanden entregas 100% libres de fósiles en unos años, acelerando la conversión de flotas de reparto y quizá fomentando la entrega nocturna (cuando la electricidad es más verde y hay menos congestión) usando vehículos silenciosos.

En transporte de largo recorrido, los próximos 5-10 años serán determinantes para las tecnologías de cero emisiones: veremos consolidarse la batalla entre baterías eléctricas vs hidrógeno en camiones pesados, así como el escalamiento de combustibles neutros en barcos y aviones. Las apuestas ya son altas – como muestra Maersk con metanol– pero todavía hay incertidumbre tecnológica y de costos. La recomendación para las empresas logísticas es mantener flexibilidad: invertir

ISSN: 2966-0599
contato@ouniversoobservavel.com.br
www.ouniversoobservavel.com.br
Periódico Científico Indexado

escalonadamente y estar preparadas para adoptar la opción que se posicione como ganadora o más conveniente en su contexto (por ejemplo, si un país subsidia fuertemente el biogás, aprovechar esa ruta; si crea hidrogenaras en corredores, migrar cierta flota a FCEV, etc.).

También es importante señalar la creciente presión normativa y de mercado: los resultados y ejemplos enseñan que quienes toman la delantera fijan nuevos estándares. Cuando un líder logístico ofrece servicios "carbono neutro" (mediante reducción + compensación) puede obligar a sus competidores a seguir el paso para no perder clientes concienciados. De hecho, McKinsey estima que la demanda por servicios logísticos verdes podría alcanzar $350 mil millones en 2030 (15% del gasto logístico mundial), lo cual representa una oportunidad de negocio en sí misma. Los operadores que desarrollen capacidades verdes hoy estarán en mejor posición para capturar ese valor emergente. Por el contrario, empresas que ignoren la sostenibilidad podrían enfrentar riesgos reputacionales, costos de carbono e incluso dificultades para conseguir contratos, ya que muchas multinacionales empiezan a evaluar a sus 3PL (por criterios ambientales.

Limitaciones del estudio: Si bien este artículo recopiló amplia información actual, existen limitaciones a reconocer. La investigación se basó mayormente en fuentes secundarias disponibles públicamente; algunos datos provienen de informes corporativos con posibles sesgos optimistas. Se procuró contrastar con múltiples fuentes para fiabilidad, pero podría haber margen de error en cifras reportadas. Además, la aplicabilidad de ciertos ejemplos puede variar según la región: por ejemplo, estrategias exitosas en Europa (con fuerte apoyo regulatorio) podrían ser más difíciles de implementar en países con menos incentivos. Este trabajo no profundizó en análisis cuantitativo propio ni modelación debido a su alcance, por lo que futuras investigaciones podrían complementar midiendo directamente reducciones de CO_2 en proyectos piloto locales. A pesar de ello, la diversidad de fuentes utilizadas (academia, industria, consultoras) aporta una visión robusta de las tendencias generales.

Recomendaciones prácticas: Derivado de la discusión, es posible enunciar algunas recomendaciones para gestores y empresas logísticas que busquen reducir su huella de carbono:

Medir y transparentar la huella actual: El primer paso es cuantificar las emisiones logísticas (directas e indirectas) y divulgar internamente/externamente esa información. "No se puede gestionar lo que no se mide." Herramientas de cálculo según GHG Protocol y dashboards como el citado de Mainfreight son útiles. Con datos en mano, se pueden priorizar las áreas de mayor impacto (ej. "el 70% de mis emisiones proviene del transporte terrestre de larga distancia").

Establecer objetivos y planes escalonados: Fijar metas de reducción (por ejemplo, -30% a 2030, neutro a 2050) alineadas con ciencia, y trazar hojas de ruta. Estos planes deben incluir hitos a corto plazo (1-3 años) con acciones concretas: p.ej. "migrar 20% de la flota urbana a EV en 2 años", "reducir consumo eléctrico en almacenes 15% en 3 años", etc. Las metas públicas generan responsabilidad y motivan a la organización.

CONCLUSIONES

La investigación realizada permite extraer varias conclusiones clave sobre la sostenibilidad ambiental en la logística y las estrategias para reducir la huella de carbono en la cadena de suministro Quedó evidenciado que el sector logístico tiene un rol crítico en las emisiones globales de GEI (en el orden de 7-8% del total mundial), por lo que su descarbonización es indispensable para lograr las metas climáticas internacionales. A la vez, existen soluciones tecnológicas y de gestión ya disponibles que hacen viables reducciones substanciales de emisiones. De hecho, análisis recientes sugieren que aplicando de manera combinada las mejores prácticas actuales, se podría lograr una disminución del 40-50% de las emisiones logísticas para 2030. Esto es un mensaje optimista: con las herramientas presentes –y sin esperar a innovaciones futuras– se puede avanzar significativamente

ISSN: 2966-0599
contato@ouniversoobservavel.com.br
www.ouniversoobservavel.com.br
Periódico Científico Indexado

hacia cadenas de suministro más limpias en esta misma década.

No hay una bala de plata para la huella de carbono logística; por el contrario, la estrategia ganadora es integral. A lo largo del artículo identificamos un portafolio de acciones: optimización de rutas, cambio modal, electrificación de flotas, biocombustibles, eficiencia energética en almacenes, logística inversa, rediseño de redes, entre otras. Cada acción contribuye y, sumadas, generan sinergias. Empresas líderes como DHL, FedEx o Maersk no dependen de una única iniciativa, sino que han desplegado programas holísticos (p. ej. DHL GoGreen, FedEx Carbon-Neutral, etc.) que atacan el problema desde múltiples ángulos a la vez. Esta conclusión orienta a que cualquier plan serio de sostenibilidad logística debe incluir varios frentes de trabajo simultáneos, priorizando según la realidad de cada organización, pero sin omitir áreas clave.

REFERENCIAS

Asociación de Empresas de Logística de España (AELE). (2024). *Informe de sostenibilidad y eficiencia energética en logística 2023*. AELE.

Agencia Internacional de Energía (IEA). (2022). *CO_2 emissions in 2022: Global energy review*. https://www.iea.org/

Deloitte. (2023). *Sustainable supply chain: Global report on green logistics 2023*.

Springer, M., & Rühli, E. (2023). Green logistics and sustainable supply chain management: A systematic literature review. *Journal of Cleaner Production, 410*, 137232. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137232

Kunz, N., Mayers, K., Van Wassenhove, L. N., & Sanchez Rodrigues, V. (2020). Measuring the carbon footprint of logistics operations. *Sustainability, 12*(10), 4104. https://doi.org/10.3390/su12104104

McKinsey & Company. (2024). *Net-zero logistics: Roadmap to 2030*.

World Economic Forum. (2022). *Net-zero supply chains: The next frontier*. World Economic Forum.

International Transport Forum (ITF) & OECD. (2023). *Decarbonising transport: Pathways and policies*. ITF/OECD.

XPO Logistics. (2023a). *Informe de sostenibilidad 2023: Soluciones LESS*. https://www.xpo.com/

XPO Logistics. (2023b). *XPO Logistics advances emission reduction targets with 165 new electric trucks* [Comunicado de prensa].

Deutsche Post DHL Group. (2023). *Sustainability roadmap 2025: GoGreen program*. https://www.dhl.com/global-en/home/about-us/sustainability.html

Deutsche Post DHL Group. (2022). *Annual report: Mission 2050*.

FedEx Corporation. (2023). *2023 Environmental, Social & Governance (ESG) report*. https://www.fedex.com/

Amazon. (2024). *Sustainability at Amazon: Progress and commitments*. https://sustainability.aboutamazon.com/

Maersk. (2023a). *A.P. Moller – Maersk sustainability report 2023*. https://www.maersk.com/sustainability

DHL & NYU Stern Center for Sustainable Business. (2023). *Delivering on circularity: Pathways for logistics and supply chains*.

Maersk. (2023b). *Maersk launches world's first green methanol-powered container vessel*. https://www.maersk.com/news

Sustainable Aviation Fuel Alliance. (2024). *SAF: A critical path for net zero aviation*.

Mainfreight. (2024). *Emissions dashboard: Making supply chain emissions visible*. https://www.mainfreight.com/

KPMG. (2023). *Logística y cadena de suministro: Estrategias sostenibles para empresas*.

UNECE/United Nations. (2021). *Transport trends and economics 2021: Towards sustainable inland transport*. UNECE.

GLS. (2023). *GLS sustainable logistics: Green depots and operations*. https://gls-group.com/

CHEP. (2024). *Circular economy logistics: Sustainable pallet pooling*. https://www.chep.com/

Telefónica. (2023). *Gestión eficiente de energía en centros logísticos*. https://www.telefonica.com/

Turró, M. (2022). Logística sostenible y reducción de huella de carbono: Una revisión práctica. *Revista de Logística Integral, 35*(4), 27–36.

ISSN: 2966-0599
contato@ouniversoobservavel.com.br
www.ouniversoobservavel.com.br
Periódico Científico Indexado

McKinsey & Company. (2023). *The carbon economy: New rules for supply chains*.
García, A., & Ureta, J. (2021). Green supply chain management: From theory to practice. *Supply Chain Management Review, 15*(3), 54–69.
UPS. (2023). *UPS ORION: Optimizing routes for sustainability*. https://about.ups.com/