



Veritas & Research
ISSN 2697-3375
Vol. 8|N° 1| 2026

Edita:
Departamento de
Investigación,
Vinculación e
Innovación. Pontificia
Universidad Católica del
Ecuador Sede Ambato.

Ambato - Ecuador

Recibido: 27/03/2024
Aceptado: 11/01/2026
Publicado: 18/03/2026

Citar como:
Granillo-Rodríguez, J.,
Ortiz-Zarco, R. &
Sánchez-Torres, Y.
(2026). Acuerdos,
regulaciones, y
certificaciones: los
verdaderos retos en el
transporte marítimo para
garantizar la
sostenibilidad ambiental
internacional. *Veritas &
Research*, 8(1), 17-32.
<https://doi.org/10.63957/veritas.v8i1.0004>

Licencia:
Creative Commons
Atribución-No
Comercial-Sin Derivadas
4.0 Internacional (CC
BY-NC-ND 4.0)



Acuerdos, regulaciones, y certificaciones: los verdaderos retos en el transporte marítimo para garantizar la sostenibilidad ambiental internacional

Joanna Granillo-Rodríguez¹ , Ruth Ortiz-Zarco¹ * & Yolanda Sánchez-Torres¹
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México

Resumen

El transporte marítimo enfrenta desafíos significativos en su búsqueda de sostenibilidad ambiental a nivel internacional. Los acuerdos, regulaciones y certificaciones desempeñan un papel crucial en este contexto. Instrumentos como el Convenio Internacional para Prevenir la Contaminación por los Buques (MARPOL) y el Convenio Internacional para el Control y la Gestión del Agua de Lastre y los Sedimentos de los Buques (BWM) son fundamentales para prevenir la contaminación marina y controlar las especies invasoras. Sin embargo, la implementación efectiva de estas normas enfrenta retos debido a la complejidad de la gobernanza marítima global. Además, la certificación de buques y la capacitación de la tripulación son esenciales para asegurar el cumplimiento de los estándares ambientales. En última instancia, la colaboración internacional y la actualización continua de estas regulaciones son esenciales para garantizar un transporte marítimo más sostenible y respetuoso con el medio ambiente.

Palabras clave: *Transporte marítimo, Sostenibilidad Ambiental, Regulaciones, Descarbonización, Comercio Ecológico.*

Agreements, regulations, and certifications: the real challenges in maritime transport to guarantee international environmental sustainability

Abstract

Maritime transport faces significant challenges in its pursuit of international environmental sustainability. Agreements, regulations, and certifications play a crucial role in this context. Instruments such as MARPOL and the BWM Convention are fundamental to preventing marine pollution and controlling invasive species. However, the effective implementation of these standards faces challenges due to the complexity of global maritime governance. Furthermore, vessel certification and crew training are essential to ensure compliance with environmental standards. Ultimately, international collaboration and the continuous updating of these regulations are essential to ensuring more sustainable and environmentally friendly maritime transport.

Keywords: *Maritime Transport, Environmental Sustainability, Regulations, Decarbonization, Green Trade.*

Acordos, Regulamentos e Certificações: Os Desafios Reais no Transporte Marítimo para Garantir a Sustentabilidade Ambiental Internacional

Resumo

O transporte marítimo enfrenta desafios significativos na busca pela sustentabilidade ambiental em nível internacional. Acordos, regulamentos e certificações desempenham um papel crucial nesse contexto. Instrumentos como a Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição por Navios (MARPOL) e a Convenção Internacional para o Controle e Gerenciamento da Água de Lastro e Sedimentos dos Navios (BWM) são fundamentais para a prevenção da poluição marinha e o controle de espécies invasoras. No entanto, a

implementação efetiva dessas normas enfrenta desafios devido à complexidade da governança marítima global. Além disso, a certificação de navios e o treinamento de tripulantes são essenciais para garantir a conformidade com as normas ambientais. Em última análise, a colaboração internacional e a atualização contínua desses regulamentos são essenciais para garantir um transporte marítimo mais sustentável e ambientalmente amigável.

Palavras-chave: *Transporte marítimo, Sustentabilidade ambiental, Regulamentos, Descarbonização, Comércio verde*

* Autor corresponsal: ruth.ortiz@uaeh.edu.mx

Introducción

En el contexto del comercio internacional, el transporte marítimo juega un papel fundamental, al ser responsable de mover más del 80 % de las mercancías a nivel global. Sin embargo, este sector enfrenta un desafío crítico en su búsqueda por garantizar la sostenibilidad ambiental, ya que contribuye de manera significativa a las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero, representando entre el 2 % y el 3 % del total global (Salas, 2024). La implementación de acuerdos, regulaciones y certificaciones que promuevan prácticas sostenibles se ha convertido en un reto complejo, debido a la falta de estandarización y a la incertidumbre sobre qué combustibles sostenibles adoptar.

La aceleración de la transición energética y la reducción de emisiones han llevado a la creación de estrictas normativas por parte de organizaciones como la Organización Marítima Internacional (OMI) y la Unión Europea (UE). Estas regulaciones buscan fomentar el uso de combustibles alternativos y tecnologías más eficientes; sin embargo, su implementación plantea desafíos técnicos y económicos significativos. Las empresas navieras enfrentan altas inversiones sin una solución clara a corto plazo, lo que amenaza su competitividad. Además, la ausencia de una armonización global en las políticas ambientales podría comprometer la competitividad de las empresas europeas frente a sus competidores en otros continentes.

En este contexto, la búsqueda de un equilibrio entre sostenibilidad y competitividad se convierte en el principal desafío para garantizar un futuro verde y viable para el transporte marítimo internacional. Por lo tanto, resulta crucial identificar los acuerdos, regulaciones y certificaciones que las empresas transportistas deben acreditar para garantizar la sostenibilidad ambiental a nivel internacional. Este estudio tiene como objetivo general analizar estos aspectos a través de una investigación teórica y cualitativa, con el fin de comprender los retos que

enfrentan las empresas navieras en su camino hacia la sostenibilidad.

La relevancia del presente documento radica en la necesidad de equilibrar la sostenibilidad con la competitividad en un mercado cada vez más exigente en términos ambientales. Las regulaciones ambientales cada vez más estrictas plantean desafíos significativos para las empresas navieras, que deben invertir en tecnologías sostenibles sin una solución clara a corto plazo. Por lo tanto, es vital investigar cómo el transporte marítimo puede adoptar prácticas sostenibles sin comprometer su papel crucial en el comercio mundial. Esto no solo aseguraría un futuro verde y viable para el sector, sino que también contribuiría a mantener su posición central en la economía global.

El presente análisis se sitúa en un período de cinco años, que abarca de 2018 a 2023, en un contexto internacional, considerando a los organismos internacionales especializados de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), como la OMI y la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (UNCTAD), así como a otros organismos internacionales, como el Comité Marítimo Internacional (CMI) y la Cámara Internacional de Navegación (ICS). De igual forma, en este estudio se ha decidido realizar un análisis comparativo entre Estados Unidos y China, potencias mundiales que han tenido que tomar decisiones estratégicas para seguir siendo competitivas y, al mismo tiempo, minimizar su impacto ambiental. La metodología utilizada combina un enfoque exploratorio y descriptivo, con base en métodos cualitativos, para analizar los retos legales y ambientales del transporte marítimo en la búsqueda de la sostenibilidad internacional.

Al tratarse de un tema que ha sido poco estudiado en los últimos años, especialmente considerando factores como el impacto de la COVID-19 y la Cuarta Revolución Industrial, esta investigación busca identificar los acuerdos, regulaciones y certificaciones que las empresas transportistas deben acreditar para

garantizar la sostenibilidad ambiental cuando transportan mercancías por vía marítima. El presente documento adopta un enfoque exploratorio y descriptivo, que aporta a la literatura que trata la legislación internacional sobre el impacto ambiental del transporte marítimo a escala global; es necesario tener en cuenta que sucesos como la pandemia por COVID-19 y la Cuarta Revolución Industrial, transforman el sector, haciendo necesaria una constante actualización de la literatura. El estudio se desarrolla bajo una metodología cualitativa, que describe y analiza los principales retos legales y ambientales que enfrenta el transporte marítimo para garantizar la sostenibilidad ambiental internacional.

Antecedentes del transporte marítimo en el contexto del Acuerdo de París

La historia del transporte marítimo internacional se extiende por miles de años, desde las primeras formas de navegación hasta la compleja red global actual. Civilizaciones antiguas como los fenicios y los vikingos fueron pioneras en la exploración y el comercio marítimo, destacando los fenicios por su dominio del Mediterráneo y su expansión hacia África y Medio Oriente (Rivas & López, 2022).

El auge del transporte marítimo se consolidó entre los siglos XV y XIX, cuando las potencias europeas establecieron rutas coloniales y comerciales, y se aceleró con la Revolución Industrial mediante la introducción de los barcos de vapor (Garrido, 2023). En la actualidad, impulsado por la globalización y la ‘contenedorización’, el transporte marítimo es el principal medio del comercio internacional por su eficiencia y bajos costos, aunque enfrenta desafíos como la sostenibilidad ambiental y la reducción de su huella de carbono (Organización Mundial del Comercio [OMC], 2024).

En este contexto, el Acuerdo de París, adoptado en 2015 durante la COP 21, constituye un hito en la cooperación internacional para combatir el cambio climático, al establecer el compromiso de limitar el calentamiento global por debajo de los 2 °C y promover esfuerzos para no superar los 1,5 °C (Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, 2025). El acuerdo, que entró en vigor en 2016, es jurídicamente vinculante y obliga a los países a presentar y mantener sus contribuciones determinadas a nivel nacional para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (Consejo Europeo, 2024).

Diversos países, como los miembros de la Unión Europea, China y México, han mostrado un alto

compromiso con el acuerdo; sin embargo, la salida de Estados Unidos ha generado incertidumbre en los esfuerzos globales de mitigación (Tilianaki, 2025riv). A pesar de los avances, persisten desafíos como la falta de ambición climática, la insuficiente financiación y la necesidad de tecnologías avanzadas. No obstante, el Acuerdo de París también representa una oportunidad para impulsar el desarrollo sostenible, la innovación tecnológica, la generación de empleos verdes y el fortalecimiento de la cooperación internacional (ONU, 2024).

Marco teórico: economía ecológica y tres marinas mercantes

La teoría de la economía ecológica es un campo interdisciplinario que busca comprender la interdependencia entre los sistemas económicos humanos y los ecosistemas naturales. Esta disciplina se enfoca en la sostenibilidad, la justicia y el tiempo, considerando la economía como un subsistema del ecosistema global. Georgescu-Roegen et al., (1996) señalan que los límites del proceso económico son, primero que el proceso económico es irreversible debido a la transformación de recursos de baja entropía (disponibles para el uso humano) en residuos de alta entropía (no disponibles para el uso humano); esto significa que los recursos naturales no pueden ser recuperados una vez que se han utilizado y transformado en residuos.

El crecimiento económico no puede ser indefinido en un mundo con recursos naturales limitados, la economía está sujeta a la ley de la entropía, por lo que el uso de recursos naturales genera residuos y reduce la disponibilidad de recursos para el futuro, lo que impone un límite al crecimiento económico sostenido Georgescu-Roegen et al., (1996).

De la Rosa Leal (2021), afirma que las marinas mercantes son cruciales para el comercio internacional, ya que el 90% del comercio mundial se realiza por vía marítima; contribuyendo significativamente a la balanza de pagos de un país a través de los fletes devengados y la generación de empleos. Herman Daly, es otro referente de la teoría de la economía ecológica, quien considera que no existe un crecimiento económico “verde” y mucho menos sostenible, reforzando la idea de Georgescu-Roegen respecto de un crecimiento económico limitado; finalmente propone un modelo económico que mantenga un equilibrio entre el crecimiento económico y la conservación del medio ambiente (Daly, 1994).

La teoría de las tres marinas mercantes sostiene que la marina mercante, desde un enfoque económico, comprende tres entidades diferenciadas: la marina de ultramar, la de cabotaje fluvial y la de cabotaje marítimo, cada una de las cuales opera en mercados específicos y bajo reglas competitivas propias. En el ámbito del transporte marítimo, estas formas de operación responden a distintas necesidades del comercio internacional. En este contexto teórico Ratzel (2011) ha contribuido de manera significativa a la comprensión del poder marítimo y su influencia en el comercio y la economía de las naciones.

López (1993) señala que el almirante estadounidense Alfred T. Mahan fue pionero en analizar de forma sistemática la influencia del poder marítimo en la historia, identificando factores como la situación geográfica, la configuración física, la extensión territorial, la población, el carácter nacional y el tipo de gobierno, los cuales no pueden entenderse de manera aislada, sino a partir de su combinación. Por su parte, Oyarzún (1998) añade que el poder marítimo adquiere sustancia económica a través de los intereses marítimos, desarrollados tanto por el Estado como por empresas privadas en alta mar, aguas jurisdiccionales y el litoral. Estos intereses comprenden la marina mercante nacional, el transporte marítimo, las terminales portuarias, el comercio exterior marítimo, la flota pesquera, los buques de investigación científica y la industria naval.

Ratzel (2011) destaca el papel central del mar como elemento dominante del espacio geográfico, mientras que González (2023) señala que algunos planteamientos de Mahan han perdido vigencia debido a los cambios políticos, económicos y sociales, como la obsolescencia de la conquista colonial como fuente de poder y riqueza. En conjunto, la interacción entre las distintas marinas mercantes resulta compleja, ya que cada una responde a dinámicas de mercado y marcos regulatorios específicos. En este sentido, la teoría de las tres marinas mercantes, junto con la economía ecológica, constituye un fundamento teórico relevante

para analizar la relación entre transporte marítimo, economía, comercio y medio ambiente.

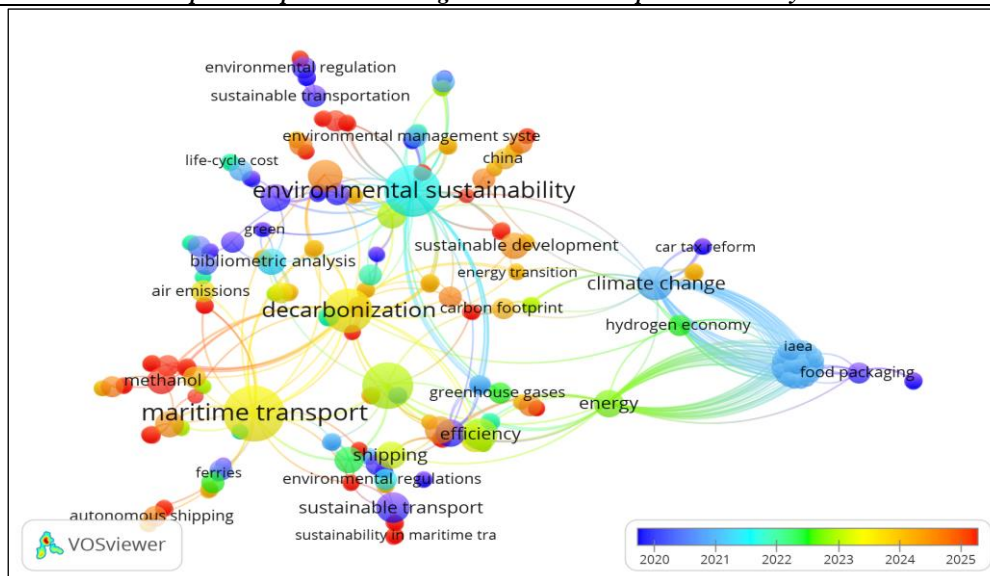
Marco Referencial

La literatura sobre el tema es amplia, la importancia para la economía a nivel internacional, ha generado diversas líneas de investigación, la Figura 1 muestra un mapa de co-ocurrencia de palabras para la literatura que vincula las regulaciones del transporte marítimo y la sostenibilidad ambiental. Tal como se observa, la literatura que vincula la sostenibilidad ambiental con el transporte marítimo se enfoca en los siguientes elementos: cambio climático, desarrollo sostenible, transición energética, huella de carbono, gases de efecto invernadero, eficiencia regulaciones ambientales, metano, entre otros.

Como parte del estudio del arte se presenta la Tabla 1, que sintetiza algunas de las principales contribuciones sobre el tema. La literatura da evidencia de que la sostenibilidad ambiental en el transporte marítimo no es tan solo un objetivo normativo, es un reto estructural en el que convergen: gobernanza, innovación, regulaciones internacionales, decisiones empresariales, entre otros factores, la revisión permite identificar fuertes asimetrías entre las regulaciones, el cumplimiento de ellas y el impacto en la reducción de emisiones. Los documentos centrados en la regulación ambiental y cumplimiento normativo (Park et al., 2024; Solakivi et al., 2019; Tuğdemir Kök et al., 2025) reflejan que las normas internacionales han propiciado cambios operativos cuantificables.

La literatura que refiere modelos de optimización (Benedicti et al., 2024; Liu et al., 2025a; Liu et al., 2025b; Mansouri et al., 2015) contribuye con herramientas robustas; mientras que los estudios sobre tecnología verde y transición energética (Lehmusto & Santasalo, 2022; Oliveira et al., 2025; Ouni et al., 2025), señalan que la descarbonización del transporte marítimo dependerá de la adopción de nuevas tecnologías, lo que tiene fuertes implicaciones financieras.

Figura 1.
Mapa de co-ocurrencia de palabras para el tema: regulaciones del transporte marítimo y la sostenibilidad ambiental



Fuente: Elaboración propia en VOSviewer.

En lo referente a la gestión portuaria y la implementación de certificaciones, trabajos como los de Davarzzani et al. (2016), Housni et al. (2022) y Tovar y Wall (2021), destacan el papel estratégico de los puertos elementos de sostenibilidad marítima. Finalmente, hay literatura (ver Tabla 1) que afirma que

los retos del transporte marítimo van más allá del ámbito técnico y normativo, tornando indispensable un esquema de gobernanza global justo y económicamente viable, (Azhar et al., 2024; García et al., 2025; Leicht & Leitch, 2025; Ozbiltekin et al., 2024).

Tabla 1.
Marco referencial

Título del documento	Aportaciones
Multi-objective decision support to enhance environmental sustainability in maritime shipping: a review and future directions	Analizan cómo la optimización multiobjetivo (MOO) puede apoyar la toma de decisiones sostenibles en el transporte marítimo, al equilibrar metas ambientales, económicas y operativas; plantean que los próximos sistemas de apoyo a decisiones en el sector deben basarse en modelos MOO, capaces de integrar múltiples objetivos en las cadenas de suministro marítimas con un enfoque en la sostenibilidad ambiental (Mansouri et al., 2015).
Greening ports and maritime logistics: a review, greening ports and maritime logistics: a review, transportation research part d: transport and environment	Analizan la evolución de la investigación sobre "puertos verdes y logística marítima", con el objetivo de identificar las principales líneas de estudio y áreas prometedoras para futuras investigaciones (Davarzzani et al., 2016).
How shipowners have adapted to sulphur regulations – evidence from finnish seaborne trade	Analizan los barcos que atracan en Finlandia para observar su respuesta ante las Zonas de Control de Emisiones de Azufre (SECA), mediante modelos de regresión logística identifican qué tipo de buques optan por instalar depuradores, demuestran que las embarcaciones más nuevas, están equipadas con depuradores, y la mayoría de los buques en puertos finlandeses utilizan combustibles con bajo contenido de azufre (Solakivi et al., 2019).
Economic and environmental regulation in the port sector,	Describen las características económicas de los puertos y sus diversas estructuras de gobernanza, examinan dos tipos de regulación portuaria: la regulación económica, cuyo propósito es salvaguardar la competencia, y la regulación ambiental, que tiene como objetivo establecer las condiciones para la sostenibilidad del sector (Tovar & Wall, 2021).
Environmental sustainability maturity system: an integrated system scale to assist maritime port managers in addressing environmental sustainability goals, environmental challenges	Sugieren que las empresas de transporte implementen sistemas óptimos de calidad, como las certificaciones como la ISO 14001, diseñada para la sostenibilidad a lo largo de la cadena de suministro (Housni et al., 2022).

Mathematical framework for total cost of ownership analysis of marine electrical energy storage inspired by circular economy	Mediante un modelo matemático, estudian el uso e implementación de la economía circular aplicada a la usanza de baterías de iones de litio usadas, con el fin de visualizar si es viable implementarlas en el transporte marítimo; realizaron diversos experimentos y concluyeron que estas baterías pueden ser reutilizadas y modernizadas hasta 3 veces durante su ciclo de vida, y pueden ocuparse en distintas fases del sector de transporte, requiriendo innovaciones tecnológicas consecutivas, que ayuden a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (Lehmusto & Santasalo, 2022).
The optimal green strategies for competitive ocean carriers under potential regulation,	Examinan las estrategias ecológicas estables, así como las decisiones de fijación de precios de las empresas competidoras en el mercado naviero, considerando la diferenciación de servicios y el riesgo de la mejora (Zheng et al., 2022). Estiman las emisiones de carbono del transporte marítimo internacional utilizando el método de suavizado exponencial simple, identifican los riesgos más relevantes mediante teoría de grafos y matrices y revelan que la base científica de estos enfoques ha sido poco considerada, apoyan la transición hacia un transporte marítimo más sostenible (Ozbiltekin et al., 2024).
Managing the risks against carbon neutralization for green maritime transport	
Integrated simulation of an inland container terminal and waterway service for enhancing the maritime supply chain connectivity between joinville and itapoá port	Proponen la construcción de una terminal de contenedores fluvial y un servicio de navegación, como estrategia para acrecentar la competitividad de las empresas, reducir costos y disminuir la emisión de gases de efecto invernadero y el tiempo de en el transporte de mercancías (Benedecti et al., 2024).
Chapter seven - emission of greenhouse gases from transportation	Identifican los efectos negativos del cambio climático y el daño que ha causado la misma acción humana, como punto de partida para la búsqueda de estrategias de optimización en las condiciones del transporte y la consolidación de un proceso limpio, ecológico y competitivo (Azhar et al., 2024).
Regulatory compliance and operational efficiency in maritime transport: strategies and insights	Analizan el ajuste de costos de las navieras frente a tres normativas clave: el Indicador de Intensidad de Carbono, el Régimen de Comercio de Emisiones de la UE y la regulación FuelEU Maritime; los hallazgos detallan el impacto de estas regulaciones sobre los costos y las emisiones, sensibilidad (Park et al., 2024). Presentan un modelo de optimización estocástico para mejorar la compra de carbón y la logística en centrales eléctricas ubicadas en puertos. Teniendo en cuenta tanto la eficiencia económica como la sostenibilidad ambiental, el modelo contempla las incertidumbres del transporte marítimo, la variabilidad en la demanda y las restricciones sobre emisiones de carbono, la innovación del modelo radica en su capacidad para integrar variables marítimas en tiempo real y adaptarse a las políticas ambientales, marcando un nuevo enfoque para una logística energética sostenible (Liu et al., 2025b).
Optimization of sustainable coal procurement for power plants under maritime transportation uncertainty	Mediante el Proceso de Red Analítica (ANP) evalúan y priorizan ocho estrategias discutidas durante la sesión 81 del Comité de Protección del Medio Marino (MEPC 81). Los resultados sitúan a la Gestión del Agua de Lastre como la estrategia más importante (peso: 0.269), seguida del Reciclaje de Buques (0.179) y las Zonas de Control de Emisiones (ECA) (0.142). Los hallazgos refuerzan la necesidad de medidas operativas y regulatorias que permitan alcanzar las metas de la OMI para 2030 (Tuğdemir Kök et al., 2025).
Evaluating imo 2030 strategies for environmental sustainability in maritime transportation using anp method	Ofrecen una visión general de las regulaciones, las iniciativas sobre combustibles alternativos y algunas métricas relacionadas con la eficiencia del transporte, concluyen que el enfoque más eficaz hoy en día combina la reducción de la potencia del motor con la mejora de los procesos logísticos y de transporte (Hero et al., 2025).
Limiting greenhouse gas emissions in the maritime transport sector	
Pathways to sustainable transportation in g-20 countries: unveiling the role of green technology, green energy, green finance and digital economy using panel data and machine learning analyses	Revela que la relación del crecimiento económico y el uso de políticas en materia de energías limpias, conllevan a una creciente mitigación obvia de gases de efecto invernadero y por consecuencia de cambio climático (Ouni et al., 2025).
Climate change and transportation companies: a bibliometric and systematic literature review, transportation research part f: traffic psychology and behaviour	Aborda las implicaciones del cambio climático en las empresas dedicadas al transporte internacional de mercancías, ya que se han ido incrementando las emisiones de gases de efecto invernadero, lo cual evidentemente en aspectos económicos y ecológicos resultan ser de preocupación (Leicht & Leicht, 2025). Sugieren la implementación de nuevas tecnologías y la reconfiguración de las cadenas de producción de los buques, buscando sustituirlos por eléctricos; así mismo, evalúan el impacto del uso de estas nuevas confecciones de buques, a través de una inversión de cerca de 25 millones de euros, promoviendo el bienestar social y de la integración de tecnologías verdes (Oliveira et al., 2025).
Currents of change: social-environmental valuation of electric ships for sustainable passenger transport	
Modeling and solving the joint berth allocation and vessel sequencing problem with speed optimization in a busy seaport,	Proponen un modelo de programación lineal entera mixta bi-objetivo que optimiza conjuntamente la asignación de buques a los muelles, así como la secuenciación y las velocidades de navegación de los buques dentro de un canal. Para la resolución

de este modelo, se desarrolla un algoritmo genético de clasificación no dominada adaptado que incorpora aprendizaje por refuerzo, así mismo, introdujeron una nueva métrica basada en la distancia relativa para evaluar las soluciones de Pareto (Liu et al., 2025b).

Sustainability, externalities and ocean grabbing: pressing challenges for maritime transport,

Analizan tres desafíos del transporte marítimo, que trascienden el sector: la sostenibilidad del modelo de crecimiento económico, la privatización de recursos marítimos y la falta de un combustible alternativo claro para la descarbonización de la flota (García et al., 2025).

Fuente: Elaboración propia.

Acuerdos, regulaciones y certificaciones para el transporte marítimo

Los acuerdos, regulaciones y certificaciones para el transporte marítimo son normas internacionales, regionales y nacionales que buscan garantizar la seguridad, eficiencia y sostenibilidad del transporte de mercancías por mar. Estas regulaciones abarcan aspectos como la seguridad de las embarcaciones, la protección del medio ambiente marino, las condiciones laborales de la tripulación, la responsabilidad civil y la documentación necesaria para el transporte de carga, (ver tabla 2 y tabla 3).

Según la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (UNCTAD; 2023), estas regulaciones se aplican en todo el mundo, especialmente en puertos internacionales y rutas marítimas clave, siendo obligatorias para todos los buques que navegan bajo bandera de un país miembro

de la OMI o que operan en aguas internacionales. Su cumplimiento es supervisado por autoridades portuarias, aduanas y organizaciones internacionales, con el fin de mantener la seguridad marítima global y proteger los océanos.

Los convenios, regulaciones y certificaciones internacionales, liderados principalmente por la OMI bajo el marco del Convenio MARPOL y la estrategia de reducción de emisiones, han establecido un régimen regulatorio robusto para la sostenibilidad ambiental en el transporte marítimo. Sin embargo, los datos muestran que, a pesar de los avances normativos, las emisiones de gases de efecto invernadero del sector han aumentado un 20 % en la última década, y las metas acordadas en 2023 para 2030 (reducción del 20-25 %) son consideradas insuficientes frente a las recomendaciones científicas que demandan una reducción del 50 % para ese año.

Tabla 2.
Convenios internacionales que garantizan la sostenibilidad ambiental en el transporte marítimo internacional

Convenio	Año	Objetivo
Convenio internacional sobre responsabilidad civil y fondos de indemnización por contaminación por hidrocarburos (CLC y FUND)	1971	Garantizar una indemnización suficiente a las personas que sufran daños causados por la contaminación resultante de derrames o descargas de hidrocarburos procedentes de los barcos.
Convenio de Londres	1972	Promover el control efectivo de todas las fuentes de contaminación del medio marino y la adopción de todas las medidas posibles para impedir la contaminación del mar por vertimiento de desechos y otras materias.
Convenio internacional sobre cooperación, preparación y lucha contra la contaminación por hidrocarburos	1995	Promover la cooperación internacional en cuestiones de intercambio de información con respecto a la capacidad de los Estados para luchar contra los sucesos de contaminación por hidrocarburos
Convenio internacional para prevenir la contaminación por los buques (MARPOL)	1997	Preservar el ambiente marino mediante la completa eliminación de la polución por hidrocarburos y otras sustancias dañinas, así como la minimización de las posibles descargas accidentales.
Convenio BWM	2004	Detener la propagación de los organismos acuáticos y agentes patógenos potencialmente perjudiciales en el agua de lastre.

Fuente: OMI (2025)

Tabla 3
Certificaciones y regulaciones internacionales que garantizan la sostenibilidad ambiental en el transporte marítimo internacional

Certificaciones y regulaciones	Entidad	Objetivo
Código IMDG (código marítimo internacional de mercancías peligrosas)	OMI	Proteger la vida humana, la propiedad y el medio ambiente, estableciendo criterios estrictos para la clasificación, embalaje, etiquetado, estiba y manipulación de sustancias peligrosas. Se actualiza cada 2 años.
ISO 14001	Organización Internacional para la Estandarización	Mejorar la gestión de todos los aspectos ambientales, ayudando a las organizaciones a controlar consumos, residuos, vertidos y emisiones atmosféricas, así como la mitigación de riesgos ambientales, generando así oportunidades de beneficio económico
Certificado internacional de prevención de la contaminación por hidrocarburos y otras sustancias nocivas	Anexo I del Convenio MARPOL 73/78, OMI	Acreditar que el buque cumple con los requisitos técnicos y operativos para minimizar descargas contaminantes, incluyendo la estructura, equipos y sistemas de control.
Certificado internacional de prevención de la contaminación atmosférica	Anexo VI del Convenio MARPOL 73/78, OMI	Acreditar que el buque cumple con estos requisitos ambientales para minimizar su impacto en la calidad del aire y la protección de la atmósfera.
Certificado internacional de prevención de la contaminación por hidrocarburos	Anexo I del Convenio MARPOL 73/78, OMI	Acreditar que el buque cumple con estas normas para proteger el medio marino y debe ser renovado periódicamente tras inspecciones que aseguren el cumplimiento continuo de las disposiciones del Convenio MARPOL
Certificado internacional para el transporte de sustancias nocivas líquidas	Anexo II del Convenio MARPOL 73/78, OMI	Verificar el cumplimiento de los requisitos técnicos y operativos del buque, incluyendo la correcta gestión de tanques y residuos, y la existencia de un manual aprobado por la administración competente. Validez máxima de cinco años y es obligatorio para buques que transportan estas sustancias a puertos de Estados partes en el Convenio
Certificado internacional de prevención de la contaminación por aguas sucias	Anexo IV del Convenio MARPOL 73/78, OMI	Acreditar que el buque cumple con estos requisitos técnicos y operativos para prevenir la contaminación marina por aguas sucias y tiene una validez máxima de cinco años tras inspecciones periódicas
Plan de emergencia de a bordo en caso de contaminación por hidrocarburos	Regla 37 del Anexo I del Convenio MARPOL 73/78, OMI	Prescribir que los petroleros de arqueo bruto igual o superior a 150 y todos los buques de arqueo bruto igual o superior a 400 deben llevar a bordo un plan de emergencia para responder eficazmente a incidentes de contaminación por hidrocarburos.
Plan de gestión de basuras	Anexo V del Convenio MARPOL 73/78	Forzar a todos los buques de arqueo bruto igual o superior a 100, los buques autorizados a transportar 15 personas o más, y plataformas fijas o flotantes deben llevar a bordo un plan de gestión de basuras.

Fuente: OMI (2025) y Organismo de Certificación Global (2025)

El uso predominante de combustibles fósiles altamente contaminantes como el *heavy fuel oil* y las dificultades para implementar tecnologías y combustibles alternativos evidencian brechas importantes en la aplicación efectiva de estas regulaciones, sobre todo

cuando se comparan países en vías de desarrollo y países ya desarrollados. Además, la complejidad global del sector y las diferencias en capacidades nacionales dificultan la supervisión y cumplimiento uniforme.

Tabla 4.
¿Regulación o evasión?

Indicador	Datos clave	Meta	Período
Emisiones de gases de efecto invernadero (GEI)	2.9% de las emisiones globales, cerca de 1,000 millones de toneladas anuales; aumento del 20% en 10 años	Reducción del 20-30% para 2030 y al menos 70% para 2040; carbono neutralidad para 2050	2013 al 2050
Porcentaje del transporte marítimo en comercio mundial	80-90% del transporte mundial de mercancías por mar	N/A	Actual
Reducción acordada en la cumbre MEPC 80 de la OMI	Reducción de emisiones del 20% para 2030, esfuerzo por 25%	25% para 2030	2023 – actualidad

Fuente: OMI (2023).

Liderazgo portuario y emisiones del transporte marítimo: china y Estados Unidos

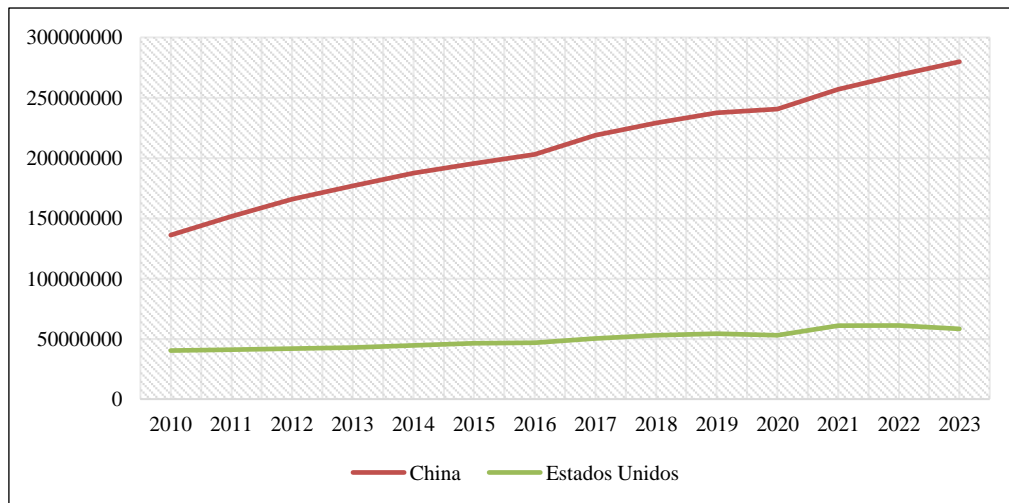
El transporte marítimo mueve más del 80% del comercio mundial, y enfrenta el desafío de reconciliar su papel en la economía global con la necesidad de proteger el medio ambiente; en un contexto donde las regulaciones internacionales buscan reducir las emisiones y mitigar el impacto ambiental, las empresas de transporte marítimo tienen desafíos significativos, relacionados con la adopción de tecnologías limpias, ofreciendo los combustibles alternativos una vía hacia la sostenibilidad y diferenciación competitiva.

China presenta un crecimiento constante y robusto, pasando de aproximadamente 136 millones de contenedores en 2010 a cerca de 280 millones en 2023, lo que refleja un aumento significativo en su capacidad y actividad portuaria. En contraste, Estados Unidos mantiene un rendimiento mucho menor, con cifras que oscilan entre 40 y 60 millones de contenedores anuales, mostrando un crecimiento mucho más lento y con cierta estabilidad en los últimos años, (Ver figura 2). El entorno global

demanda que las empresas equilibren la rentabilidad económica con la responsabilidad ambiental, explorando estrategias que permitan alcanzar la sostenibilidad ambiental internacional sin comprometer su viabilidad comercial. La Figura 2 revela una clara y sostenida diferencia en el rendimiento portuario de contenedores entre China y Estados Unidos durante el período 2010-2023.

Este patrón refleja la posición dominante de China como líder mundial en comercio marítimo y logística portuaria, apoyada por su red de puertos masivos y altamente automatizados. Por otro lado, Estados Unidos, aunque con una infraestructura portuaria importante, no ha experimentado un crecimiento tan acelerado, posiblemente debido a factores como la madurez de su mercado, diferentes dinámicas comerciales y logísticas, y una mayor dependencia del comercio terrestre. El aumento constante en China también puede estar relacionado con su papel como principal exportador global. En contraste, la estabilidad relativa en Estados Unidos sugiere que su rendimiento portuario está más alineado con un mercado establecido y menos sujeto a expansiones rápidas.

Figura 2.
Rendimiento anual portuario de contenedores de China y Estados Unidos, periodo 2010 - 2023

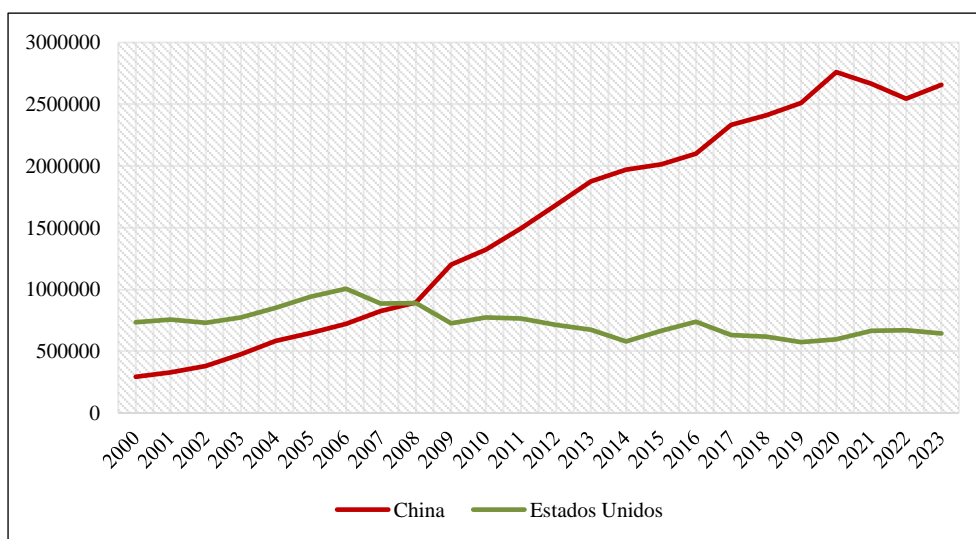


Fuente: UNCTAD (2025)

La Figura 3 muestra una evolución claramente diferenciada entre China y Estados Unidos en el total de mercancías descargadas en sus puertos desde el año 2000 hasta 2023. Al inicio del periodo, Estados Unidos tenía un volumen significativamente mayor que China, con más de 730 mil unidades frente a los casi 300 mil

de China en el año 2000. Sin embargo, a partir de 2009, China se coloca a la cabeza, manteniendo un crecimiento sostenido y acelerado, alcanzando un máximo de más de 2.7 millones de unidades descargadas en 2020.

Figura 3.
Total de mercancías descargadas de China y Estados Unidos, periodo 2000 - 2023



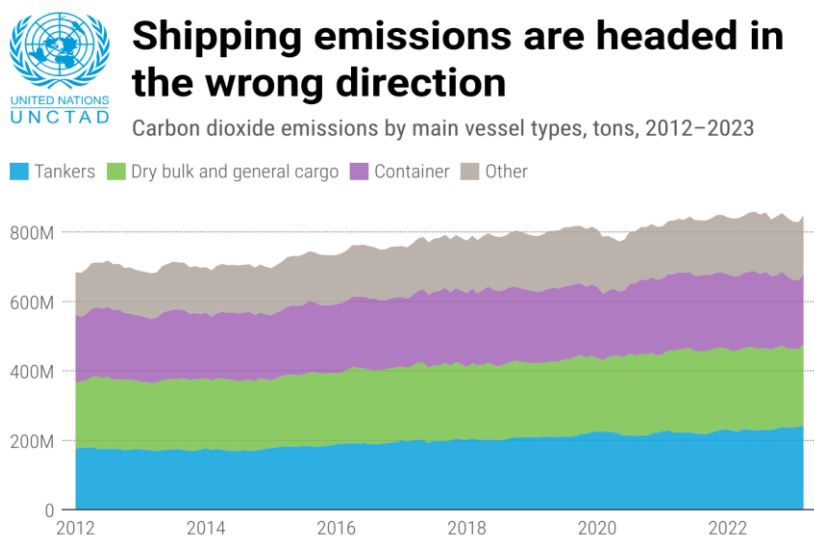
Fuente: UNCTAD (2025)

El crecimiento de China es especialmente marcado entre 2009 y 2020, periodo en el que prácticamente duplica el volumen de mercancías descargadas. Tras 2020, los volúmenes de China muestran cierta estabilización, aunque siguen siendo muy superiores a los de Estados Unidos. Por su parte, Estados Unidos experimenta una ligera recuperación después de 2020, pero no logra acercarse a los niveles de China. Esta tendencia evidencia el papel de China como el principal motor del comercio marítimo mundial, resultado de su política de inversiones en infraestructura portuaria y su integración en las cadenas

globales de suministro. Estados Unidos, aunque sigue siendo un actor relevante, muestra un crecimiento mucho más moderado y estable, reflejando una estructura comercial diferente y una menor dependencia del crecimiento portuario.

La Figura 4 evidencia un aumento constante de las emisiones de dióxido de carbono del transporte marítimo entre 2012 y 2023, reflejo del auge del comercio internacional y los avances tecnológicos; mostrando que las regulaciones no han frenado la tendencia.

Figura 4.
Toneladas de emisiones de dióxido de carbono por tipo de buque



Fuente: UNCTAD (2023)

Oportunidades y desafíos para las empresas de transporte marítimo

Las empresas de transporte marítimo enfrentan un escenario de grandes oportunidades y retos en el contexto global, especialmente al comparar los casos de China y Estados Unidos. Por un lado, el crecimiento exponencial del rendimiento portuario y el volumen de mercancías descargadas en China evidencia la capacidad de este país para consolidarse como el principal eje logístico del comercio marítimo mundial, además de ofrecer una alta variedad de proveedores y calidades en variadas industrias. Este dinamismo abre oportunidades para la innovación tecnológica, la inversión en infraestructura portuaria avanzada y la adopción de prácticas más eficientes, permitiendo a las empresas chinas liderar la industria de transporte marítimo.

La adaptación a normativas internacionales y la obtención de certificaciones ambientales, requieren inversiones significativas en tecnología limpia, capacitación y sistemas de monitoreo. Además, la competencia global y las crecientes expectativas de transparencia y responsabilidad ambiental obligan a las empresas a innovar constantemente, colaborar con actores públicos y privados, y anticipar tendencias regulatorias para mantener su relevancia y sostenibilidad en el mercado internacional. Así, la sostenibilidad ambiental se convierte no solo en un reto, sino también en una oportunidad estratégica para diferenciarse y liderar el futuro del transporte marítimo. El transporte marítimo internacional se encuentra en una encrucijada donde la sostenibilidad ambiental es tan crucial como la competitividad comercial. La falta de estandarización y la incertidumbre tecnológica dificultan la implementación efectiva de acuerdos y regulaciones, mientras que las inversiones necesarias para cumplir con estándares ambientales representan un reto económico para las empresas. La colaboración internacional, la actualización constante de regulaciones y la capacitación continua son esenciales para avanzar hacia un sector marítimo más sostenible y resiliente. Solo mediante el equilibrio entre innovación, cumplimiento normativo y cooperación global será posible garantizar el papel central del transporte marítimo en la economía mundial sin comprometer el medio ambiente.

Las empresas de transporte marítimo enfrentan un escenario complejo de oportunidades y desafíos en el contexto global, particularmente al comparar los casos de China y Estados Unidos. El crecimiento sostenido

del rendimiento portuario y del volumen de mercancías descargadas en China evidencia su capacidad para consolidarse como el principal eje logístico del comercio marítimo mundial, apoyado por una amplia oferta de proveedores y una elevada diversidad industrial. Este dinamismo genera oportunidades para la innovación tecnológica, la inversión en infraestructura portuaria avanzada y la adopción de prácticas operativas más eficientes, permitiendo a las empresas chinas fortalecer su liderazgo en el sector.

No obstante, la adaptación a las normativas internacionales y la obtención de certificaciones ambientales exigen inversiones significativas en tecnologías limpias, capacitación del capital humano y sistemas de monitoreo. A ello se suma una competencia global cada vez más intensa y mayores exigencias de transparencia y responsabilidad ambiental, lo que obliga a las empresas a innovar de forma continua, colaborar con actores públicos y privados y anticipar tendencias regulatorias para preservar su competitividad y sostenibilidad. En este contexto, la sostenibilidad ambiental deja de ser únicamente un reto para convertirse en una oportunidad estratégica de diferenciación y liderazgo.

En conjunto, el transporte marítimo internacional se encuentra en una encrucijada en la que la sostenibilidad ambiental resulta tan relevante como la competitividad comercial. La falta de estandarización y la incertidumbre tecnológica dificultan la implementación efectiva de acuerdos y regulaciones, mientras que las inversiones necesarias para cumplir con los estándares ambientales representan un desafío económico significativo. Frente a este escenario, la cooperación internacional, la actualización constante del marco normativo y la capacitación continua emergen como elementos clave para avanzar hacia un sector marítimo más sostenible y resiliente, capaz de mantener su papel central en la economía mundial sin comprometer el medio ambiente.

La adopción de combustibles sostenibles y tecnologías limpias constituye uno de los principales ejes para alcanzar la descarbonización del sector, que actualmente representa cerca del 3 % de las emisiones globales de CO₂ (Salas, 2024). Entre las propuestas más relevantes destacan el uso de combustibles alternativos como el gas natural licuado (GNL), el metanol, el amoníaco verde y los biocombustibles avanzados, así como la electrificación parcial mediante baterías y la integración de tecnologías de propulsión híbrida con sistemas de eficiencia energética, como rotores Flettner y velas rígidas (OMI, 2023).

Si bien Wang et al. (2024) señalan que el GNL ha sido la opción de transición más adoptada en los últimos años por su menor huella de carbono frente al fuelóleo convencional, estudios recientes y reportes de la OMI y la UNCTAD advierten que su potencial de reducción es limitado debido a las emisiones de metano asociadas. Troya (2015) refiere que el hidrógeno verde y el amoníaco verde son alternativas prometedoras a largo plazo, ya que se producen a partir de fuentes renovables y no generan emisiones directas de carbono; sin embargo, su adopción masiva enfrenta importantes desafíos tecnológicos, regulatorios y de infraestructura. En este sentido, Olivares y Sepúlveda (2015) concluyen que la opción más viable en el corto plazo es una combinación progresiva de biocombustibles avanzados y tecnologías de eficiencia energética, mientras se desarrollan las cadenas de suministro de hidrógeno y amoníaco verde para el mediano y largo plazo.

La digitalización y automatización del transporte marítimo están transformando de manera significativa la eficiencia, seguridad y sostenibilidad del sector. Armas (2024) destaca que tecnologías como el Internet de las Cosas (IoT), blockchain, inteligencia artificial (IA) y big data permiten el seguimiento en tiempo real de la carga, la optimización de rutas y la reducción de errores administrativos, lo que agiliza la cadena de suministro y disminuye los costos operativos. De acuerdo con la Escuela Internacional de Negocios Marítimos (2025), la automatización de terminales mediante grúas y vehículos autónomos mejora la velocidad y precisión de las operaciones portuarias, mientras que la documentación electrónica y las plataformas colaborativas fortalecen la transparencia y la trazabilidad. En este marco, la OMI (2023) impulsa una estrategia global de digitalización orientada a la interoperabilidad y armonización tecnológica hacia 2027.

Ramírez y Vaca (2023) coinciden en que las plataformas digitales integradas que combinan IA, IoT y blockchain, así como el desarrollo de buques con sistemas autónomos y sensores avanzados, permiten optimizar la gestión logística y las operaciones remotas.

Aunque la automatización total de grandes buques aún enfrenta retos regulatorios y tecnológicos, la adopción progresiva de tecnologías digitales se perfila como la opción más viable para mejorar la resiliencia y sostenibilidad del transporte marítimo. Esta transformación no solo reduce costos y emisiones, sino que también fortalece la seguridad y competitividad global del sector, en concordancia con los objetivos de la OMI y la ONU.

En cuanto al cumplimiento regulatorio y la gobernanza global, estos se han convertido en pilares fundamentales para garantizar la sostenibilidad ambiental y la eficiencia del comercio internacional. La OMI (2018) lidera la formulación de normativas orientadas a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, con metas como la disminución del 20–30% para 2030 y la neutralidad de carbono para 2050, además de la implementación de un sistema global de precios de carbono a partir de 2028 para buques de más de 5 000 toneladas. Estas regulaciones obligan a las empresas marítimas a adaptarse mediante el uso de combustibles limpios y tecnologías más eficientes, mientras que la cooperación internacional resulta clave para armonizar estándares y evitar vacíos regulatorios.

Ramos (2022) señala que las propuestas más eficaces combinan mecanismos regulatorios vinculantes con incentivos a la innovación tecnológica y la transparencia, como la divulgación obligatoria de datos de sostenibilidad y el uso de sistemas digitales de monitoreo. Asimismo, González (2021) destaca que la reestructuración de alianzas marítimas y la coordinación entre actores públicos y privados desempeñan un papel estratégico en el fortalecimiento de la gobernanza global y la resiliencia de las cadenas logísticas. En este contexto, un marco regulatorio dinámico y colaborativo se presenta como el enfoque más efectivo para facilitar la transición energética, garantizar la responsabilidad ambiental y promover la equidad entre países desarrollados y en desarrollo, en línea con los objetivos de la ONU, la OMI y la OMC.

Resultados y conclusiones

El transporte marítimo desempeña un papel central en la economía global al movilizar cerca del 80 % del comercio mundial en volumen, aunque es responsable de aproximadamente el 3 % de las emisiones globales de dióxido de carbono (OMI, 2025). Esta dualidad evidencia los retos que enfrenta el sector para equilibrar competitividad y sostenibilidad ambiental.

Si bien acuerdos internacionales como MARPOL y el Convenio BWM buscan prevenir la contaminación y controlar especies invasoras, su implementación resulta compleja debido a la diversidad de actores y a la falta de armonización normativa. Asimismo, la transición hacia combustibles sostenibles y tecnologías limpias, promovida por la OMI, implica elevados costos e

incertidumbre tecnológica que afectan a las empresas navieras.

El análisis comparativo entre China y Estados Unidos muestra estrategias contrastantes. China ha impulsado una rápida modernización portuaria y la adopción de regulaciones ambientales, lo que se refleja en un crecimiento significativo de su rendimiento portuario, que se duplicó entre 2010 y 2023. En cambio, Estados Unidos presenta un crecimiento más moderado, evidenciando una brecha en capacidad y actividad portuaria. No obstante, ambos países coinciden en la necesidad de certificar buques y capacitar tripulaciones conforme a estándares internacionales.

El transporte marítimo internacional está regulado por un conjunto amplio y coordinado de convenios internacionales, principalmente bajo el escudo que es la OMI, complementados por regulaciones regionales como las de la Unión Europea y normas técnicas internacionales como las normas ISO. Estos acuerdos cubren aspectos de seguridad, protección ambiental, formación de la tripulación, responsabilidad legal y estándares técnicos que son para garantizar un transporte marítimo seguro, eficiente y sostenible a nivel global. No obstante, las estadísticas muestran que las emisiones continúan aumentando y las metas acordadas son consideradas insuficientes frente a la urgencia climática; siendo los principales retos en materia técnica, económica y de gobernanza, lo que la práctica se traduce en una regulación parcial, evasión o incumplimiento.

Asimismo, es importante destacar que las empresas de transporte marítimo cuentan con múltiples oportunidades tecnológicas, operativas y financieras para avanzar hacia la sostenibilidad ambiental internacional; pero al mismo tiempo enfrentan desafíos significativos relacionados con costos, regulación, infraestructura y coordinación global.

A pesar de que el sector está regulado y existen avances concretos, la implementación efectiva y acelerada de estas medidas es aún insuficiente para cumplir con los objetivos climáticos internacionales, como la descarbonización total para 2050. Por ello, se requiere un esfuerzo conjunto entre industria, gobiernos y

organismos internacionales para superar las barreras y transformar estos retos en oportunidades reales de sostenibilidad.

Finalmente, se concluye que el transporte marítimo internacional se encuentra en una encrucijada donde la sostenibilidad ambiental es tan crucial como la competitividad comercial. La falta de estandarización y la incertidumbre tecnológica dificultan la implementación efectiva de acuerdos y regulaciones, mientras que las inversiones necesarias para cumplir con estándares ambientales representan un reto económico para las empresas. La colaboración internacional, la actualización constante de regulaciones y la capacitación continua son esenciales para avanzar hacia un sector marítimo más sostenible y resiliente. Solo mediante el equilibrio entre innovación tecnológica, cumplimiento normativo y cooperación global será posible garantizar el papel central del transporte marítimo en la economía mundial sin comprometer el medio ambiente.

Para toda empresa que desea incursionar y mantenerse en el mercado global, así como mejorar su valoración financiera, es necesario considerar la incorporación de criterios ambientales, sociales y de gobernanza, ya que estos de acuerdo con Molina y Molina (2025), son parte estratégica de los modelos de valoración empresarial resilientes, los cuales han transformado las metodologías de valoración tradicionales; estos autores refieren que es de gran importancia adaptar el método de valoración al escenario de cada empresa; siendo una de sus principales aportaciones la combinación de diversos métodos, ofreciendo una evaluación más precisa del valor empresarial, ante el dinámico entorno globalizado. Y es justamente en este punto, donde la colaboración internacional, la actualización constante de regulaciones y la capacitación continua son esenciales para avanzar hacia un sector marítimo más sostenible y resiliente. Solo mediante el equilibrio entre innovación tecnológica, cumplimiento normativo y cooperación global será posible garantizar el papel central del transporte marítimo en la economía mundial sin comprometer el medio ambiente.

Referencias

- Armas, J. E. R. (2024). *Puertos 4.0 en Canarias: una perspectiva futura* (Doctoral dissertation). Universidad de La Laguna.
- Azhar, U., Yaseen, S., Arif, M., Babar, M., & Sagir, M. (2024). Emission of greenhouse gases from transportation. En *Advances and technology development in greenhouse gases: Emission, capture and conversion* (pp. 147–163). Elsevier.
- Benedicti, R. C., Silva, V. M. D., & Alves da Costa, G. A. (2024). Integrated simulation of an inland

- container terminal and waterway service for enhancing the maritime supply chain connectivity between Joinville and Itapoá Port. *Latin American Transport Studies*, 2, 100019. <https://doi.org/10.1016/j.latran.2024.100019>
- Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo. (2023). *Revisión del transporte marítimo 2023*. <https://unctad.org/publication/review-maritime-transport-2023>
- Consejo Europeo. (2024). *Acuerdo de París sobre el cambio climático*. <https://www.consilium.europa.eu/es/policies/paris-agreement-climate/>
- Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. (2025). *El Acuerdo de París*. <https://unfccc.int/es/acerca-de-las-ndc/el-acuerdo-de-paris>
- Daly, H. E., Urquidí, V. L., & de la Peña, R. (1994). La economía del estado estacionario. *Demografía y Economía*, 28(3), 357–365.
- Davarzani, H., Fahimnia, B., Bell, M., & Sarkis, J. (2016). Greening ports and maritime logistics: A review. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 48, 473–487. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2015.07.007>
- De la Rosa, L. (2021). El enfoque de sostenibilidad en las teorías organizacionales. *Trascender, Contabilidad y Gestión*, 6(17), 87–102.
- Escuela Internacional de Negocios Marítimos. (2025). *Panorama y claves del sector marítimo-portuario en 2025*. IMBS. <https://www.imbs.edu.es/panorama-y-claves-del-sector-maritimo-portuario-en-2025/>
- García, L., González, F., & Sánchez, R. J. (2025). Sustainability, externalities and ocean grabbing: Pressing challenges for maritime transport. *Marine Policy*, 174, 106598. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2025.106598>
- Garrido, L. (2023). Espacio, transporte y mercado mundial: Transporte marítimo, tasas de flete y control global de los flujos de comercio exterior en el sistema-mundo capitalista. *Izquierdas*, 52, 4628–4652. <https://doi.org/10.4067/S0718-50492023000100236>
- Georgescu-Roegen, N., Naredo, J. M., & Grinevald, J. (1996). *La ley de la entropía y el proceso económico*. Fundación Argentaria.
- González, F. C. (2023). Una lectura contemporánea de la obra del almirante Alfred Thayer Mahan. *Revista General de Marina*, 284, 2–15.
- Hero, M., Vidmar, P., Vlačič, P., & Perkovič, M. (2025). Limiting greenhouse gas emissions in the maritime transport sector. *Transportation Research Procedia*, 83, 157–164. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2025.02.022>
- Housni, F., Boumane, A., Rasmussen, B. D., Britel, M. R., Barnes, P., Abdelfettah, S., Lakhmas, K., & Maurady, A. (2022). Environmental sustainability maturity system: An integrated system scale to assist maritime port managers in addressing environmental sustainability goals. *Environmental Challenges*, 7, 100481. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2022.100481>
- Lehmusto, M., & Santasalo, A. (2022). Mathematical framework for total cost of ownership analysis of marine electrical energy storage inspired by circular economy. *Journal of Power Sources*, 528, 231164. <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2022.231164>
- Leicht, J. B., & Leicht, M. (2024). Climate change and transportation companies: A bibliometric and systematic literature review. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 101, 160–185. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2024.01.001>
- Liu, B., Wang, X., Wang, Z., Zheng, J., & Sheng, D. (2025a). Modeling and solving the joint berth allocation and vessel sequencing problem with speed optimization in a busy seaport. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 197, 104089. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2025.104089>
- Liu, Q., Wang, X., Liu, H., Meng, L., & Hao, C. (2025b). Optimization of sustainable coal procurement for power plants under maritime transportation uncertainty. *Cleaner Logistics and Supply Chain*, 14, 100204. <https://doi.org/10.1016/j.clscn.2025.100204>
- López, J. (1993). Una visión de futuro: la geopolítica de Alfred Mahan. *Revista Universidad EAFIT*, (91), 73–80.
- Mansouri, S. A., Lee, H., & Aluko, O. (2015). Multi-objective decision support to enhance environmental sustainability in maritime shipping: A review and future directions. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 78, 3–18. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2015.01.012>
- Molina, P., & Molina, D. (2025). Métodos de valoración de empresas: Herramientas para tomar decisiones estratégicas. *Veritas &*

- Research, 7(2), 105–122.
<https://doi.org/10.63957/7225.105122>
- Olivares, P., & Sepúlveda, C. (2015). *Implementación de logística verde portuaria: Caso Puerto de Arica*.
<https://repositoriobibliotecas.uv.cl/serveruv/api/core/bitstreams/3c3be266-2c6d-4c91-99cd-6b700fe765de/content>
- Oliveira, A., Couto, G., & Pimentel, P. (2025). Currents of change: Social-environmental valuation of electric ships for sustainable passenger transport. *Economics of Transportation*, 42, 100413.
<https://doi.org/10.1016/j.ecotra.2025.100413>
- Organismo de Certificación Global. (2025). *Certificación ISO en el transporte*.
<https://www.nqa.com/es-mx/certification/sectors/transportation>
- Organización de las Naciones Unidas. (2024). *El Acuerdo de París | Naciones Unidas*.
<https://www.un.org/es/climatechange/paris-agreement>
- Organización Marítima Internacional [OMI]. (2018). *Aprobadas las medidas de seguimiento de la estrategia de la OMI para reducir los gases de efecto invernadero*.
<https://www.imo.org/es/MediaCentre/PressBriefings/Pages/18-MEPCGHGprogramme.aspx>
- Organización Marítima Internacional [OMI]. (2023). *2023 IMO strategy on reduction of GHG emissions from ships*.
<https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/2023-IMO-Strategy-on-Reduction-of-GHG-Emissions-from-Ships.aspx>
- Organización Marítima Internacional [OMI]. (2025). *Implantación del Convenio sobre la gestión del agua de lastre*.
<https://www.imo.org/es/MediaCentre/HotTopics/Pages/Implementing-the-BWM-Convention.aspx>
- Organización Mundial del Comercio [OMC]. (2024). *Transporte marítimo*.
https://www.wto.org/spanish/tratop_s/serv_s/transport_s/transport_maritime_s.htm
- Ouni, M., Mrad, S., & Mraïhi, R. (2025). Pathways to sustainable transportation in G-20 countries: Unveiling the role of green technology, green energy, green finance and digital economy using panel data and machine learning analyses. *Research in Transportation Business & Management*, 60, 101355.
<https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2025.101355>
- Oyarzún, E. S. (1998). Poderío marítimo. *Revista de Marina*, 2(98), 109–117.
- Ozbiltekin, M., Kazancoglu, Y., Karamperidis, S., & Ram, M. (2024). Managing the risks against carbon neutralization for green maritime transport. *Journal of Cleaner Production*, 457, 142478.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.142478>
- Park, S., Lee, H., & Kim, D. (2024). Regulatory compliance and operational efficiency in maritime transport: Strategies and insights. *Transport Policy*, 155, 161–177.
<https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2024.06.024>
- Ramírez, A., & Vacca, C. (2023). Importancia de la tendencia blockchain en la logística 4.0 del transporte marítimo internacional. *Visión Internacional (Cúcuta)*, 1–25.
- Ramos, A. (2022). *Análisis de las nuevas directrices de la OMI para la descarbonización del transporte marítimo* (Tesis de maestría, Universitat Politècnica de Catalunya).
<https://upcommons.upc.edu/entities/publication/7f1008a0-017b-47d6-b69c-b41678986e91>
- Ratzel, F. (2011). Las leyes del crecimiento espacial de los Estados: Una contribución a la geografía política científica. *Geopolítica(s)*, 2(1), 135–150.
- Rivas, M. C., & López, A. R. O. (2022). Conflictos en el transporte marítimo de mercancías: Arbitraje como método de solución. *Revista UNIDA Científica*, 6(2), 73–81.
- Salas, O. (2024). *Los retos de la sostenibilidad y descarbonización en el transporte*. Universidad de Costa Rica.
<https://www.ucr.ac.cr/noticias/2024/11/05/los-retos-de-la-sostenibilidad-y-descarbonizacion-en-el-transporte-maritimo-el-camino-lleva-hacia-un-futuro-verde.html>
- Solakivi, T., Laari, S., Kiiski, T., Töyli, J., & Ojala, L. (2019). How shipowners have adapted to sulphur regulations: Evidence from Finnish seaborne trade. *Case Studies on Transport Policy*, 7(2), 338–345.
<https://doi.org/10.1016/j.cstp.2019.03.010>
- Tilianaki, M. (2025). *La salida de Estados Unidos del Acuerdo de París amenaza los esfuerzos globales contra el cambio climático*. Human Rights Watch.
<https://www.hrw.org/es/news/2025/01/23/la-salida-de-estados-unidos-del-acuerdo-de-paris-amenaza-los-esfuerzos-globales>
- Tovar, B., & Wall, A. (2021). Economic and environmental regulation in the port sector. En

- International encyclopedia of transportation* (pp. 563–569). Elsevier.
- Troya, J. de. (2015). *Alternativa a los combustibles fósiles: Utilización de hidrógeno a bordo de buques* (Tesis doctoral). Universidade da Coruña.
- Tuğdemir Kök, G., Celik, M. S., & Koc, E. (2025). Evaluating IMO 2030 strategies for environmental sustainability in maritime transportation using ANP method. *Marine Pollution Bulletin*, 215, 117847. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2025.117847>
- Wang, Y., Ni, T., He, B., & Xu, J. (2024). Life cycle environmental impact assessment of natural gas distributed energy system. *Scientific Reports*, 14(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-024-53495-1>
- Zheng, W., Li, B., & Song, D. (2022). The optimal green strategies for competitive ocean carriers under potential regulation. *European Journal of Operational Research*, 303(2), 840–856. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2022.02.052>