

The Green Supply Chain and its Impact on Industrial Sustainability: A Systematic Literature Review 2022-2024

León Paucar Ehrlich Jarek, Industrial Engineering Student¹, Vasquez Luján Cristopher Ricardo, Industrial Engineering Student², Torres Velasquez Julio Winston, Máster in Operations and Supply Chain Management³
^{1,2,3} Universidad Tecnológica del Perú, Perú, u20232443@utp.edu.pe, u20209024@utp.edu.pe, c23976@utp.edu.pe

Abstract. - The Green Supply Chain (GSCM) is presented as a key strategy to promote the sustainability of industries. This study aims to analyze the impact of GSCM practices on industrial sustainability between 2022 and 2024, focusing on waste management, resource efficiency and environmental improvements compared to the conventional chain. Using the PRISMA 2020 methodology, 23 relevant studies were collected from the SCOPUS database under strict inclusion and exclusion criteria, integrating a qualitative and quantitative approach to ensure the reliability of the results.

The findings revealed that practices such as sustainable logistics and transportation, selection of responsible suppliers, sustainable product design and use of renewable energy have had a positive impact on sustainability. In addition, 70% of the studies highlighted a significant reduction in greenhouse gas emissions; also, 57% reported optimization in the use of resources and higher recycling and reuse rates. In addition, these practices improved economic performance by reducing long-term operating costs and fostered corporate social responsibility.

However, initial implementation may require significant investments, although economic and resource optimization benefits can be seen in the short term. It is concluded that GSCM is fundamental to achieving industrial sustainability, combining environmental, economic and social benefits. It is recommended to explore emerging technologies such as Artificial Intelligence to overcome challenges in its adoption, especially in developing economies.

Key words - green supply chain, sustainability, industries, carbon footprint, environmental impact.

La Cadena de Suministro Verde y su Impacto en la Sostenibilidad Industrial: Una Revision Sistemática de Literatura 2022-2024

León Paucar Ehrlich Jarek, Estudiante de Ingeniería Industrial¹, Vasquez Luján, Cristopher, Estudiante de Ingeniería Industrial², Torres Velasquez Julio Winston, Magister en dirección de Operaciones y Cadena de Abastecimiento³
^{1,2,3} Universidad Tecnológica del Perú, Perú, u20232443@utp.edu.pe, u20209024@utp.edu.pe, c23976@utp.edu.pe

Resumen- *La Cadena de Suministros Verde (GSCM) se presenta como una estrategia clave para promover la sostenibilidad de las industrias. Este estudio tiene como objetivo analizar el impacto de las prácticas de la GSCM en la sostenibilidad industrial entre 2022 y 2024, enfocándose en la gestión de residuos, el uso eficiente de recursos y las mejoras medio ambientales comparado con la cadena convencional. Utilizando la metodología PRISMA 2020, se recopilaron 23 estudios relevantes de la base de datos SCOPUS bajo estrictos criterios de inclusión y exclusión, integrando un enfoque cualitativo y cuantitativo para garantizar la fiabilidad de los resultados. Los hallazgos revelaron que prácticas como logística y transporte sostenible, selección de proveedores responsables, diseño de productos sostenibles y uso de energías renovables han tenido un impacto positivo en la sostenibilidad. Además, un 70% de los estudios destacó una significativa reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, también, un 57% reportó optimización en el uso de recursos y mayores tasas de reciclaje y reutilización. Además, estas prácticas mejoraron el desempeño económico mediante la reducción de costos operativos a largo plazo y fomentaron la responsabilidad social empresarial. Sin embargo, la implementación inicial puede requerir inversiones significativas, aunque los beneficios económicos y de optimización de recursos pueden verse en el corto plazo. Se concluye que la GSCM es fundamental para lograr la sostenibilidad industrial, combinando beneficios ambientales, económicos y sociales. Se recomienda explorar tecnologías emergentes como la Inteligencia Artificial para superar desafíos en su adopción, especialmente en economías en desarrollo.*

Palabras clave – *cadena de suministro verde, sostenibilidad, industrias, huella de carbono, impacto Ambiental.*

I. INTRODUCCIÓN

En 2015, la ONU estableció los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) con el objetivo de integrarlos en actividades académicas e industriales para lograrlos antes de 2030 [1]. La huella de carbono son un indicador de sostenibilidad, que mide las emisiones de gases de efecto invernadero a lo largo del ciclo de vida de productos, reducirla es clave para alcanzar los ODS antes mencionados [27]. Con el Análisis de Ciclo de Vida (ACV), las empresas pueden identificar estas emisiones y otros impactos, como la generación de residuos y el daño a la biodiversidad, permitiéndoles adoptar prácticas sostenibles, como, por ejemplo, mejorar la eficiencia energética, optimización en logística, uso eficiente del agua y ecodiseños [2].

Por otro lado, la pandemia de COVID-19 expuso las fallas de la cadena de suministros convencional, impulsando a las empresas a buscar soluciones más sostenibles [3]. Y es que, uno

de los principales retos para la sostenibilidad es la complejidad del sistema, con numerosos actores intermedios que desencadenan el colapso de la biodiversidad y los ecosistemas [4].

Además, el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) ha alertado sobre los efectos del cambio climático causados por la contaminación [5], lo que ha generado una crisis global que muchos gobiernos no pueden controlar, acercándonos a un punto crítico [9]. A pesar de ello, sigue existiendo una gran brecha entre las prácticas convencionales y las sostenibles, lo que frena el avance hacia un desarrollo responsable [10].

Por ello, se implementaron acuerdos como el Acuerdo de París, el Protocolo de Kioto y los ODS antes mencionados, enfocados principalmente en impulsar energías limpias y descarbonización para una neutralidad climática para 2050. [7], además de diversas regulaciones gubernamentales diferentes por cada país, pero con un mismo objetivo, y finalmente la comunidad consciente del daño ambiental que presionan a las empresas en implementar nuevas tecnologías para reducir su huella de carbono [8, 11].

Ante este contexto, surge la necesidad de adoptar sistemas de gestión como la Green Supply Chain Management (GSCM, por sus siglas en inglés), éste es un sistema que integra consideraciones ambientales en todas sus etapas con el objetivo de minimizar la huella de carbono [6], a diferencia de la Cadena de Suministros Convencional que solo se centra en su funcionamiento eficiente maximizando las ganancias y mejorando los niveles de servicio [17].

La implementación de una GSCM tiene un impacto positivo en la sostenibilidad ambiental y social, sin descuidar la económica, de las industrias [13]. Tomando en cuenta diversos factores como la eficiencia de costos, gestión de riesgos, eficiencia energética [18], las prácticas internas y externas, como, por ejemplo, la Compra Verde juegan un papel importante, aunque son subestimadas en muchas empresas europeas, donde alrededor del 80% de las grandes compras no se prioriza la sostenibilidad [16]. A pesar de ello, la sostenibilidad y la responsabilidad ambiental es un compromiso que las empresas están obligadas a adoptar a través de diferentes metodologías como la GSCM, continuando con la mejora económica, pero a la vez reducir el impacto ambiental [14].

Pero, no todas las industrias han logrado implementar de manera óptima la Cadena de Suministro Verde. En sectores como el petróleo y el gas, las prácticas sostenibles se enfocan más en priorizar el aspecto económico sobre el ambiental,

reduciendo las responsabilidades de las empresas en términos de sostenibilidad [12]. Esta priorización económica también se refleja en la resistencia al cambio y la falta de compromiso de muchas organizaciones, debido a que, carecen de la experiencia técnica o la infraestructura tecnológica necesaria para una transición eficaz hacia la sostenibilidad [15].

En síntesis, al ser una problemática actual y de constante innovación, se busca respaldar la poca información a través de esta Revisión Sistemática de Literatura (RSL), promoviendo la mejora continua en el cuidado del medio ambiente a través de la normalización de esta metodología ecológica y consciente del impacto ambiental que generan las industrias. [19]. Además, la creciente presión social y regulatoria ha motivado a las industrias a incorporar acciones más sostenibles en sus operaciones, así como evaluar sus impactos en la sostenibilidad ambiental. [20].

A partir de lo mencionado se plantea responder la siguiente pregunta de investigación: **¿Qué influencia tienen las prácticas de la cadena de suministro verde en la sostenibilidad de las industrias entre los años 2022-2024?**

De igual manera, se formularon las siguientes preguntas complementarias implementando la estructura de PICO (Población, intervención, comparación y resultados), las cuales son:

PC1: ¿Cuáles son las prácticas de cadena de suministro verde que han sido aplicadas en el sector industrial?

PC2: ¿Qué efectos han tenido las prácticas de cadena de suministro verde en la gestión de residuos y uso eficiente de recursos?

PC3: ¿En qué aspectos ambientales ha mejorado la sostenibilidad ecológica en el sector industrial con la implementación de la cadena de suministro verde comparación con las prácticas de la cadena de suministro?

PC4: ¿Cuáles han sido los indicadores para medir la sostenibilidad?

Por consiguiente, El objetivo general de la investigación es analizar la influencia de las prácticas de la cadena de suministro verde en la sostenibilidad de las industrias entre los años 2022-2024, evaluando su impacto en la gestión de residuos y el uso eficiente de recursos. Los objetivos específicos son identificar las prácticas de cadena de suministro verde que se han implementado en el sector industrial durante el periodo 2022-2024, evaluar los efectos de las prácticas de cadena de suministro verde en la gestión de residuos y el uso eficiente de recursos en las industrias, analizar las mejoras ambientales logradas en la sostenibilidad ecológica del sector industrial con la implementación de la cadena de suministro verde, en comparación con las prácticas de cadena de suministro tradicionales, e identificar y analizar los indicadores utilizados para medir la sostenibilidad en las cadenas de suministro verdes.

II. METODOLOGIA

Para realizar este análisis, se ha planteado desarrollar una revisión sistemática de la literatura centrado en la influencia de

las prácticas de la GSCM. El método de estudio anteriormente mencionado se caracteriza por tener una estrategia de revisión que se aplica para examinar de manera detallada una literatura existente sobre un tema relacionada a una pregunta de investigación [21]; así mismo, una revisión sistemática de la literatura tiene la finalidad de identificar, analizar y sintetizar la evidencia proveniente de estudios usando un método estructurado. [22]

La etapa de revisión se inició consultando una base de datos especializada perteneciente a un editorial holandés, SCOPUS, donde se obtuvo toda la información primaria para la realización de este. También, se buscó investigaciones realizadas entre los años 2022 y 2024, lo que proporcionó una base teórica confiable sobre las variables de estudio.

Es fundamental señalar que establecer una relación clara entre las variables del estudio ha sido un desafío. En ciertos casos, se requirió llevar a cabo búsquedas exhaustivas en diversos contextos para recopilar información relevante.

La investigación adopta un enfoque mixto siguiendo la guía de la DECLARACIÓN PRISMA 2020. Es una guía actualizada que presenta nuevos avances metodológicos para identificar, seleccionar y evaluar estudios que incluyen síntesis para una RS original, actualizada o actualizada de manera permanente[23]; además incorpora un diagrama que ilustra el proceso de selección de elementos de estudios, como también aborda preguntas de investigación que garantiza que se capture la información necesitada[24]; Además, este enfoque se refuerza con el método PRISMA al optimizar la calidad de las revisiones sistemáticas añadiendo la transparencia y credibilidad en el proceso de investigación debido a su estructura sistemática y estandarizada para mejorar la evaluación de los estudios incluidos. [25]

Además, la metodología prisma contribuye a un análisis crítico más profundo de los casos de estudio utilizados; logrando así la identificación de limitaciones inherentes y posibles sesgos de las fuentes investigadas. [26]

Durante la etapa de identificación de registros, se tomaron en cuenta las variables de estudio "Green Supply chain" Y "Sustainability". Se seleccionaron inicialmente 31, 259 estudios, los cuales fueron sometidos a un estricto filtro de parámetros de integración y descarte para asegurar la relevancia del material científico.

Finalmente, se logró reunir 23 estudios que cumplían con los criterios establecidos, tales como la presencia de las variables de estudio, palabras claves. Siendo la ecuación de búsqueda resultante: (industries OR "manufacturing companies" OR "industrial organizations" OR "manufacturers" OR "industrial firms" OR "production entities") AND ("Sustainable supply chain" OR "Eco-friendly supply chain" OR "Green logistics" OR "Sustainable value chain" OR "Sustainable sourcing") AND ("logistics chain" OR "supply network" OR "distribution system" OR "logistics process") AND (viability OR sustainability OR durability OR continuity OR durability).

TABLA I

CRITERIOS DE INCLUSION Y EXCLUSION PARA LA REVISION
SISTEMATICA DE LITERATURA

Criterios de Inclusión	
CI1	Los estudios especializados en la cadena de suministro y la implementación del aprendizaje automático
CI2	Ofrecer técnicas del aprendizaje automático para mejorar la eficiencia cadena de suministro
Criterios de Exclusión	
EC1	Estudios que se encuentran fuera de la delimitación temporal (2020-2024)
EC2	Publicaciones diferentes a la categoría “Article”
EC3	Artículos fuera de la temática “Computer science” y “engineering”, “Businnes,Management and Accounting”.
EC4	Estudios que esten escritos en idiomas diferentes a ingles

Finalmente, en el subsiguiente proceso de refinamiento, se procedió a la exclusión de 18 revisiones sistemáticas con el propósito de garantizar la originalidad de las investigaciones analizadas. Asimismo, se descartaron 53 estudios debido a su desviación temática respecto al objeto de investigación. Como resultado de este proceso de selección, el conjunto final quedó constituido por 23 artículos que cumplían cabalmente con los criterios establecidos.

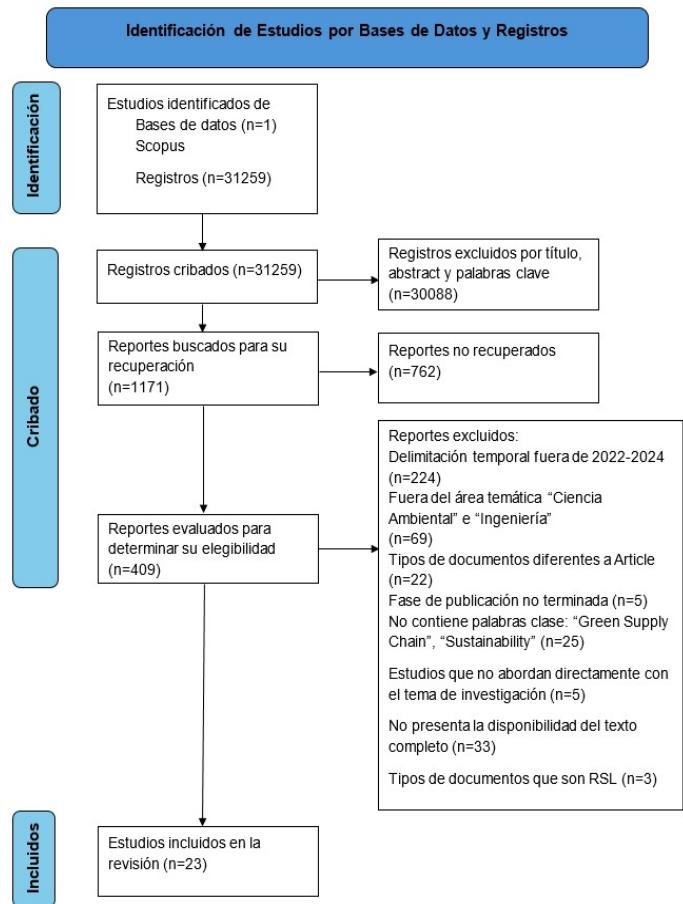


Fig. 1 PRISMA 2020 Diagrama de flujo para nuevos estudios sistemáticos que incluyeron búsquedas solo en bases de datos y registros.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Posteriormente, se expone la etapa de resultados, comenzando con un resumen de la variedad de estudios incluidos en este análisis sobre la Cadena de Suministros Verde y la Sostenibilidad durante el periodo 2022-2024, que suman un total de 23 artículos, como se observa en la tabla II.

TABLA II
INVESTIGACIONES INCORPORADAS EN LA REVISIÓN
SISTEMÁTICA A PARTIR DE LA CADENA DE SUMINISTROS VERDE
Y SU IMPACTO EN LA SOSTENIBILIDAD: UNA REVISIÓN
SISTEMÁTICA ENTRE 2022-2024

Autores	Título de Estudio
Zhou W., Wang H., Shiv V. & Chen X. (2022) [28]	A Decision Model for Free-Floating Car-Sharing Providers for Sustainable and Resilient Supply Chains
Alsaedi B., Alamri O., Jayaswal M. & Mittal M. (2023) [29]	A Sustainable Green Supply Chain Model with Carbon Emissions for Defective Items under Learning in a Fuzzy Environment
Tsai J., Shen S. & Lin M. (2023) [30]	Applying a Hybrid MCDM Model to Evaluate Green Supply Chain Management Practices

Barakat B., Milhem M., Naji G., Alzoraiki M., Muda H., Ateeq A. & Abro Z (2023) [31]	Assessing the Impact of Green Training on Sustainable Business Advantage: Exploring the Mediating Role of Green Supply Chain Practices	Albhirat M.M., Zulkiffli S.N.A., Salleh H.S. & Zaki N.A.M. (2023) [49]	The Moderating Role of Social Capital in the Relationship Between Green Supply Chain Management and Sustainable Business Performance: Evidence from Jordanian SMEs
Wei J., Yi, X.; Yang, X.; Liu, Y. (2023) [32]	Blockchain-Based Design of a Government Incentive Mechanism for Manufacturing Supply Chain Data Governance	Novitasari M. & Agustia D. (2022) [50]	The role of green supply chain management and green innovation in the effect of corporate social responsibility on firm performance O papel da gestão da cadeia de suprimentos verde e da inovação verde no efeito da responsabilidade social corporativa no
Althaqafi T. (2023) [33]	Cultivating Sustainable Supply Chain Practises in Electric Vehicle Manufacturing: A MCDM Approach to Assessing GSCM Performance		
Nureen N., Sun H., Irfan M., Nuta A.C., Malik M. (2023) [34]	Digital transformation: fresh insights to implement green supply chain management, eco-technological innovation, and collaborative capability in manufacturing sector of an emerging economy		
Mughal Y.H., Nair K.S., Arif M., Albejaidi F., Thurasamy R., Chuadhy M.A., Malik S.Y. (2023) [35]	Employees' Perceptions of Green Supply-Chain Management, Corporate Social Responsibility, and Sustainability in Organizations: Mediating Effect of Reflective Moral Attentiveness		
Castro e Silva A.D., Seleme R., de Assis Silva W., Zattar I.C., Nara E.O.B., Júnior O.C., Benitez L.B. (2022) [36]	Evaluation and Choice Criteria of Sustainable Suppliers in the Construction Industry: A Comparative Study in Brazilian Companies		
Chen A.P.S., Huang Y.-F., Do M.-H. (2022) [37]	Exploring the Challenges to Adopt Green Initiatives to Supply Chain Management for Manufacturing Industries		
Nureen N., Liu D., Ahmad B., Irfan M. (2022) [38]	Exploring the technical and behavioral dimensions of green supply chain management: a roadmap toward environmental sustainability		
AL-Khatib A.W., Shuhaimer A. (2022) [39]	Green Intellectual Capital and Green Supply Chain Performance: Does Big Data Analytics Capabilities Matter?		
Wang Y., Reivan Ortiz G.G., Dextre-Martinez W., Zhang L. (2022) [40]	Green Supply Chain Coordination During the COVID-19 Pandemic Based on Consignment Contract		
Park S.R., Kim S.T., Lee H.-H. (2022) [41]	Green Supply Chain Management Efforts of First-Tier Suppliers on Economic and Business Performances in the Electronics Industry		
Li W., Xiao X., Yang X. & Li L. (2023) [42]	How Does Digital Transformation Impact Green Supply Chain Development? An Empirical Analysis Based on the TOE Theoretical Framework		
Nazir S., Zhao Lei L., Mehmood S. & Nazir Z. (2024) [43]	Impact of Green Supply Chain Management Practices on the Environmental Performance of Manufacturing Firms Considering Institutional Pressure as a Moderator		
Jo D. & Kwon C. (2022) [44]	Structure of green supply chain management for sustainability of small and medium enterprises		
Grazyk-Kucharska M. (2023) [45]	Sustainability in the Development of Green Organizations Based on the Example of Manufacturing Companies		
Rivera L., Ortiz N., Moreno G. & Páez-Gabriunas I. (2023) [46]	The Effect of Company Ownership on the Environmental Practices in the Supply Chain: An Empirical Approach		
Cheng W., Wu Q., Ye F. & Li Q. (2022) [47]	The Impact of Government Interventions and Consumer Green Preferences on the Competition between Green and Nongreen Supply Chains		
Hejazi M.T., Al Batati B., Bahurmuz A. (2023) [48]	The Influence of Green Supply Chain Management Practices on Corporate Sustainability Performance		

3.1. Resultados Bibliométricos

Mediante la sistematización y el análisis del contenido sobre la influencia de la GSCM en la sostenibilidad, se puede evidenciar que en el 2023 se presentó la mayor producción de artículos comparado a otros años con un 52%, o sea 12 artículos. Seguido del año 2022 con un porcentaje de 43%, encontrando un total de 10 publicaciones, y, por último, está el año 2024 representando un porcentaje de 4% donde solo se encontró 1 artículo relevante, sin embargo, muchos de estos artículos del presente año fueron descartados debido a que no se encontraban accesibles. Dentro de la limitación temporal establecida, se infiere que, se estuvo dando mayor importancia a la sostenibilidad a través del estudio de la Cadena de Suministros Ecológica, ya que esta es una problemática actual que se busca reducir su impacto, además de demostrar la cadena de suministros verde es esencial para lograr la sostenibilidad, dando a entender que esta es una buena opción para solucionar o dar un paso de conciencia sobre el impacto ambiental. La actitud frente a esta situación controversial fue un tema de importante investigación, siendo en 2023 el pico más alto de esta producción de artículos, apreciando diversas prácticas de la cadena de suministros verde, tales son el caso como la selección de proveedores sostenibles [30], [44], el diseño y/o rediseño de productos sostenibles [48], el transporte sostenible [29], [33]; entre otras prácticas.

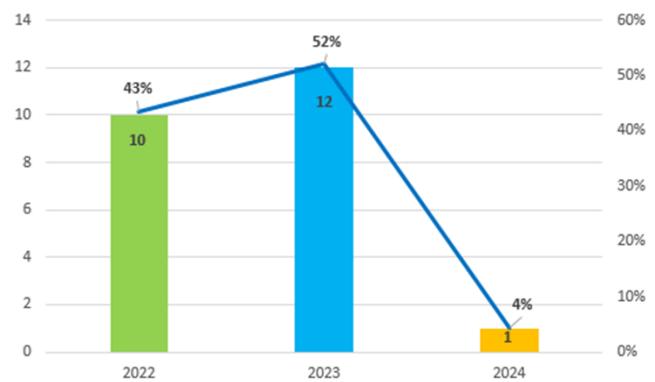


Fig. 2 Artículos según año de publicación.

La Fig. 3 se presenta mediante un gráfico de 3 campos, graficando la relación entre palabras clave, autores y países de origen; es importante destacar que la relación se orienta de

izquierda a derecha, ya que, iniciando con las palabras clave mostradas y más relevantes, se muestran los autores que las utilizaron para elaborar sus investigaciones, y en base a estos se muestran los países donde se realizaron sus publicaciones. Continuando con ello, las palabras con mayor frecuencia de uso y relevancia son Green Supply Chain con (n=12); seguido de Sustainability con una frecuencia y flujo de salida de (n=9); Corporate social responsibility (n=4); finalmente, behavioral dimensions, challenges, firm performance, economic performance, environmental performance, corporate sustainability performance, carbón emissions y certification, todos estos últimos con una frecuencia de (n=3). Entre los autores con más flujos de entrada tenemos a Irfan M. y Nureen N. con (n=6) y un flujo de salida de (n=2); también los autores Chuadhy M., Albejaidi F. y Arif M. con un fujo de entrada de (n=1) pero un flujo de salida de (n=6) según la gráfica. Entre los países con mayor freuencia tenemos a Pakistán con (n=9); India con (n=7); Arabia Saudi con (n=5); Corea con (n=4); y finalmente, China, Colombia, Brasil, Malasia, Bahrein, Indonesia, Polonia y Bangladesh con (n=3), entre otros con menor frecuencia. Con todo lo mencionado, es importante recalcar que los flujos de entrada y salida con iguales a la cantidad de frecuencias detectadas.

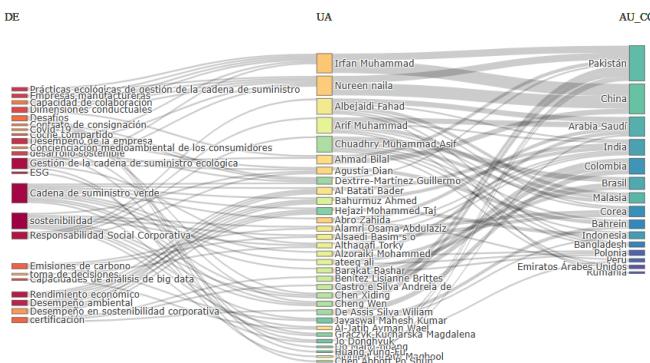


Fig. 3 Gráfico de 3 campos de los artículos.

A través de programas y análisis del contenido sobre la GSCM y la sostenibilidad, se muestra la producción de investigaciones a base de los artículos que fueron seleccionados para esta RSL, donde el país con mayores artículos empleados para el desarrollo científico fue China, seguido de países como Pakistán y Arabia Saudita. Asimismo, otros países se considera su participación en la producción de artículos como India, Malasia, Singapur, Corea del Sur, Estados Unidos, Canadá, Perú, Brasil, Ecuador, entre otros

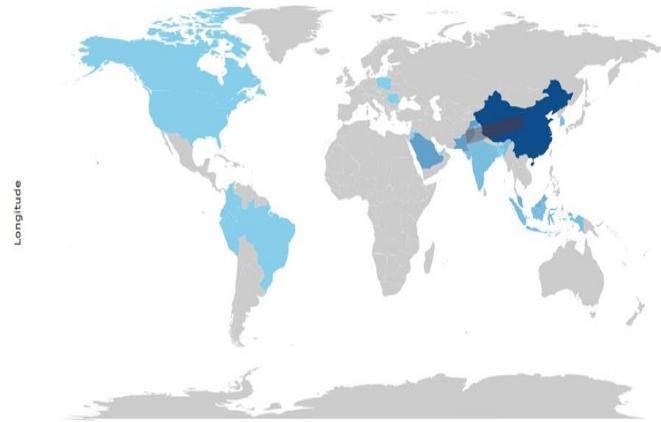


Fig. 4 Producción científica según el país de origen.

Finalmente, se cuenta con el globo de palabras claves más utilizadas en los artículos seleccionados junto con su frecuente de uso, de las cuales destacaron: supply chain management (14), sustainability (14), manufacturing (6), decisión making (4), environmental impact (3), entre otras.



Fig. 5 Globo de palabras clave

3.2. Resultados De Contenido

TABLA III
PRÁCTICAS BENEFICIOSAS DE LA CADENA DE SUMINISTROS
VERDE APLICADAS EN EL SECTOR INDUSTRIAL

VERDE APLICADAS EN EL SECTOR INDUSTRIAL	
Categoría	Descripción
Compras y selección de proveedores sostenibles	Esta práctica externa consiste en la adquisición de productos y servicios de bajo impacto ambiental de proveedores con estándares ecológicos y éticos; reduciendo costos.

	mejorando la reputación, asegurando el cumplimiento normativo y fomentando a un entorno más sostenible [29][30] [31][33][35][36][37][39][41][44][48][49].
Diseño y desarrollo de productos sostenibles	Esta práctica interna reduce el impacto ambiental mediante el diseño ecológico o rediseño con procesos de producción limpia; mejorando la eficiencia, reduciendo costos y aumentar la competitividad [29][30][31][35][36][38][41][44][48][49][50].
Colaboración ambiental en la cadena de suministros	Esta práctica consiste en trabajar con clientes y proveedores mediante cooperación interna y externa, realizar auditorías y obtener certificaciones como la ISO 14000; optimizando los recursos y fomentar la sostenibilidad en toda la cadena [29][35][36][44][47][48][49].
Logística y transporte sostenible	Esta práctica tiene partes internas como externas, incluyendo la logística inversa, transporte ecológico, optimización de rutas y distribución ecológica; dando como resultados significativamente positivos a la empresa, reducción de costos y optimización de recursos; y al medio ambiente, reducción de residuos y huella de carbono [29][31][33][34][35][37][38][41][43][48][49].
Fabricación eficiente y reducción de residuos	Esta práctica interna se enfoca en optimizar el uso de recursos para disminuir los residuos, además de promover el reciclaje y reutilización de productos y embalajes; reduciendo costos y significativamente el impacto ambiental [30][33][35][37][38][39][44][45][48][49].
Uso de energías y materiales renovables	Esta práctica, que puede ser aplicada interna como externamente, consta del uso de energía renovable y materiales orgánicos y reciclables, sobre todo en los procesos de producción; reduciendo la huella de carbono y aumentando la sostenibilidad de la empresa [30][33][35][37][41][43][45][47][48][49][50].
Marketing y precios ecológicos	Esta práctica interna implica promocionar y destacar los beneficios ambientales y su compromiso con la sostenibilidad en sus productos o servicios; mejorando la imagen de la marca y atraiendo consumidores eco-conscientes [28][43][45].
Innovación y tecnologías de sostenibilidad	Práctica interna que consta en el uso de tecnologías digitales como IoT, big data, entre otros para mejorar la trazabilidad de la cadena de suministros y monitorear el impacto ambiental; reduciendo los desperdicios de recursos y fortaleciendo la sostenibilidad en la cadena de valor [35][44][45][47][50].
Gestión verde y análisis de datos para decisiones ambientales	Esta práctica integra el conocimiento, habilidades y competencias relacionadas con la sostenibilidad que una empresa posee para con ella y el análisis de datos, tomar decisiones que reduzcan el impacto ambiental [28][31][32][33][35][36][39][40][45][47][48].

La tabla III muestra algunas de las prácticas de la GSCM entre ellas destacando la selección de proveedores sostenibles, el uso de energías renovables, el transporte sostenible y el análisis de datos para decisiones ambientales para una gestión adecuada consciente del impacto ambiental generado por las industrias y el uso de la cadena de suministros convencional [33][35][48].

Además, los estudios justifican que estas prácticas de la GSCM traen diversos beneficios, como es el mejor desempeño ambiental, económico y social; además de mejorar la imagen de la empresa y dar conciencia acerca del impacto ambiental de estas a sus colaboradores y clientes [44][48][50].

Cadena de Suministros Verde se presenta como una solución viable para mitigar el impacto ambiental, además de mejorar la reputación competitividad y rendimiento económico a largo plazo de la empresa [37].



Fig. 6 Efectos de las prácticas de la cadena de suministro verde en la gestión de residuos y uso eficiente de recursos.

Después de realizar el estudio pertinente, se identificaron varios efectos clave en la gestión de residuos y el uso eficiente de recursos, cada una con diferentes porcentajes de estudios que los respaldan.

El efecto más destacado, mencionado en el 70% de los estudios es la reducción de residuos y desechos, lo cual implica una disminución significativa en la generación de residuos[28], Además el ahorro y optimización de energía y recursos aparece en el 57% de los estudios refiriéndose a la mejora en la eficiencia del uso de energía[32], A su vez el ahorro de costos operativos es un efecto significativo presente en el 39% de los estudios, permiten que se minimice gastos y se pueda mejorar la sostenibilidad económica[50], mientras que la eficiencia operativa y mejora de rendimiento identificada e el 35% de los artículos, se traduce en procesos más efectivos[33], Finalmente el reciclaje y la reutilización de materiales mencionados en el 26% de los estudios es el efecto que menos se menciona sin embargo no es el menos importante ya que logra fomentar una producción circular.[47]



Fig. 7 Aspectos ambientales que mejoraron la sostenibilidad ecológica en el sector industrial con la implementación de la Cadena de Suministros Verde.

Por otro lado, en la fig. 3 se observan los principales aspectos ambientales que mejoraron debido a la aplicación de la Cadena de Suministros Verde en las empresas.

Donde el porcentaje más alto representado por el 70% de estudios coincidentes, indica una reducción significativa en las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), ayudando a combatir el cambio climático y cumplir con los estándares de sostenibilidad [39] [29] [33] [36] [37] [47] [45] [48] [44] [42] [43] [50] [34] [38] [46] [32].

Seguido de la Eficiencia energética y ahorro de recursos con un 57% de estudios que coinciden, refiriéndose a la implementación de procesos que consumen menos energía y la optimización de los recursos utilizados, no solo reduciendo costos, sino también consumo tanto de energía como materia [39] [29] [33] [31] [36] [37] [47] [45] [48] [42] [35] [34] [38].

Además, se presentan otros beneficios con menor porcentaje de coincidencias, pero también importantes destacar que sería la minimización de residuos con un 26% de coincidencia [33] [31] [36] [45] [48] [44]; la reducción de contaminantes generada a lo largo de la cadena con otro 26% [29] [31] [37] [47] [48] [50] [46]; y por último, el uso responsable de materiales y reducción de productos peligrosos, como químicos, con un 22% [48] [44] [50] [34] [38].

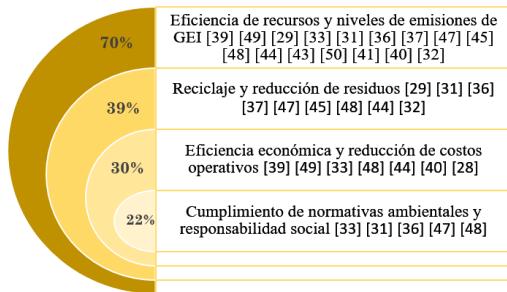


Fig. 8 Indicadores para medir la sostenibilidad

De acuerdo con el análisis realizado se ha identificado una serie de indicadores para evaluar la sostenibilidad en las prácticas industriales, estos indicadores se dividen en 4.

En primer lugar, la eficiencia de recursos y niveles de emisiones de GEI es la más destacada apareciendo en el 70% de los artículos revisados, incluye el consumo de energía, materias primas [49], en segundo lugar, el reciclaje y reducción de residuos que se mencionan en el 39% de los estudios, estos se enfocan en la gestión de residuos y la optimización de procesos[47], además con una mención en el 30% de los estudios, la eficiencia económica y reducción de costos operativos es el tercer indicador más señalado, aborda la eficiencia económica como la rentabilidad [40], mientras que el cumplimiento de normativas ambientales y responsabilidad social es el indicador menos observado, solo en el 22% de los estudios [33].

En este estudio de revisión sistemática, se destaca la influencia de diversas prácticas de la GSCM en la sostenibilidad industrial, como las compras verdes y la selección de proveedores ecológicos que contribuyen de manera positiva a lograr lo mencionado anteriormente [49], también se logró identificar que el diseño ecológico y el desarrollo de productos sostenibles requieren de una inversión alta al comenzar[50], como también la logística inversa, asimismo la reducción de costos operativos se ve reflejado a largo plazo de su aplicación[29], por el contrario , la economía colaborativa no demanda de una inversión alta al inicio, como todas las prácticas previamente mencionadas, y además permite de optimizar el uso de recursos a corto plazo.[28]

En cuanto a los efectos que tienen las prácticas de GSCM sobre el manejo de recursos, el reciclaje, la reutilización de materiales y la reducción de desechos aumenta el desempeño ambiental, social y económica de una empresa, lo que le da la oportunidad de mejorar su ventaja competitiva [44][38] Además, las prácticas de GSCM aumentan la eficiencia operativa y mejora de rendimiento al optimizar el uso de recursos permitiendo que las empresas sean más resilientes.[41][33]

Asimismo, la implementación de prácticas enfocadas en la sostenibilidad ambiental o prácticas verdes produce importantes ventajas ambientales para las empresas al disminuir el consumo energético y las emisiones de gases de efecto invernadero [46][45][34], de igual manera las estrategias de GSCM influyen de manera positiva en la gestión de recursos hídricos, logrando el uso eficiente y sostenible del agua, lo que contribuye directamente a su conservación [33][29], Asimismo, al adoptar tecnologías y procedimientos ecológicos, las empresas logran minimizar el uso de productos peligrosos en sus procesos de producción, lo que no solo reduce los riesgos asociados con su manejo, sino que también tiene un impacto positivo en la seguridad ambiental [29]

Finalmente, los gobiernos a nivel mundial han realizado importantes esfuerzos para incentivar a las empresas a producir productos ecológicos, China ha adoptado restricciones sobre las emisiones de dióxido de carbono, con el objetivo de alcanzar la

neutralidad de carbono y así lograr la sostenibilidad ambiental [40], de igual manera el desempeño económico es fundamental en la medición de la sostenibilidad, ya que una empresa requiere de estabilidad financiera para implementar prácticas ambientales efectivas [48]. Así mismo la responsabilidad social empresarial es un indicador importante de sostenibilidad, al incluir programas de capacitación ecológica que promueven prácticas sostenibles y fomentan una cultura organizacional responsable, capacitando a los empleados para proteger el medio ambiente [31].

IV. CONCLUSIONES

Esta revisión sistemática identificó las prácticas más relevantes de la GSCM aplicadas en el sector industrial entre 2022 y 2024, destacando aquellas que han mostrado un impacto significativo en la sostenibilidad, algunas de estas prácticas son la logística inversa, el diseño y desarrollo de productos ecológicos, entre otros, que han generado beneficios ambientales clave, incluyendo la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y una mayor eficiencia energética y en el uso de recursos. También en términos económicos, la implementación de estas prácticas ha contribuido al ahorro de costos operativos y al fortalecimiento de la competitividad empresarial, mientras que en el ámbito social ha mejorado la percepción de las empresas frente a los consumidores y reguladores, no obstante, se identificaron barreras importantes para la adopción de estas prácticas, donde la prioridad por objetivos económicos y la falta de infraestructura dificultan la transición hacia cadenas de suministro sostenibles. Por otro lado, los resultados obtenidos revelaron que la eficiencia energética y el reciclaje son las áreas de mayor enfoque dentro de las iniciativas sostenibles, con una menor atención en aspectos como la reducción de productos peligrosos y el uso responsable de materiales, asimismo, los indicadores más utilizados para evaluar la sostenibilidad incluyen la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y el ahorro en recursos y costos, aspectos que reflejan la evolución en la gestión ambiental dentro del sector industrial. Por ende, para futuras investigaciones, se recomienda explorar con mayor profundidad el impacto de tecnologías emergentes, como la inteligencia artificial en la mejora de prácticas de GSCM y evaluar casos específicos en economías en desarrollo una mejor transición hacia las cadenas de suministros más sostenibles.

REFERENCIAS

- Raman, R., Lathabai, H. H., & Nedungadi, P. (2024). Sustainable development goal 12 and its synergies with other SDGs: identification of key research contributions and policy insights. *Discover Sustainability*, 5(1). <https://doi.org/10.1007/s43621-024-00289-0>
- Marrucci, L., Daddi, T., & Iraldo, F. (2024). Identifying the most sustainable beer packaging through a Life Cycle Assessment. *The Science of the Total Environment*, 948, 174941. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.174941>
- Kholailf, M. M. N. H. K., Gu, W., Tang, X., & Salama, W. H. (2024). Post-emergencies opportunities for green supply chain management and urban supply chains' robustness; the moderating influence of blockchains as a sustainable urban resources management technique. *Journal of Cleaner Production*, 143646. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.143646>
- Cui, Y., Diarrassouba, I., Joncour, C., & Loyal, S. M. (2024). Optimization and analysis of the impact of food hub location on GHG emissions in a short food supply chain. *Sustainability*, 16(17), 7781. <https://doi.org/10.3390/su16177781>
- Rasheed, R., Rashid, A., Amirah, N. A., & Hashmi, R. (2024). Integrating environmental and entrepreneurship advocacy into enviropreneurship through green supply chain management, waste management, and green innovation: A study on SMEs of US. *Cleaner Engineering and Technology*, 21, 100768. <https://doi.org/10.1016/j.clet.2024.100768>
- Iddik, S. (2024). The role of cultural factors in green supply chain management practices: a conceptual framework and an empirical investigation. *RAUSP Management Journal*. <https://doi.org/10.1108/rausp-07-2023-0118>
- Freihat, L., Al-Qaaida, M., Huneiti, Z., & Abbod, M. (2024). Green Human Resource Management/Supply Chain Management/Regulation and Legislation and their Effects on sustainable development goals in Jordan. *Sustainability*, 16(7), 2769. <https://doi.org/10.3390/su16072769>
- Nazir, S., Zhaolei, L., Mehmood, S., & Nazir, Z. (2024). Impact of green supply chain management practices on the environmental performance of manufacturing firms considering institutional pressure as a moderator. *Sustainability*, 16(6), 2278. <https://doi.org/10.3390/su16062278>
- Zahran, S. (2024). Investigating the Nexus between Green Supply Chain Practices and Sustainable Waste Management in Advancing Circular Economy. *Sustainability*, 16(9), 3566. <https://doi.org/10.3390/su16093566>
- Ali, S. R., Masud, A. A., Hossain, M. A., Islam, K. Z., & Alam, S. S. (2024). Weaving a greener future: The impact of green human resources management and green supply chain management on sustainable performance in Bangladesh's textile industry. *Cleaner Logistics and Supply Chain*, 10, 100143. <https://doi.org/10.1016/j.clsen.2024.100143>
- Wang, R., Lou, Z., & Lou, X. (2024). Manufacturer's channel strategy and demand information sharing in a Retailer-Led green supply chain. *Sustainability*, 16(14), 6207. <https://doi.org/10.3390/su16146207>
- Hasan, J., Thomas, A., & Tomos, O. (2024). Sustainable supply chain practices in the oil and gas industry: a case study. *Sustainability*, 16(5), 1720. <https://doi.org/10.3390/su16051720>
- Yupat, M., & Rojhiruttikul, N. (2024). Influences of pressure and green supply chain management on sustainable performance of green manufacturing industry in Thailand. *Revista De Gestão Social E Ambiental*, 18(2), e04973. <https://doi.org/10.24857/rgsa.v18n2-091>
- Tsai, J., Shen, S., & Lin, M. (2023). Applying a hybrid MCDM model to evaluate green supply chain management practices. *Sustainability*, 15(3), 2148. <https://doi.org/10.3390/su15032148>
- Alcaraz, J. L. G., Reza, J. R. D., Soto, K. C. A., Escobedo, G. H., Happonen, A., Vidal, R. P. I., & Macías, E. J. (2022). Effect of green supply chain management practices on environmental performance: case of Mexican manufacturing companies. *Mathematics*, 10(11), 1877. <https://doi.org/10.3390/math10111877>
- Bodendorf, F., Dimitrov, G., & Franke, J. (2022). Analyzing and evaluating supplier carbon footprints in supply networks. *Journal of Cleaner Production*, 372, 133601. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133601>
- Žic, J., Žic, S., Đukić, G., & Dabić-Miletić, S. (2024). Exploring Green Inventory Management through Periodic Review Inventory Systems—A Comprehensive Literature Review and Directions for Future Research. *Sustainability*, 16(13), 5544. <https://doi.org/10.3390/su16135544>
- Abbasi, S., Abbaspour, S., Siahkoohi, M. E. N., Sorkhi, M. Y., & Ghasemi, P. (2024). Supply chain network design concerning economy and environmental sustainability: Crisis perspective. *Results in Engineering*, 22, 102291. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.102291>
- Montejano, G. A., Testa, O., García, P., & Bast, S. G. (2011). *Definición de servicios en RSL para una infraestructura de servicios web de sistemas de información geográfica*. <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/20058>
- Nubia-Arias, B. (2016). El consumo responsable: educar para la sostenibilidad ambiental. *Aibi Revista De Investigación Administración E Ingeniería*, 4(1), 29–34. <https://doi.org/10.15649/2346030x.385>
- Millot, C., Quantin-Nataf, C., Leyrat, C., & Enjolras, M. (2020). Local topography effects on the surface temperatures on Mars – Application to the case of Recurring Slope Lineae (RSL). *Icarus*, 355, 114136. <https://doi.org/10.1016/j.icarus.2020.114136>

- [22] Carrizo, D., & Moller, C. (2018). Estructuras metodológicas de revisiones sistemáticas de literatura en Ingeniería de Software: un estudio de mapeo sistemático. *Ingeniare. Revista Chilena De Ingeniería*, 26, 45–54. <https://doi.org/10.4067/s0718-33052018000500045>
- [23] Ciapponi, A. (2021). La declaración PRISMA 2020: una guía actualizada para reportar revisiones sistemáticas. *Evidencia Actualización En La Práctica Ambulatoria*, 24(3), e002139. <https://doi.org/10.51987/evidencia.v24i4.6960>
- [24] Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., . . . Alonso-Fernández, S. (2021). Declaración PRISMA 2020: una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas. *Revista Española De Cardiología*, 74(9), 790–799. <https://doi.org/10.1016/j.recesp.2021.06.016>
- [25] Serrano, S. S., Navarro, I. P., & González, M. D. (2022). ¿Cómo hacer una revisión sistemática siguiendo el protocolo PRISMA?: Usos y estrategias fundamentales para su aplicación en el ámbito educativo a través de un caso práctico. *Dialnet*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8583045>
- [26] C, J. M., & Cartes-Velásquez, R. (2015). PAUTAS DE CHEQUEO, PARTE II: QUOROM y PRISMA. *Revista Chilena De Cirugía*, 67(3), 325–330. <https://doi.org/10.4067/s0718-40262015000300015>
- [27] Wang, S., Han, S., Qu, Z., Wu, L., Yu, J., Lou, Y., Yu, H., Shentu, H., Huang, S., & Wei, J. (2023). Greenhouse Gas Emissions Evaluations of Wastewater Treatment Plant—A Case Study of Jiaxing, China. In *Lecture notes in civil engineering* (pp. 73–81). <https://doi.org/10.1007/978-99-3737-0-8>
- [28] Zhou, H., Wang, V., Shi, and X. Chen, “A decision model for Free-Floating Car-Sharing providers for sustainable and resilient supply chains,” *Sustainability*, vol. 14, no. 13, p. 8159, Jul. 2022, doi: 10.3390/su14138159.
- [29] B. S. O. Alsaedi, O. A. Alamri, M. K. Jayaswal, and M. Mittal, “A Sustainable Green Supply Chain Model with Carbon Emissions for Defective Items under Learning in a Fuzzy Environment,” *Mathematics*, vol. 11, no. 2, p. 301, Jan. 2023, doi: 10.3390/math11020301.
- [30] J.-F. Tsai, S.-P. Shen, and M.-H. Lin, “Applying a hybrid MCDM model to evaluate green supply chain management practices,” *Sustainability*, vol. 15, no. 3, p. 2148, Jan. 2023, doi: 10.3390/su15032148.
- [31] B. Barakat *et al.*, “Assessing the impact of green training on sustainable business advantage: Exploring the mediating role of green supply chain practices,” *Sustainability*, vol. 15, no. 19, p. 14144, Sep. 2023, doi: 10.3390/su15191444.
- [32] J. Wei, X. Yi, X. Yang, and Y. Liu, “Blockchain-Based design of a government incentive mechanism for manufacturing supply chain data governance,” *Sustainability*, vol. 15, no. 8, p. 6968, Apr. 2023, doi: 10.3390/su15086968.
- [33] T. Althaqafi, “Cultivating sustainable supply chain practises in Electric Vehicle Manufacturing: A MCDM approach to assessing GSCM performance,” *World Electric Vehicle Journal*, vol. 14, no. 10, p. 290, Oct. 2023, doi: 10.3390/wevj14100290.
- [34] N. Nureen, H. Sun, M. Irfan, A. C. Nuta, and M. Malik, “Digital transformation: fresh insights to implement green supply chain management, eco-technological innovation, and collaborative capability in manufacturing sector of an emerging economy,” *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 30, no. 32, pp. 78168–78181, Jun. 2023, doi: 10.1007/s11356-023-27796-3.
- [35] Y. H. Mughal *et al.*, “Employees’ perceptions of green Supply-Chain management, corporate social responsibility, and sustainability in organizations: mediating effect of reflective moral attentiveness,” *Sustainability*, vol. 15, no. 13, p. 10528, Jul. 2023, doi: 10.3390/su151310528.
- [36] A. De Castro E Silva *et al.*, “Evaluation and choice criteria of sustainable suppliers in the construction industry: a comparative study in Brazilian companies,” *Sustainability*, vol. 14, no. 23, p. 15711, Nov. 2022, doi: 10.3390/su142315711.
- [37] A. P. S. Chen, Y.-F. Huang, and M.-H. Do, “Exploring the challenges to adopt green initiatives to supply chain management for manufacturing industries,” *Sustainability*, vol. 14, no. 20, p. 13516, Oct. 2022, doi: 10.3390/su142013516.
- [38] N. Nureen, D. Liu, B. Ahmad, and M. Irfan, “Exploring the technical and behavioral dimensions of green supply chain management: a roadmap toward environmental sustainability,” *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 29, no. 42, pp. 63444–63457, Apr. 2022, doi: 10.1007/s11356-022-20352-5.
- [39] A. W. Al-Khatib and A. Shuhaimi, “Green intellectual capital and green supply chain performance: Does big data analytics capabilities matter?,” *Sustainability*, vol. 14, no. 16, p. 10054, Aug. 2022, doi: 10.3390/su141610054.
- [40] A. W. Al-Khatib and A. Shuhaimi, “Green intellectual capital and green supply chain performance: Does big data analytics capabilities matter?,” *Sustainability*, vol. 14, no. 16, p. 10054, Aug. 2022, doi: 10.3390/su141610054.
- [41] S. R. Park, S. T. Kim, and H.-H. Lee, “Green supply chain management efforts of First-Tier suppliers on economic and business performances in the electronics industry,” *Sustainability*, vol. 14, no. 3, p. 1836, Feb. 2022, doi: 10.3390/su14031836.
- [42] W. Li, X. Xiao, X. Yang, and L. Li, “How does digital transformation impact green supply chain development? An empirical analysis based on the TOE theoretical framework,” *Systems*, vol. 11, no. 8, p. 416, Aug. 2023, doi: 10.3390/systems11080416.
- [43] S. Nazir, L. Zhaoe, S. Mahmood, and Z. Nazir, “Impact of green supply chain management practices on the environmental performance of manufacturing firms considering institutional pressure as a moderator,” *Sustainability*, vol. 16, no. 6, p. 2278, Mar. 2024, doi: 10.3390/su16062278.
- [44] D. Jo and C. Kwon, “Structure of green supply chain management for sustainability of small and medium enterprises,” *Sustainability*, vol. 14, no. 1, p. 50, Dec. 2021, doi: 10.3390/su14010050.
- [45] M. Graczyk-Kucharska, “Sustainability in the development of green organizations based on the example of manufacturing companies,” *Sustainability*, vol. 15, no. 20, p. 14705, Oct. 2023, doi: 10.3390/su152014705.
- [46] L. Rivera, N. Ortiz, G. Moreno, and I. Páez-Gabriunas, “The effect of company ownership on the environmental practices in the supply chain: An Empirical approach,” *Sustainability*, vol. 15, no. 16, p. 12450, Aug. 2023, doi: 10.3390/su151612450.
- [47] W. Cheng, Q. Wu, F. Ye, and Q. Li, “The Impact of Government Interventions and Consumer Green Preferences on the Competition between Green and Nongreen Supply Chains,” *Sustainability*, vol. 14, no. 10, p. 5893, May 2022, doi: 10.3390/su14105893.
- [48] M. T. Hejazi, B. A. Batati, and A. Bahurmuz, “The influence of green supply chain management practices on corporate sustainability performance,” *Sustainability*, vol. 15, no. 6, p. 5459, Mar. 2023, doi: 10.3390/su15065459.
- [49] M. Albhirat, S. N. ‘Atikah Zulkifli, H. S. Salleh, and N. A. M. Zaki, “The Moderating Role of Social Capital in the Relationship Between Green Supply Chain Management and Sustainable Business Performance: Evidence from Jordanian SMEs,” *International Journal of Sustainable Development and Planning*, vol. 18, no. 6, pp. 1733–1747, Jun. 2023, doi: 10.18280/ijspd.180609.
- [50] M. Novitasari and D. Agustia, “The role of green supply chain management and green innovation in the effect of corporate social responsibility on firm performance,” *Gestão & Produção*, vol. 29, Jan. 2022, doi: 10.1590/1806-9649-2022v29e117.