

Sustainable Management Techniques in the Manufacturing Sector Supply Chain: Impacts on Operational Efficiency from a Systematic Review (2020–2025)

Eduardo Erick Churata Ramirez¹; Miguel Ernesto Pacheco Casimiro²; Edgar Coaquira Torres³
^{1,2,3}Universidad Tecnológica del Perú, Perú, U18204166@utp.edu.pe, U20243891@utp.edu.pe, C26817@utp.edu.pe

Abstract– Growing environmental and regulatory pressure has led manufacturing companies to incorporate sustainability approaches into their supply chain management, with the aim of reducing environmental impacts and improving their operational performance. In this context, the present systematic review of the literature aimed to identify and analyze the main sustainable management techniques applied in the manufacturing sector's supply chain, as well as to evaluate the reported effects on operational efficiency. To this end, a systematic review was developed following the PRISMA guidelines, using the Scopus database as the main source of scientific information. The initial search identified 429 articles published between 2020 and 2025; subsequently, by applying previously established inclusion and exclusion criteria, 26 studies were selected for qualitative analysis. The review was structured using the PIOC approach, considering the issues addressed, the interventions applied, the results obtained, and the implementation context.

Analysis of the selected studies showed that the sustainable management techniques most commonly used in the manufacturing sector are circular economy, green supplier management, reverse logistics, clean technologies, and life cycle analysis. The application of these techniques was associated with significant improvements in efficiency indicators, such as reduced energy consumption, decreased carbon dioxide emissions, optimized use of materials, increased recyclability, and reduced operating and logistics costs. In addition, various types of sustainable supply chains were identified, adapted to the specific characteristics and needs of manufacturing companies.

In conclusion, the evidence analyzed suggests that the integration of sustainable management techniques into the supply chain contributes positively to the operational efficiency of the manufacturing sector. This review provides a structured synthesis of approaches and results that can serve as support for business decision-making and as a basis for future research aimed at furthering the implementation of these techniques, especially in developing economies.

Keywords– Sustainable supply chain management, circular economy, operational efficiency, reverse logistics, manufacturing sector.

Técnicas de Gestión Sostenible en la Cadena de Suministro del Sector Manufacturero: Impactos en la Eficiencia Operativa desde una Revisión Sistemática (2020–2025)

Eduardo Erick Churata Ramirez¹; Miguel Ernesto Pacheco Casimiro²; Edgar Coaquira Torres³
^{1,2,3}Universidad Tecnológica del Perú, Perú, U18204166@utp.edu.pe, U20243891@utp.edu.pe, C26817@utp.edu.pe

Resumen– La creciente presión ambiental y regulatoria ha llevado a las empresas manufactureras a incorporar enfoques de sostenibilidad en la gestión de sus cadenas de suministro, con el propósito de reducir impactos ambientales y mejorar su desempeño operativo. En este contexto, la presente revisión sistemática de la literatura tuvo como objetivo identificar y analizar las principales técnicas de gestión sostenible aplicadas en la cadena de suministro del sector manufacturero, así como evaluar los efectos reportados sobre la eficiencia operativa. Para ello, se desarrolló una revisión sistemática siguiendo los lineamientos PRISMA, utilizando la base de datos Scopus como fuente principal de información científica. La búsqueda inicial permitió identificar 429 artículos publicados entre los años 2020 y 2025; posteriormente, mediante la aplicación de criterios de inclusión y exclusión previamente establecidos, se seleccionaron 26 estudios para su análisis cualitativo. La estructuración de la revisión se apoyó en el enfoque PIOC, considerando la problemática abordada, las intervenciones aplicadas, los resultados obtenidos y el contexto de implementación.

El análisis de los estudios seleccionados evidenció que las técnicas de gestión sostenible más empleadas en el sector manufacturero corresponden a la economía circular, la gestión verde de proveedores, la logística inversa, las tecnologías limpias y el análisis de ciclo de vida. La aplicación de estas técnicas se asoció con mejoras relevantes en indicadores de eficiencia, tales como la reducción del consumo energético, la disminución de emisiones de dióxido de carbono, la optimización del uso de materiales, el incremento del índice de reciclabilidad y la reducción de costos operativos y logísticos. Asimismo, se identificaron diversos tipos de cadenas de suministro sostenibles, adaptadas a las características y necesidades específicas de las empresas manufactureras.

En conclusión, la evidencia analizada sugiere que la integración de técnicas de gestión sostenible en la cadena de suministro contribuye de manera positiva a la eficiencia operativa del sector manufacturero. Esta revisión proporciona una síntesis estructurada de enfoques y resultados que puede servir como apoyo para la toma de decisiones empresariales y como base para futuras investigaciones orientadas a profundizar en la implementación de estas técnicas, especialmente en contextos de economías en desarrollo.

Palabras clave– Gestión sostenible de la cadena de suministro, economía circular, eficiencia operativa, logística inversa, sector manufacturero.

I. INTRODUCCIÓN

La gestión sostenible de la cadena de suministro se ha consolidado como un enfoque estratégico fundamental para las empresas manufactureras, en respuesta a la creciente presión ambiental, social y regulatoria a nivel global. La cadena de

suministro integra procesos clave como el aprovisionamiento, la producción, la distribución y la gestión del final de vida de los productos, los cuales generan impactos significativos en el consumo de recursos naturales y en las emisiones contaminantes [1], [2]. En este contexto, conceptos como la economía circular, la logística inversa y la gestión verde de proveedores han sido ampliamente estudiados como mecanismos para reducir dichos impactos y mejorar el desempeño ambiental y operativo de las organizaciones [3]. Diversos estudios sostienen que la adopción de prácticas sostenibles en la cadena de suministro no solo contribuye a la mitigación de impactos ambientales, sino que también puede generar beneficios económicos y competitivos en el sector manufacturero [4].

A pesar del creciente número de investigaciones sobre gestión sostenible de la cadena de suministro, la literatura existente presenta una alta fragmentación en cuanto a enfoques, técnicas aplicadas e indicadores de desempeño utilizados, lo que dificulta la obtención de una visión integral del estado del conocimiento [5]. Si bien numerosos estudios han analizado de manera aislada prácticas específicas como la economía circular o la logística inversa, se ha prestado menor atención a la sistematización conjunta de estas técnicas y a la evaluación comparativa de sus impactos sobre la eficiencia operativa del sector manufacturero [6]. Asimismo, persisten discrepancias en los resultados reportados y vacíos de conocimiento relacionados con los tipos de cadenas de suministro sostenibles y su adecuación a distintos contextos productivos, especialmente en economías en desarrollo, lo que evidencia la necesidad de una revisión sistemática que consolide la evidencia disponible [7].

Ante este escenario, resulta necesario desarrollar una revisión sistemática de la literatura que permita integrar, organizar y analizar críticamente la evidencia científica existente sobre las técnicas de gestión sostenible aplicadas en la cadena de suministro del sector manufacturero. La realización de esta revisión se justifica por la necesidad de ofrecer a investigadores, gestores y responsables de la toma de decisiones una visión estructurada que facilite la comprensión de las prácticas más utilizadas y de sus efectos sobre la eficiencia operativa [8]. Los resultados de esta revisión pueden servir como base para el diseño de estrategias empresariales orientadas a la sostenibilidad, así como para identificar oportunidades de investigación futura que contribuyan al

desarrollo de cadenas de suministro más eficientes y responsables desde el punto de vista ambiental y económico [9].

En este contexto, el objetivo de la presente revisión sistemática de la literatura es identificar y analizar las principales técnicas de gestión sostenible aplicadas en la cadena de suministro del sector manufacturero, así como examinar los impactos reportados de dichas técnicas sobre la eficiencia operativa, a partir de estudios científicos publicados entre los años 2020 y 2025.

El resto del documento se organiza de la siguiente manera: en la Sección II se describe la metodología, detallando el protocolo de revisión sistemática, los criterios de búsqueda y selección de estudios, y el proceso de análisis empleado. La Sección III presenta los resultados, donde se sintetizan las técnicas de gestión sostenible identificadas y los indicadores de eficiencia asociados. En la Sección IV se desarrolla la discusión, analizando los hallazgos a la luz de la literatura existente y destacando sus implicancias para el sector manufacturero. Finalmente, la Sección V expone las conclusiones, limitaciones del estudio y líneas de investigación futura, seguidas por la sección de referencias.

II. METODOLOGÍA

La presente investigación se desarrolló bajo el enfoque de revisión sistemática de la literatura (RSL), método ampliamente utilizado para identificar, evaluar y sintetizar de manera rigurosa la evidencia científica existente sobre un tema específico [10]. Este enfoque permite reducir sesgos, garantizar la reproducibilidad del estudio y ofrecer una visión estructurada del estado del arte en un área determinada [11]. Para asegurar la transparencia y consistencia del proceso, la revisión se llevó a cabo siguiendo los lineamientos establecidos por la metodología PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), la cual ha sido adoptada de forma extendida en estudios de ingeniería y gestión [12].

A. Planteamiento de las componentes PIOC y preguntas de investigación

El marco PIOC (Problem, Intervention, Outcome, Context) se empleó para estructurar sistemáticamente la revisión de literatura, asegurando coherencia entre los objetivos del estudio, las preguntas de investigación y la estrategia de búsqueda. Este enfoque delimitó el alcance de la revisión y facilitó la identificación de estudios relevantes sobre la gestión sostenible de la cadena de suministro en el sector manufacturero.

La Tabla I sintetiza las componentes PIOC, con su descripción conceptual y las palabras clave asociadas. Estas palabras clave se seleccionaron a partir de términos recurrentes en la literatura indexada en Scopus, con el fin de optimizar la recuperación de estudios pertinentes y reducir sesgos en la búsqueda.

Problem (P): Necesidad de una visión integrada de las técnicas de gestión sostenible en la cadena de suministro y de la evidencia sobre sus impactos en la eficiencia operativa.

RQ1. ¿Qué problemáticas y vacíos de conocimiento se han identificado en la literatura respecto a la gestión sostenible de la cadena de suministro en el sector manufacturero?

Intervention (I): Identificación de técnicas y prácticas como economía circular, logística inversa, gestión verde de proveedores, tecnologías limpias y análisis de ciclo de vida.

RQ2. ¿Qué técnicas de gestión sostenible se han aplicado en la cadena de suministro del sector manufacturero según la literatura científica?

Outcome (O): Análisis de impactos reportados en indicadores de eficiencia operativa, ambiental y económica.

RQ3. ¿Qué impactos se han reportado en los indicadores de eficiencia operativa como resultado de la aplicación de técnicas de gestión sostenible en la cadena de suministro?

Context (C): Empresas del sector manufacturero, diversos tipos de cadenas de suministro y contextos productivos.

RQ4. ¿En qué contextos manufactureros y tipos de cadenas de suministro se han aplicado las técnicas de gestión sostenible identificadas?

Las componentes PIOC, junto con las preguntas de investigación y las palabras clave de la Tabla I, orientaron la construcción de la ecuación de búsqueda, garantizando la trazabilidad y reproducibilidad de la revisión sistemática.

TABLA I COMPONENTES PIOC Y PALABRAS CLAVE ASOCIADAS		
Componente	Descripción	Palabras clave asociadas
(P) Problem	Necesidad de una visión sistematizada sobre las técnicas de gestión sostenible aplicadas en la cadena de suministro y la falta de evidencia integrada sobre sus impactos en la eficiencia operativa del sector manufacturero.	“sustainable supply chain”, “green supply chain sustainability”, “sustainable operations”
(I) Intervention	Implementación de técnicas y prácticas de gestión sostenible en la cadena de suministro, tales como economía circular, logística inversa, gestión verde de proveedores, tecnologías limpias y análisis de ciclo de vida.	“circular economy”, “reverse logistics”, “green procurement”, “clean technologies”, “life cycle assessment”
(O) Outcome	Impactos reportados de las técnicas de gestión sostenible sobre indicadores de eficiencia operativa, ambiental y económica en empresas manufactureras.	“operational efficiency”, “energy efficiency”, “cost reduction”, “carbon emissions”, “resource efficiency”
(C) Context	Aplicación de técnicas de gestión sostenible en empresas del sector manufacturero, considerando distintos tipos de cadenas de suministro y contextos productivos.	“manufacturing sector”, “manufacturing industry”, “industrial production systems”

B. Estrategia de búsqueda

La búsqueda bibliográfica se realizó utilizando la base de datos Scopus, seleccionada por su amplia cobertura de revistas científicas indexadas y su relevancia en las áreas de ingeniería, gestión y sostenibilidad [13]. La estrategia de búsqueda se estructuró empleando combinaciones de palabras clave relacionadas con la gestión sostenible de la cadena de suministro, la eficiencia operativa y el sector manufacturero. En particular, a partir de las palabras clave asociadas a cada una de las componentes PIOC, sintetizadas en la Tabla I, se construyó la ecuación de búsqueda haciendo uso de operadores booleanos (“AND”, “OR”), con el objetivo de maximizar la recuperación de estudios relevantes y garantizar la coherencia con las preguntas de investigación planteadas. Asimismo, la búsqueda se limitó a artículos publicados entre los años 2020 y 2025, con el fin de asegurar la actualidad de la evidencia analizada.

Con base en este procedimiento, la ecuación de búsqueda se formuló combinando términos clave vinculados a la sostenibilidad de la cadena de suministro, las técnicas de gestión sostenible, los resultados asociados a la eficiencia operativa y el contexto del sector manufacturero. De manera general, la ecuación de búsqueda empleada fue aplicada en los campos TITLE-ABS-KEY de Scopus y se estructuró de la siguiente forma:

("sustainable supply chain" OR "green supply chain" OR "environmental supply chain") AND ("circularity model" OR "circular economy model" OR "circular business model") AND ("carbon footprint" OR "carbon emission" OR "Greenhouse Gases emission") AND ("reverse logistics" OR "closed-loop supply chain" OR "product recovery")

C. Criterios de inclusión y exclusión

La selección de los estudios se llevó a cabo mediante la aplicación de criterios de inclusión y exclusión previamente definidos, con el propósito de garantizar la pertinencia y calidad de la evidencia analizada. Se incluyeron artículos científicos revisados por pares que abordaran la aplicación de técnicas de gestión sostenible en la cadena de suministro del sector manufacturero y que reportaran resultados asociados a indicadores de eficiencia operativa. Asimismo, se consideraron únicamente estudios publicados en idioma inglés y español. Por el contrario, se excluyeron documentos tales como editoriales, capítulos de libro, actas de congresos sin revisión por pares, estudios duplicados y aquellos que no presentaran información empírica o análisis relevante en relación con los objetivos de la revisión.

Este procedimiento permitió depurar de manera sistemática el conjunto inicial de estudios identificados, asegurando la calidad metodológica y la relevancia temática de los trabajos finalmente seleccionados [14]. Los criterios de inclusión y exclusión aplicados en esta etapa se sintetizan y describen en la Tabla II, la cual proporciona transparencia y trazabilidad al proceso de selección de la literatura.

TABLA II
CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN

CRITERIO	DETALLE
C11	Investigaciones dentro del límite temporal de 2020 a 2025
C12	Se consideran solo estudios catalogados como “artículos”
C13	Las investigaciones abordan específicamente el tema de las cadenas de suministro
C14	Presentan técnicas de gestión sostenibles
C15	Los artículos tienen acceso libre
CE1	Las investigaciones no están dentro del límite temporal (2020-2025)
CE2	Revisiones narrativas, tesis, capítulos de libro, conferencias, editoriales o estudios sin revisión por pares.
CE3	Estudios que no abordan el tema de las cadenas de suministros como variable principal
CE4	Los estudios no presentan técnicas de gestión sostenibles

D. Proceso de selección de estudios

El proceso de selección de los estudios se desarrolló de manera sistemática y estructurada siguiendo las directrices del diagrama de flujo PRISMA, con el objetivo de garantizar la transparencia y reproducibilidad de la revisión. Para finalizar la etapa de cribado, los estudios potencialmente elegibles fueron evaluados mediante la aplicación de los criterios de exclusión 3, 4 y 5, con el fin de asegurar que la evidencia seleccionada fuera pertinente y capaz de responder a una o más de las preguntas de investigación planteadas. El procedimiento completo de selección de la literatura se resume en el diagrama de flujo PRISMA (Fig. 1), donde se presenta de forma secuencial cada una de las etapas del proceso.

En la fase de identificación, se recuperaron 429 registros a partir de la búsqueda inicial realizada en la base de datos Scopus. Dado que la consulta se efectuó en una única base de datos, no se identificaron registros duplicados. Posteriormente, se aplicaron criterios de filtrado iniciales; en primer lugar, se excluyeron 27 estudios por encontrarse fuera del rango temporal establecido (2020–2025) y, en segundo lugar, se descartaron 136 publicaciones por no corresponder al tipo de documento requerido, limitándose la selección a artículos científicos revisados por pares. Como resultado, se obtuvo un conjunto de 266 estudios, los cuales fueron sometidos a una revisión de títulos y resúmenes para evaluar su pertinencia temática.

En la fase de elegibilidad, se realizó la evaluación del texto completo de los artículos potencialmente relevantes, aplicando criterios predefinidos relacionados con el enfoque del estudio y su alineación con las técnicas de gestión sostenible de la cadena de suministro en empresas manufactureras. En esta etapa, se excluyeron 240 artículos por no abordar de manera específica el tema de investigación. Finalmente, tras completar este proceso sistemático de selección, se incluyeron 26 estudios que cumplieron

íntegramente con los criterios establecidos, los cuales fueron considerados para el análisis cualitativo de la presente revisión. Este procedimiento permitió asegurar un proceso de selección riguroso, sistemático y transparente, conforme a las recomendaciones del enfoque PRISMA [12].

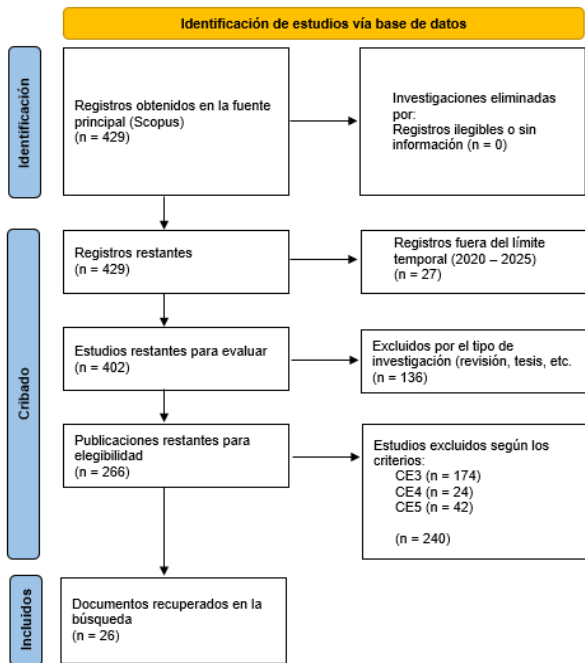


Fig. 1. Diagrama de Flujo PRISMA

La exclusión de la mayor parte de los artículos identificados se debió principalmente a la falta de alineación temática con el objetivo de la presente revisión. Si bien algunos estudios abordaban inicialmente aspectos relacionados con técnicas de gestión o con la cadena de suministro sostenible, su desarrollo posterior se alejaba de dichos enfoques, situación que se evidenció con mayor claridad en los resultados reportados en cada investigación. Este análisis permitió depurar el conjunto de estudios potencialmente relevantes, garantizando la coherencia temática del corpus final seleccionado.

Los 26 artículos finalmente incluidos para el desarrollo de la revisión sistemática de la literatura constituyen el cuerpo de análisis del presente estudio. Estos trabajos recogen información relevante relacionada con tres o más de los elementos clave definidos, tales como técnicas de gestión sostenible, cadena de suministro sostenible, impacto ambiental y enfoque en empresas del sector manufacturero. A partir de este conjunto de estudios seleccionados, en la siguiente sección se presentan y analizan los resultados de la revisión sistemática, organizados en función de las técnicas identificadas y de los principales impactos reportados en la literatura.

III. RESULTADOS

En esta sección, se muestran los resultados obtenidos de la RLS realizada en base a los veintiséis artículos académicos

que abordan las técnicas de gestión sostenibles aplicadas en la cadena de suministros del sector manufacturero. Mediante tablas y figuras de tipos de datos cualitativos y cuantitativos se da respuesta a las interrogantes planteadas.

RQ1. ¿Qué problemáticas y vacíos de conocimiento se han identificado en la literatura respecto a la gestión sostenible de la cadena de suministro en el sector manufacturero?

La literatura sobre gestión sostenible de la cadena de suministro en el sector manufacturero evidencia una alta diversidad de enfoques y modelos, lo que, si bien refleja la evolución del campo, también pone de manifiesto problemáticas asociadas a la fragmentación del conocimiento y a la falta de una visión integradora. Los estudios analizados abordan de manera aislada distintos tipos de cadenas de suministro y técnicas de gestión sostenible, lo que dificulta la comparación sistemática de resultados y la identificación de patrones claros sobre su impacto en la eficiencia operativa y ambiental [7], [8], [11]. Asimismo, se observa una limitada estandarización en el uso de indicadores y metodologías de evaluación, lo que constituye un vacío relevante en la literatura.

La cadena de suministro, también conocida como Supply Chain Management (SCM), se implementa con características específicas en función de las estrategias de sostenibilidad y eficiencia adoptadas por las empresas manufactureras [7], [8], [11]. En este contexto, la literatura reporta la aplicación de modelos circulares, inversos, de circuito cerrado e inteligentes, orientados principalmente a la recuperación de materiales, la reutilización de componentes y la reducción de residuos en los procesos productivos [14], [17]. Sin embargo, estos modelos suelen analizarse de forma independiente, sin una integración conceptual que permita comprender sus complementariedades o limitaciones en distintos contextos industriales.

Como resultado, se identifican diversos tipos de SCM diseñados para responder a objetivos empresariales específicos y a tendencias como la innovación tecnológica, la sostenibilidad y la optimización de recursos. No obstante, la coexistencia de múltiples enfoques sin una sistematización clara evidencia un vacío de conocimiento en cuanto a la clasificación, comparación y aplicación contextual de estos modelos, particularmente en el sector manufacturero. La Tabla IV sintetiza los tipos de cadenas de suministro más reportados en la literatura y los rubros en los que se aplican con mayor frecuencia, lo que permite visualizar la dispersión temática y refuerza la necesidad de revisiones sistemáticas que integren y estructuren la evidencia disponible.

TABLA III
 TIPOS Y RUBROS DE LA CADENA DE SUMINISTRO

TIPOS DE CADENA DE SUMINISTRO	CONCEPTO	RUBRO
Cadena de suministro inteligente	Se caracteriza por la implementación de nuevas tecnologías avanzadas (IoT IA,	Electrónica, automotriz, manufactura

	Blockchain) para optimizar procesos y trazabilidad [7,22,26].	avanzada.
Cadena de suministro Lineal	Flujo directo del proveedor al cliente, sus principios tradicionales son: extraer, fabricar, consumir y desechar [8,14,15].	Textil, industrias tradicionales.
Cadena de suministro Circular	Modifica e implementa procesos del sistema para minimizar residuos y aprovechar todos los recursos a lo largo de la cadena [7,8,9,14,21,22,23,25,30,31].	Automotriz, electrónica, baterías, manufactura.
Cadena de suministro sostenibles	Integra criterios ambientales, sociales y económicos en todas las etapas de la cadena sin perder eficiencia [11,12,18,20,21,26].	Alimentos, manufactura, sectores con regulaciones ambientales.
Cadena de suministro Inversa	Gestiona la devolución de productos usados del cliente para reacondicionamiento, reciclaje o reutilización [13,18].	Automotriz, electrónicos, servicio postventa.
Cadena de suministro de Circuito Cerrado (Closed-loop Supply Chain)	Se centra en reintegrar productos recuperados o reciclados al ciclo de producción reduciendo desechos [10,11,15,18,23,27].	Electrónica, automotriz, baterías, electrodomésticos.
Cadena de suministro de Alimentos Perecederos	Gestiona el transporte, conservación y distribución eficiente de alimentos evitando que se dañen y reduciendo pérdidas [20,21,28].	Agroindustria, supermercados, logística de alimentos

La Fig. 2 presenta la distribución de los principales tipos de cadenas de suministro identificados en la literatura analizada. Se evidencia una mayor concentración de estudios en enfoques circulares y sostenibles, mientras que otros modelos presentan una presencia limitada, lo que refleja la diversidad de enfoques y la ausencia de una visión integrada en la gestión sostenible de la cadena de suministro en el sector manufacturero.

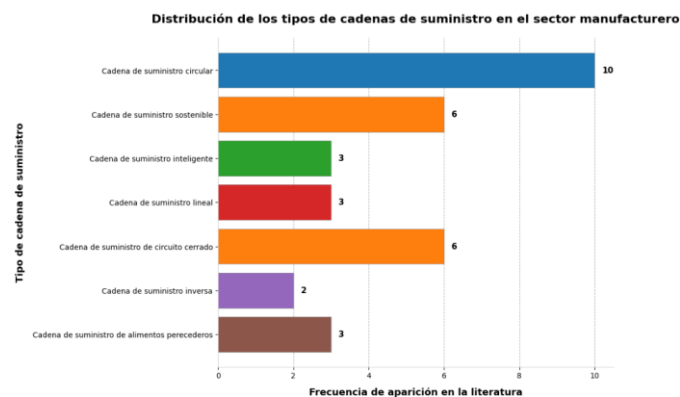


Fig. 2. Distribución de los tipos de cadenas de suministro en el sector manufacturero

RQ2. ¿Qué técnicas de gestión sostenible se han aplicado en la cadena de suministro del sector manufacturero según la literatura científica?

La gestión sostenible de la cadena de suministro (GSCM, por sus siglas en inglés) se concibe en la literatura como un

enfoque estratégico que integra principios ambientales, sociales y económicos en la planificación, ejecución y control de las actividades logísticas y productivas [6]. Este enfoque busca minimizar los impactos negativos sobre el entorno, optimizar el uso de los recursos y promover relaciones responsables entre los distintos actores de la cadena.

A partir del análisis de los estudios seleccionados, se identifica que la GSCM no se limita a una única práctica, sino que se materializa a través de un conjunto diverso de técnicas de gestión sostenible, las cuales responden a distintos enfoques y niveles de intervención dentro de la cadena de suministro. En este contexto, la Tabla V presenta una clasificación analítica de las principales técnicas identificadas en la literatura, organizadas según su orientación ambiental, de gestión de procesos y de soporte tecnológico.

TABLA IV
CLASIFICACIÓN DE LAS TÉCNICAS DE GESTIÓN SOSTENIBLES EN LA CADENA DE SUMINISTRO

CLASIFICACIÓN	TÉCNICA	DESCRIPCIÓN	REFERENCIAS
Según el enfoque ambiental	Economía Circular	Se enfoca en rediseñar productos y procesos para evitar el desperdicio y maximizar el uso de recursos reutilizable	[6],[8],[9],[11],[12],[13],[14],[15],[18],[23],[25],[27],[29],[30],[31].
	Logística Inversa	Permite el retorno de productos al fabricante para su reacondicionamiento reduciendo su impacto ambiental y fomentando el reciclaje.	[8],[15],[17],[25],[27],[29].
	Certificaciones ambientales	Alinea las operaciones a normas reconocidas como ISO 14001, EMAS u otras certificaciones del sector.	[7],[11],[19],[20],[26].
Según la gestión de procesos	Gestión verde de proveedores	Integra la evaluación ambiental en la selección de socios estratégicos, asegurando prácticas sostenibles en toda la cadena.	[6],[10],[14],[16],[19],[22],[28].
	Tecnologías limpias	Implementación de tecnologías (maquinaria o procesos) que reducen emisiones, mejoran el uso de recursos y promueven la eficiencia energética.	[6],[10],[12],[20],[26],[31].
	Análisis de ciclo de vida (LCA)	Evalúa el impacto ambiental total de un producto desde la extracción de materias primas hasta su disposición.	[9],[11],[19],[23],[25],[29].
Según el soporte tecnológico	Trazabilidad digital	Uso de tecnologías como Blockchain o IoT para hacer un seguimiento en tiempo real de insumos y productos a lo largo de la cadena.	[11],[19],[21],[24],[28].

Con el fin de sintetizar la relevancia relativa de cada técnica en la literatura analizada, se elaboró un gráfico de

barras que representa el porcentaje de aparición de las principales técnicas de gestión sostenible en los estudios revisados, tal como se muestra en la Fig. 2. Estos porcentajes se obtuvieron a partir de la frecuencia con la que cada técnica es reportada en los artículos incluidos en la RSL.

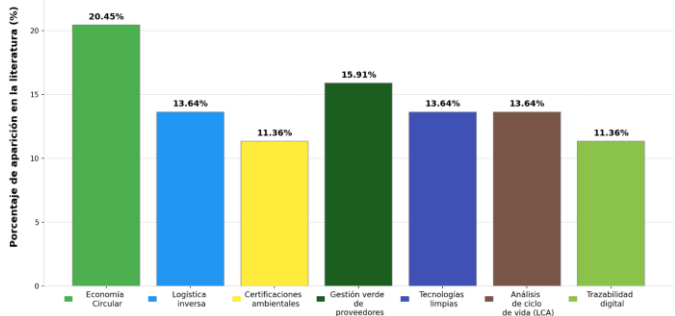


Fig. 3. Porcentaje de aplicación de técnicas de gestión sostenible en la cadena de suministro

La Fig. 2 muestra que la economía circular es la técnica de gestión sostenible más reportada en la literatura, concentrando el 20,45% de las menciones. Este enfoque se orienta al rediseño de productos y procesos con el objetivo de mantener el valor de los materiales dentro del sistema productivo mediante prácticas como el reciclaje, la reutilización y la remanufactura [11], [14], [15].

En segundo lugar, se encuentra la gestión verde de proveedores, con un 15,91%, lo que evidencia la creciente importancia de incorporar criterios ambientales desde las etapas iniciales de abastecimiento y selección de socios estratégicos [16], [19]. Asimismo, técnicas como la logística inversa, las tecnologías limpias y el análisis de ciclo de vida (LCA) presentan niveles similares de presencia (13,64%), reflejando la necesidad de gestionar de manera responsable los flujos de materiales, reducir emisiones y evaluar los impactos ambientales a lo largo del ciclo de vida del producto [6], [11], [13].

Finalmente, las certificaciones ambientales y la trazabilidad digital registran una participación del 11,36%, lo que pone de manifiesto el interés de las organizaciones manufactureras por adoptar mecanismos formales de control y herramientas tecnológicas que fortalezcan la transparencia y sostenibilidad de sus operaciones logísticas [13], [29]. En conjunto, estos resultados evidencian que las empresas del sector manufacturero tienden a combinar prácticas de carácter circular, colaborativo y tecnológico para avanzar hacia cadenas de suministro más sostenibles y resilientes.

RQ3. ¿Qué impactos se han reportado en los indicadores de eficiencia operativa como resultado de la aplicación de técnicas de gestión sostenible en la cadena de suministro?

La literatura analizada evidencia que la implementación de técnicas de gestión sostenible en la cadena de suministro genera impactos positivos significativos en diversos indicadores de eficiencia operativa. Entre los principales beneficios reportados se encuentran la reducción del consumo energético, la disminución de las emisiones de CO₂, la

optimización en el uso de materiales y el incremento del índice de reciclabilidad, lo que favorece una producción más eficiente y ambientalmente responsable [9], [14].

Asimismo, los estudios revisados señalan mejoras en indicadores económicos y operativos, tales como la reducción de costos operativos y logísticos, la disminución de los tiempos de ciclo de producción y el aumento en la calidad del producto final, aspectos que fortalecen la competitividad de las empresas manufactureras [16]. La adopción de prácticas sostenibles también contribuye a la reducción de residuos y del impacto ambiental, permitiendo a las organizaciones responder de manera más efectiva a las exigencias regulatorias y a las expectativas de los consumidores [21].

La Tabla V sintetiza los principales indicadores de eficiencia operativa reportados en la literatura, así como los rangos de mejora asociados a la aplicación de técnicas de gestión sostenible en la cadena de suministro. Estos rangos reflejan resultados consistentes observados en múltiples estudios, evidenciando que la sostenibilidad no solo mitiga impactos ambientales, sino que también actúa como un habilitador de la eficiencia operativa y de la resiliencia organizacional en entornos dinámicos y altamente competitivos.

TABLA IV
CLASIFICACIÓN DE LAS TÉCNICAS DE GESTIÓN SOSTENIBLES EN LA CADENA DE SUMINISTRO

Indicador de eficiencia operativa	Descripción del indicador	Impacto reportado en la literatura	Evidencia del impacto
Consumo energético	Energía total utilizada en las operaciones de la cadena de suministro.	Reducción del consumo energético	Reducciones reportadas entre 10% y 20%
Emisiones de CO ₂	Gases de efecto invernadero generados durante las operaciones logísticas y productivas.	Disminución de emisiones contaminantes	Reducción aproximada del 15%
Uso de materiales	Nivel de aprovechamiento de insumos y reducción de desperdicios.	Optimización del uso de materiales	Reducciones entre 15% y 20%
Índice de reciclabilidad	Proporción de materiales recuperables o reciclables.	Incremento del nivel de reciclaje	Aumentos reportados entre 20% y 30%
Costos operativos totales	Costos asociados a producción, logística y operaciones.	Reducción de costos operativos	Disminuciones entre 10% y 15%
Costos logísticos	Gastos de transporte, almacenamiento y distribución.	Optimización de costos logísticos	Reducciones entre 10% y 15%
Tiempo de ciclo de producción	Tiempo requerido para transformar insumos en productos finales.	Reducción del tiempo de ciclo	Disminución cercana al 10%
Calidad del producto	Nivel de desempeño y cumplimiento de requisitos del producto final.	Mejora de la calidad del producto	Incrementos entre 8% y 12%

Indicador de eficiencia operativa	Descripción del indicador	Impacto reportado en la literatura	Evidencia del impacto
Residuos generados	Cantidad de desechos producidos durante las operaciones.	Reducción de residuos	Disminuciones entre 15% y 25%
Impacto ambiental global	Efecto total de las operaciones sobre el entorno natural.	Reducción del impacto ambiental	Reducciones entre 15% y 20%

Los resultados sintetizados en la Tabla V evidencian que la aplicación de técnicas de gestión sostenible en la cadena de suministro genera impactos positivos consistentes en los principales indicadores de eficiencia operativa. En particular, se observa una mejora significativa en indicadores ambientales, como la reducción del consumo energético, la disminución de emisiones de CO₂, la optimización en el uso de materiales y el incremento del índice de reciclabilidad, lo que refleja una orientación creciente hacia modelos productivos más eficientes y responsables [9], [7].

Asimismo, la literatura reporta beneficios en indicadores económicos y operativos, tales como la reducción de costos operativos y logísticos, la disminución de los tiempos de ciclo de producción y la mejora en la calidad del producto, aspectos que contribuyen directamente al fortalecimiento de la competitividad de las empresas manufactureras [16], [26]. Adicionalmente, la reducción de residuos y del impacto ambiental posiciona a las organizaciones frente a las exigencias regulatorias y a las expectativas de sostenibilidad de los consumidores [21], [14].

En conjunto, estos resultados confirman que la gestión sostenible en las cadenas de suministro no solo actúa como un mecanismo de mitigación ambiental, sino también como un factor habilitador de la eficiencia operativa y de la resiliencia organizacional en un entorno empresarial dinámico y en constante evolución.

La Fig. 4 presenta los impactos promedio reportados en los principales indicadores de eficiencia operativa como resultado de la aplicación de técnicas de gestión sostenible en la cadena de suministro. Los valores representados corresponden a promedios derivados de los rangos identificados en la literatura, con el objetivo de facilitar la comparación visual entre indicadores.

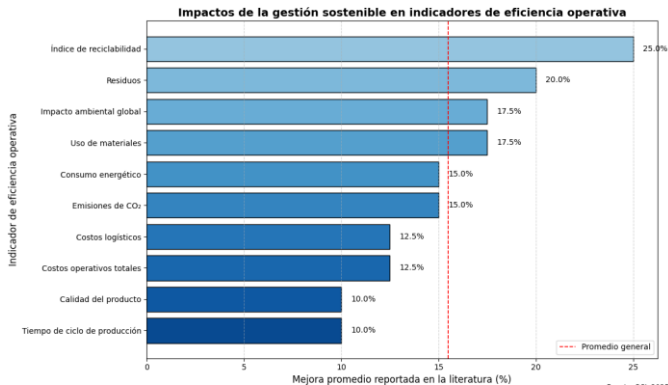


Fig. 4. Impactos de la gestión sostenible en indicadores de eficiencia operativa

RQ4. En qué contextos manufactureros y tipos de cadenas de suministro se han aplicado las técnicas de gestión sostenible identificadas?

Para responder a esta pregunta, se analizó el contexto geográfico e industrial en el que se han aplicado las técnicas de gestión sostenible identificadas en la literatura. En primer lugar, se identificó el país de origen de cada estudio, observándose una amplia distribución geográfica, con investigaciones desarrolladas en Europa, Asia y América. Tal como se muestra en la Fig. 4, los estudios se concentran principalmente en países con un alto desarrollo industrial y regulaciones ambientales avanzadas, como Alemania, Suecia, Italia, Reino Unido y China, aunque también se identifican aportes relevantes provenientes de economías emergentes como Brasil, India y México.

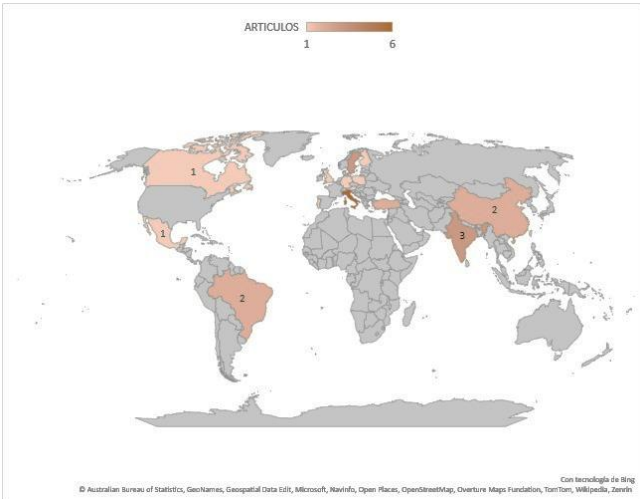


Fig. 4. Distribución geográfica de los estudios

A diferencia de otras revisiones donde el país de origen no siempre es explícito o se presentan colaboraciones multinacionales sin una ubicación predominante, en esta revisión sistemática todos los artículos seleccionados cuentan con una identificación clara del país principal de afiliación. Esta información fue obtenida a partir de la base de datos Scopus, priorizando la institución del primer autor, lo que permitió una sistematización geográfica consistente de la evidencia analizada.

En una segunda etapa, se identificaron los contextos manufactureros específicos en los que se aplican las técnicas de gestión sostenible. Como se resume en la Tabla VII, dichas técnicas se implementan principalmente en sectores como la industria automotriz, la remanufactura, la industria alimentaria y de bebidas, la confección textil y la manufactura ligera, así como en empresas con modelos de innovación sostenible. Estos sectores se caracterizan por una alta presión regulatoria, elevados volúmenes de materiales y un impacto ambiental significativo, lo que explica la adopción de enfoques como la

economía circular, la logística inversa y las cadenas de suministro sostenibles.

TABLA V

CONTEXTOS MANUFACTUREROS Y TIPOS DE CADENA DE SUMINISTRO REPORTADOS EN LA LITERATURA

Sector / tipo de manufactura	País	Tipo de cadena de suministro aplicada	Técnicas predominantes	Referencias
Remanufactura (automotriz, muebles)	Suecia	Circular / Inversa	Economía circular, logística inversa	[8], [13], [25], [29]
Industria alimentaria y bebidas (PYMES)	Alemania	Sostenible	Gestión verde de proveedores, LCA	[11], [20], [21], [28]
Empresas manufactureras tradicionales	Reino Unido	Lineal / Transición sostenible	Certificaciones ambientales	[12]
Industria automotriz	Italia	Circular / Closed-loop	Logística inversa, reciclaje	[8], [13], [25], [29]
Industria de confección	Polonia	Sostenible	Economía circular, gestión verde	[14]
Industria textil y manufactura ligera	China	Lineal / Circular	Tecnologías limpias, LCA	[14], [17]
Empresas manufactureras innovadoras	Suecia, Italia	Inteligente / Sostenible	Trazabilidad digital, IoT	[27], [31]

En conjunto, los resultados evidencian que la aplicación de técnicas de gestión sostenible en la cadena de suministro se concentra en contextos manufactureros intensivos en recursos y con una fuerte orientación hacia la eficiencia, la reducción de residuos y el cumplimiento normativo, aunque aún se observa una limitada diversificación hacia otros sectores industriales.

IV. DISCUSIÓN

El principal hallazgo de esta revisión sistemática es que la integración de técnicas de gestión sostenible en la cadena de suministro manufacturera genera mejoras simultáneas en el desempeño ambiental, operativo y económico, confirmando que la sostenibilidad constituye un enfoque estratégico más que únicamente regulatorio. Este resultado responde directamente a las preguntas de investigación planteadas y refuerza la relevancia del enfoque sostenible como elemento central en la competitividad industrial.

En relación con la RQ1, los resultados evidencian que las técnicas de gestión sostenible más abordadas en la literatura están asociadas principalmente a enfoques ambientales y de gestión de procesos, destacando la economía circular, la gestión verde de proveedores y la logística inversa. Este hallazgo es consistente con estudios previos que señalan la economía circular como uno de los pilares más relevantes para

la sostenibilidad industrial debido a su capacidad para cerrar ciclos de materiales y reducir residuos [8,9,14]. Sin embargo, a diferencia de revisiones anteriores donde la logística inversa ocupaba un rol secundario, en esta RSL se observa una presencia comparable entre varias técnicas, lo que sugiere una transición hacia enfoques más integrales de gestión sostenible [6,18].

Respecto a la RQ2, los resultados muestran que la economía circular es la técnica más aplicada (20,45%), seguida de la gestión verde de proveedores y otras prácticas complementarias como el análisis de ciclo de vida y las tecnologías limpias. Este patrón coincide con lo reportado por estudios como los de Seuring y Müller [10] y Govindan et al. [23], quienes destacan la necesidad de combinar prácticas internas y externas para lograr una sostenibilidad efectiva. No obstante, se observa que herramientas digitales como la trazabilidad basada en tecnologías emergentes aún presentan una adopción menor, lo que contrasta con investigaciones recientes que proyectan un crecimiento acelerado de estas soluciones en la próxima década [19,26]. Esto podría explicarse por barreras tecnológicas, costos de implementación o brechas de capacidades en las empresas manufactureras.

En cuanto a la RQ3, los impactos reportados en los indicadores de eficiencia operativa confirman que la gestión sostenible produce beneficios medibles y significativos. Las reducciones en consumo energético (10–20%), residuos (hasta 25%) y costos logísticos (10–15%) evidencian que la sostenibilidad no solo mitiga impactos ambientales, sino que mejora la eficiencia del sistema productivo. Estos resultados son coherentes con lo señalado por Zhu et al. [16] y Ahi y Searcy [21], quienes reportan mejoras similares en desempeño operativo. A diferencia de estudios que plantean retornos a largo plazo, los resultados de esta revisión sugieren que varios beneficios pueden materializarse incluso en horizontes de corto y mediano plazo, lo cual refuerza el atractivo empresarial de estas prácticas.

Finalmente, en relación con la RQ4, los contextos manufactureros analizados muestran una clara concentración en sectores como el automotriz, electrónico, textil y alimentario, principalmente en países europeos y asiáticos. Este resultado coincide con revisiones previas que identifican a estas industrias como líderes en la adopción de prácticas sostenibles debido a su alta presión regulatoria y visibilidad ambiental [13,25]. No obstante, la limitada presencia de estudios provenientes de países en desarrollo representa un vacío relevante en la literatura, lo que sugiere que los resultados podrían no ser completamente generalizables a contextos con menores capacidades tecnológicas o institucionales.

Entre las limitaciones de este estudio, se encuentra la dependencia de una única base de datos (Scopus), lo cual podría haber excluido investigaciones relevantes indexadas en otras fuentes. Asimismo, la heterogeneidad metodológica de los estudios revisados limita la posibilidad de realizar

comparaciones cuantitativas más robustas entre técnicas y sectores.

A partir de estos hallazgos, futuras investigaciones podrían centrarse en analizar las barreras de implementación de la gestión sostenible en países en desarrollo, así como en profundizar la relación entre digitalización, resiliencia y sostenibilidad en la cadena de suministro. Asimismo, sería relevante explorar estudios longitudinales que permitan evaluar el impacto sostenido de estas prácticas en el desempeño empresarial a largo plazo.

V. CONCLUSIONES

El objetivo de esta revisión sistemática de la literatura fue identificar las principales técnicas de gestión sostenible aplicadas a la cadena de suministro en el sector manufacturero, así como los impactos reportados en los indicadores de eficiencia operativa y los contextos en los que dichas técnicas han sido implementadas. Los resultados permiten afirmar que la gestión sostenible de la cadena de suministro constituye un enfoque estratégico relevante para mejorar simultáneamente el desempeño ambiental y operativo de las empresas manufactureras.

Los hallazgos evidencian que la economía circular es la técnica más aplicada, seguida por la gestión verde de proveedores, la logística inversa, las tecnologías limpias y el análisis de ciclo de vida. La adopción de estas prácticas se asocia con mejoras consistentes en indicadores clave como el consumo energético, las emisiones de CO₂, el uso de materiales, la reciclabilidad, los costos operativos y logísticos, así como el tiempo de ciclo y la calidad del producto.

Asimismo, se identificó que estas técnicas han sido implementadas en diversos contextos industriales, destacándose principalmente los sectores automotriz, electrónico, textil y alimentario, con una mayor presencia de estudios en países europeos y asiáticos. Esto demuestra la aplicabilidad del enfoque sostenible en distintos tipos de cadenas de suministro y entornos manufactureros.

Como contribución, esta revisión sistematiza y organiza la evidencia existente sobre técnicas de gestión sostenible, sus impactos operativos y los sectores donde se aplican, ofreciendo una base estructurada para investigadores y profesionales del área. No obstante, el estudio presenta limitaciones relacionadas con el uso de una única base de datos y la diversidad metodológica de los trabajos analizados.

Finalmente, se recomienda que futuras investigaciones profundicen en el análisis empírico de estas técnicas en contextos de países en desarrollo, así como en la evaluación de la relación entre sostenibilidad, digitalización y resiliencia en la cadena de suministro manufacturera.

REFERENCIAS

- [1] M. Theeraworawit, S. Suriyankietkaew, y P. Hallinger, "Sustainable Supply Chain Management in a Circular Economy: A Bibliometric Review", el 1 de agosto de 2022, MDPI. doi: 10.3390/su14159304.
- [2] L. Zhaolei, S. Nazir, I. Hussain, S. Mehmood, y Z. Nazir, "Exploration of the impact of green supply chain management practices on manufacturing firms' performance through a mediated-moderated model", *Front Environ Sci*, vol. 11, 2023, doi: 10.3389/fenvs.2023.1291688.
- [3] M. Hussain y M. Malik, "Organizational enablers for circular economy in the context of sustainable supply chain management", *J Clean Prod*, vol. 256, p. 120375, may 2020, doi: 10.1016/j.jclepro.2020.120375.
- [4] C. M. da C. Santos, C. A. de M. Pimentaand M. R. C. Nobre, "The PICO strategy for the research question construction and evidence search", *Rev. Latino-Am. Enfermagem*, vol. 15, no. 3, pp. 508-511, Jun. 2007, doi: 10.1590/S0104-11692007000300023
- [5] Page, M. J.; McKenzie, J. E.; Bossuyt, P. M.; Boutron, I., Hoffmann, T. C.; Mulrow, C. D.; Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic The BMJ, 372, doi: 10.1136/bmj.n71
- [6] M. P. Ciano, M. Peron, L. Panza, y R. Pozzi, "Industry 4.0 technologies in support of circular Economy: A 10R-based integration framework", *Comput Ind Eng*, vol. 201, 2025, doi: 10.1016/j.cie.2025.110867.
- [7] A. Thomas y U. Mishra, "Effect of the wastewater treatment system and Industry 4.0 implementation for a sustainable tyre production industry", *Alexandria Engineering Journal*, vol. 115, pp. 94-110, 2025, doi: 10.1016/j.aej.2024.11.105.
- [8] [N. Salehi et al., "Towards circular manufacturing systems implementation: An integrated analysis framework for circular supply chains", *Sustain Prod Consum*, vol. 51, pp. 169-198, 2024, doi: 10.1016/j.spc.2024.09.008.
- [9] E. Taddei, C. Sassanelli, P. Rosa, y S. Terzi, "Circular supply chains theoretical gaps and practical barriers: A model to support approaching firms in the era of industry 4.0", *Comput Ind Eng*, vol. 190, 2024, doi: 10.1016/j.cie.2024.110049.
- [10] K. Govindan, "Unlocking the potential of quality as a core marketing strategy in remanufactured circular products: A machine learning enabled multi-theoretical perspective", *Int J Prod Econ*, vol. 269, 2024, doi: 10.1016/j.ijpe.2023.109123.
- [11] E. Göthár y H. Schanz, "Dynamics in the evolution of circular sourcing strategies: Evidence from German frontrunners sourcing for recycled plastics", *J Clean Prod*, vol. 435, 2024, doi: 10.1016/j.jclepro.2024.140561.
- [12] Z. Liu, N. Clifton, H. Faqani, S. Li, y G. Walpole, "Implementing circular economy principles: evidence from multiple cases", *Production Planning and Control*, 2024, doi: 10.1080/09537287.2024.2415417.
- [13] S. Lisi, B. Mignacca, M. Grimaldi, y M. Greco, "Unpacking the Relationship Between Circular Economy and Interorganizational Collaboration: An Exploratory Study and an Analytical Framework", *IEEE Trans Eng Manag*, vol. 71, pp. 14083-14097, 2024, doi: 10.1109/TEM.2024.3437772.
- [14] I. Kucińska-Król, N. Festinger, A. Walawska, y J. Kulczycka, "Study of Lodz Society's Knowledge of the Circular Economy in the Textile and Clothing Industry", *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, vol. 32, núm. 3, pp. 10-20, 2024, doi: 10.2478/ftce-2024-0015.
- [15] F. Blouin y J.-F. Audy, "Circular economy in winter road maintenance: Analysis of contract models for deploying a closed-loop supply chain", *Cleaner Logistics and Supply Chain*, vol. 9, 2023, doi: 10.1016/j.clscn.2023.100127.
- [16] E. Nogueira, S. Gomes, y J. M. Lopes, "A meta-regression analysis of environmental sustainability practices and firm performance", *J Clean Prod*, vol. 426, 2023, doi: 10.1016/j.jclepro.2023.139048.
- [17] K. Govindan, "How digitalization transforms the traditional circular economy to a smart circular economy for achieving SDGs and net zero", *Transp Res E Logist Transp Rev*, vol. 177, 2023, doi: 10.1016/j.tre.2023.103147.
- [18] I. S. Khan, M. O. Ahmad, y J. Majava, "Industry 4.0 innovations and their implications: An evaluation from sustainable development perspective", *J Clean Prod*, vol. 405, 2023, doi: 10.1016/j.jclepro.2023.137006.
- [19] A. Wei Lun Lee, S. Ying Chung, Y. Shee Tan, S. Mun Ho Koh, W. Feng Lu, y J. Sze Choong Low, "Enhancing the environmental sustainability of product through ecodesign: a systematic review", *Journal of Engineering Design*, vol. 34, núm. 10, pp. 814-843, 2023, doi: 10.1080/09544828.2023.2261094.

- [20] B. P. D. Silva, R. A. Cassel, P. Wachs, y T. A. Saurin, "The influence of sustainability on the complexity of food supply chains", *Prod Manuf Res*, vol. 11, núm. 1, 2023, doi: 10.1080/21693277.2023.2217439.
- [21] E. Ada, M. D. Sezer, Y. Kazancoglu, y R. Khaleel, "Towards the Smart Sustainable and Circular Food Supply Chains through Digital Technologies", *International Journal of Mathematical Engineering and Management Sciences*, vol. 8, núm. 3, pp. 374–402, 2023, doi: 10.33889/IJMEMS.2023.8.3.022.
- [22] R. S. Chaudhari, S. K. Mahajan, S. B. Rane, y R. Agrawal, "Modeling Barriers in Circular Economy Using TOPSIS: Perspective of Environmental Sustainability & Blockchain-IoT Technology", *International Journal of Mathematical Engineering and Management Sciences*, vol. 7, núm. 6, pp. 820–843, 2022, doi: 10.33889/IJMEMS.2022.7.6.052.
- [23] N. Haber y M. Fagnoli, "Product-Service Systems for Circular Supply Chain Management: A Functional Approach", *Sustainability Switzerland*, vol. 14, núm. 22, 2022, doi: 10.3390/su142214953.
- [24] D. Kannan, R. Solanki, A. Kaul, y P. C. Jha, "Barrier analysis for carbon regulatory environmental policies implementation in manufacturing supply chains to achieve zero carbon", *J Clean Prod*, vol. 358, 2022, doi: 10.1016/j.jclepro.2022.131910.
- [25] K. Berger, J.-P. Schöggel, y R. J. Baumgartner, "Digital battery passports to enable circular and sustainable value chains: Conceptualization and use cases", *J Clean Prod*, vol. 353, 2022, doi: 10.1016/j.jclepro.2022.131492.
- [26] O. Rodríguez-Espíndola et al., "The role of circular economy principles and sustainable-oriented innovation to enhance social, economic and environmental performance: Evidence from Mexican SMEs", *Int J Prod Econ*, vol. 248, 2022, doi: 10.1016/j.ijpe.2022.108495.
- [27] M. Despeisse y F. Acerbi, "Toward eco-efficient and circular industrial systems: ten years of advances in production management systems and a thematic framework", *Prod Manuf Res*, vol. 10, núm. 1, pp. 354–382, 2022, doi: 10.1080/21693277.2022.2088634.
- [28] L. R. Trento et al., "Industry-retail symbiosis: What we should know to reduce perishable processed food disposal for a wider circular economy", *J Clean Prod*, vol. 318, 2021, doi: 10.1016/j.jclepro.2021.128622.
- [29] Y. Kayikci, Y. Kazancoglu, C. Lafci, y N. Gozacan, "Exploring barriers to smart and sustainable circular economy: The case of an automotive eco-cluster", *J Clean Prod*, vol. 314, p. 127920, sep. 2021, doi: 10.1016/J.JCLEPRO.2021.127920.
- [30] G. Bressanelli, D. C. A. Pigosso, N. Saccani, y M. Perona, "Enablers, levers and benefits of Circular Economy in the Electrical and Electronic Equipment supply chain: a literature review", *J Clean Prod*, vol. 298, 2021, doi: 10.1016/j.jclepro.2021.126819.
- [31] P. van Loon, D. Diener, y S. Harris, "Circular products and business models and environmental impact reductions: Current knowledge and knowledge gaps", *J Clean Prod*, vol. 288, 2021, doi: 10.1016/j.jclepro.2020.125627.