

CIRCULAR ECONOMY STRATEGIES TO REDUCE PLASTIC POLLUTION IN THE TEXTILE INDUSTRY: A SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW

Silva Pinta Adriana Belén¹, Cesar del Piero Pérez Burgos²

¹Universidad Tecnológica del Perú, Piura, Perú, U21232707@utp.edu.pe, U21201629@utp.edu.pe

Abstract—The textile industry generates a large amount of synthetic plastic waste, representing an increasingly relevant environmental challenge. This systematic literature review explored circular economy strategies applied between 2020 and 2025 to reincorporate these wastes into the textile supply chain. The review, based on the PICOC model and databases such as Scopus and Web of Science, selected 37 studies aligned with specific criteria. The analysis was organized into five axes: type of waste, reintegration technologies, comparison with linear models, supply chain efficiency, and integration mechanisms. Results reveal a transition towards circular models employing technologies such as mechanical and chemical recycling, blockchain, digital traceability, and design for disassembly. These practices allow materials such as polyester, nylon, and acrylics to be reincorporated into production processes, reducing dependence on virgin polymers and improving operational efficiency. Despite the advances, technical, economic, and regulatory challenges remain that hinder broader adoption. The circular approach emerges as an effective way to transform the textile sector, provided it is accompanied by technological innovation, adequate regulatory frameworks, and collaboration among the different actors in the chain.

Keywords—circular economy, textile waste, textile industry, recycling, innovation.

ESTRATEGIAS DE ECONOMÍA CIRCULAR PARA REDUCIR LA CONTAMINACIÓN PLÁSTICA EN LA INDUSTRIA TEXTIL: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA DE LITERATURA

Silva Pinta Adriana Belén¹ , Cesar del Piero Pérez Burgos² 

¹Universidad Tecnológica del Perú, Piura, Perú, U21232707@utp.edu.pe, U21201629@utp.edu.pe

Resumen—La industria textil genera una gran cantidad de residuos plásticos sintéticos, lo que representa un desafío ambiental cada vez más relevante. Esta revisión sistemática de la literatura exploró las estrategias de economía circular aplicadas entre 2020 y 2025 para reincorporar estos residuos a la cadena de suministro textil. La revisión, basada en el modelo PICOC y bases de datos como Scopus y Web of Science, seleccionó 37 estudios alineados con criterios específicos. El análisis se organizó en cinco ejes: tipo de residuo, tecnologías de reintegración, comparación con modelos lineales, eficiencia de la cadena de suministro y mecanismos de integración. Los resultados revelan una transición hacia modelos circulares que emplean tecnologías como el reciclaje mecánico y químico, blockchain, trazabilidad digital y diseño para el desmontaje. Estas prácticas permiten reincorporar materiales como el poliéster, el nailon y los acrílicos a los procesos de producción, reduciendo la dependencia de polímeros vírgenes y mejorando la eficiencia operativa. A pesar de los avances, persisten desafíos técnicos, económicos y regulatorios que dificultan una adopción más amplia. El enfoque circular emerge como una forma efectiva de transformar el sector textil, siempre que se acompañe de innovación tecnológica, marcos regulatorios adecuados y colaboración entre los diferentes actores de la cadena.

Palabras clave—economía circular, desechos textiles, industria textil, reciclaje, innovación.

I. INTRODUCCIÓN

La industria textil es uno de los sectores más relevantes a nivel mundial; sin embargo, también se encuentra entre los principales generadores de contaminación ambiental. Entre sus múltiples impactos negativos, destaca la generación de residuos plásticos, especialmente por el uso extensivo de fibras sintéticas como el poliéster, que representa más del 60% de los textiles producidos en el mundo [1]. Estos materiales, derivados del petróleo, liberan microfibras plásticas durante el lavado, que terminan en los océanos y ecosistemas acuáticos [4]. Frente a este panorama, la economía circular ha emergido como una alternativa sostenible, buscando el rediseño,

reciclaje y reutilización de textiles para disminuir los residuos generados. [3].

A pesar del crecimiento del interés por implementar estrategias circulares en la industria textil, aún existen desafíos significativos. Muchos estudios se enfocan en etapas específicas de la cadena de suministro, sin ofrecer una visión integral de su implementación [2]. Además, persisten vacíos de conocimiento en torno al manejo de residuos plásticos secundarios, como recortes de telas, residuos de fibras sueltas o microfibras. También existe una limitada comprensión sobre cómo reutilizar estos residuos en la cadena de suministro para nuevos productos, sin comprometer la calidad ni incrementar los costos operativos [1], [4].

Esta Revisión Sistemática de Literatura (RSL) tiene como objetivo integrar las evidencias más relevantes sobre estrategias de economía circular enfocadas en reducir la contaminación plástica en la industria textil, con el fin de cerrar brechas de información y revisar soluciones factibles para la reutilización de residuos textiles en la cadena de suministro. Este enfoque puede ser especialmente útil para países como Perú, donde la industria textil representa una fuente clave de empleo y desarrollo económico. Los resultados de esta revisión no solo podrían orientar a emprendedores y empresas hacia prácticas más sostenibles, sino también fomentar políticas públicas alineadas con la economía circular.

II. METODOLOGÍA

A. Estrategia de Búsqueda

La presente revisión sistemática de literatura, cuyo objetivo es identificar estrategias efectivas para reducir la contaminación por plásticos en la industria textil mediante el aprovechamiento de residuos reutilizados en su cadena de suministro, se desarrolló a partir de la estrategia de búsqueda PICO.

Esta estrategia permitió estructurar y guiar la formulación de la pregunta principal de investigación, así como sus subpreguntas. La pregunta principal planteada fue:

¿Se puede aprovechar la reutilización plástica textil en la cadena de suministro frente a métodos tradicionales en la optimización de la industria textil

Tabla I. Tabla Pico

P Problema/ Población	I Intervención	C Comparación	O Resultados
Residuos plásticos generados en la industria textil	Estrategias y tecnologías de economía circular para la reutilización de residuos	Procesos tradicionales de reciclaje posconsumo o eliminación de residuos	Reducción del impacto ambiental, sostenibilidad y eficiencia productiva
P1: ¿Cómo se reutilizan los residuos textiles sintéticos en la cadena de suministro de la industria textil a través de estrategias de economía circular			
P11: ¿Qué tipos de residuos textiles sintéticos se generan en la cadena de suministro textil?			
P12: ¿Qué tecnologías o métodos permiten reincorporar los residuos plásticos a la cadena de suministro textil?			
P13: ¿En qué se diferencian los modelos de reutilización de residuos plásticos frente a los procesos lineales tradicionales en el manejo de residuos textiles?			
P14: ¿Cómo optimizamos la cadena textil reutilizando los plásticos sintéticos textiles?			

B. Ecuaciones de Búsqueda

La aplicación de esta estrategia permitió una recolección más precisa de información en bases de datos académicas reconocidas, ya que proporcionó palabras clave específicas que facilitaron la selección de artículos directamente vinculados con el tema central de esta revisión sistemática de literatura.

A continuación, se presentan los criterios establecidos para el proceso de búsqueda:

Tabla II. Ecuación de Búsqueda

Componente Pico	Términos	Ecuación de búsqueda
P (Problema)	industria textil, residuos plásticos, microfibras, contaminación ambiental	textile industry or plastic waste or microfibers and environmental pollution
I (Intervención)	Economía circular, reciclaje interno, tecnología textil,	Circular economy or internal recycling or textile technology

	reutilización de fibras sintéticas	or reuse of synthetic fibers
C (Comparación)	reciclaje postconsumo, métodos lineales, disposición final de residuos	post-consumer recycling or linear methods or final waste disposal
O (Resultados)	sostenibilidad, impacto ambiental, eficiencia de recursos, producción circular	supply chain textile or process waste or management production cycle
Ecuación general de búsqueda ("textile industry" OR "textile manufacturing") AND ("plastic waste" OR "microfibers" OR "production waste" OR "internal waste") AND ("circular economy" OR "waste reintegration" OR "internal recycling" OR "closed-loop systems") AND ("sustainability" OR "environmental impact" OR "resource efficiency")		

C. Criterios (Inclusión y Exclusión)

Tabla III. Criterios (Inclusión y Exclusión)

CI	CE
CI1: Estudios que aborden explícitamente residuos plásticos o sintéticos en el contexto de la industria textil.	CE1: Estudios sin vínculo con el sector textil o que no aborden residuos plásticos.
CI2: Enfoque en estrategias de economía circular (reciclaje, reutilización, upcycling, valorización, etc.)	CE2: Documentos centrados en tecnologías sin aplicación directa al contexto textil.
CI3: Investigaciones que aborden de forma explícita el problema de los residuos plásticos o textiles sintéticos en el contexto de la industria textil.	CE3: Estudios de enfoque exclusivamente económico o social sin análisis técnico.
CI4: Artículos que presenten resultados aplicables o replicables en contextos industriales, incluyendo análisis técnicos, ambientales o de	CE4: Estudios con un enfoque exclusivamente económico, social o teórico, sin considerar aspectos técnicos, ambientales o de

gestión.	implementación práctica.
CI5: Documentos publicados entre los años 2020 y 2025, escritos en idioma inglés o español, y disponibles en revistas académicas indexadas.	CE5: Documentos de tipo editorial, resumen de conferencia, póster académico, tesis no publicadas, capítulos de libros o informes sin revisión por pares.

D. Proceso de selección de estudios

Se utilizó la estrategia PRISMA para guiar la selección de estudios, lo que facilitó identificar investigaciones relevantes sobre la reducción de plásticos en la industria textil mediante residuos reutilizados en la cadena de suministro. La búsqueda se estructuró con apoyo de la estrategia PICO, que permitió definir palabras clave y ecuaciones específicas, aplicadas junto a los criterios de inclusión y exclusión en todo el proceso de revisión.

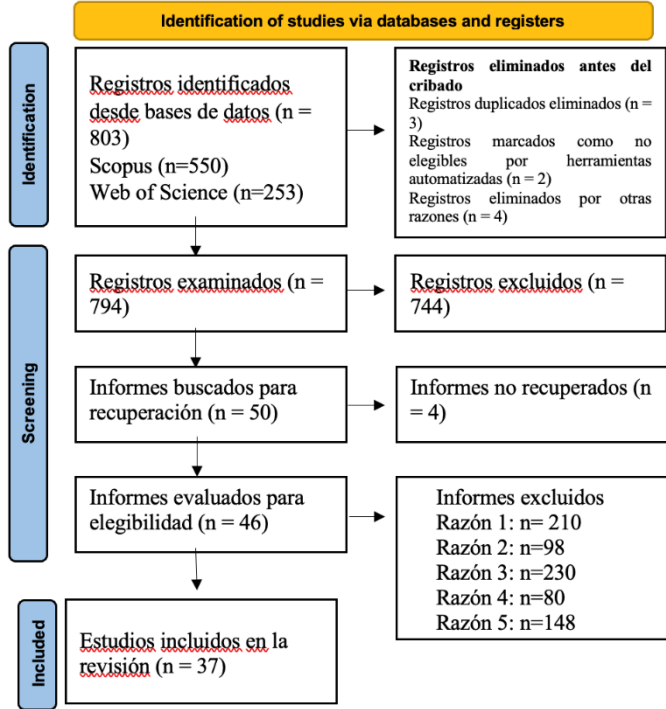


Figura 1. Diagrama Prisma

III. RESULTADOS

Se presentan los resultados de la revisión sistemática sobre la reutilización de residuos textiles sintéticos en la cadena de suministro textil bajo enfoques de economía circular (2020–2025). Los hallazgos se dividen en dos partes: resultados bibliométricos, que analizan la producción científica del periodo, y resultados por contenido, organizados según las preguntas PICO-C.

A. ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO

Tabla IV: Listado de estudios seleccionados durante el periodo 2020-2025

Autor(es)	Título del artículo
I. Veleza, M. A. McGowan, and A. S. McCormick.	“Advancing Toward Sustainability: A Systematic Review of Circular Economy in the Textile Industry,” Recycling. (2024)
M. Farooque, R. McClelland, V. Kumar, and Y. Shi.	Circular economy practices in the textile industry: a comprehensive review. (2025)
D. Dissanayake and P. Sinha.	The circular economy in the textile and apparel industry: A systematic literature review. (2020)
C. Jabbour, A. B. Latan, D. F. de Sousa Jabbour, and S. Zailani.	Towards A Conceptual Framework of Sustainable Fashion Supply Chain: A Systematic Review. (2021)
M.-H. Tseng, C.-W. Lin, H.-F. Wang, and Y. Geng.	Investigating barriers to circular supply chain management in International Journal of Production the textile sector management in the textile sector. (2020)
A. Karaosman, A. Henninger, C. M. E. Schleper, and M. A. Tassell.	“Bridging the gap between circular economy and fashion supply chains through blockchain,” Journal of Fashion Marketing and Management. (2023)
M. Franco and A. Lanzillo.	Textile Waste and Circular Economy: A Multilevel Analysis of Challenges and Drivers. (2022)
X. Sun, W. Li, and J. Liu.	Life-cycle assessment and circular strategies in textile waste management Journal of Cleaner Production. (2021)
Y. Jia, Y. Ren, and J. Wang.	“Digital technologies in circular economy practices for textile reuse,” Sustainable Production and Consumption. (2022)
Y. Ni and X. Li.	Chemical recycling of PET waste in textile industry: a review of circular innovations. (2020)
G. Sandin and G. M.	Environmental assessment of emerging circular textile strategies, Journal of Environmental Management. (2021)
K. Nünimäki, G. Peters, H. Dahlbo, P. Perry, T. Rissanen, and A. Gwilt.	The environmental price of fast fashion and potential circular solutions. (2020)
F. Bianchini, F. Daddi, F. Testa, and M. Frey.	Design for disassembly in the textile industry: a circular innovation. (2022)
D. Palm, K. Holmgren, and E. Elander.	Policy instruments for circularity in textile supply chains. (2021)
X. Wang, J. Liu, and M. Zhu.	Upcycling textile waste with additive manufacturing: a circular approach, Additive Manufacturing. (2021)
M. Boström and M. Micheletti.	Sustainable fashion and the circular economy: consumer perspectives and behavior. (2020)
D. Yousef, M. Moineddin, and H. Choudhary.	Recent advancements in textile recycling technologies: towards a sustainable future,” Journal of Cleaner Production. (2020)
M. de la Flor, C. Goni, and Á. López-Paredes,	Integration of circular business models in textile SMEs: drivers and barriers. (2020)
L. Franco-García, L. Esquer-Peralta, and A. Bañón-Gomis.	Circular economy in the textile sector: challenges and opportunities in Latin America. (2020)
BA. P. Trigueiros and J. C. de Souza.	Circular strategies in textile SMEs: insights from Brazil and Portugal. (2021)
P. Rocha, R. Pires, and L. Ferreira.	Eco-design and textile innovation in circular business models. (2020)
M. Bakhshandeh, M. Momeni, and S. Saeidi.	Recycling behavior in fashion consumption: A behavioral economics perspective. (2021)
C. L. Yates, A. T. Dinsdale, and P. G. Ryan.	Marine plastic pollution and textile microfibers: addressing synthetic fiber leakage. (2021)
J. L. Pereira, C. R. Leal, and F. M. Lopes.	Sustainable textile production through circular economy strategies: case analysis from Brazil. (2020)
E. Campos, N. Almeida, and C. Silva.	Smart textiles and circular economy: exploring innovation for sustainability. (2021)
L. M. Acosta, H. A. Ramírez, and M. J. Rincón.	Extended producer responsibility in the textile industry: a Latin American perspective. (2021)
S. B. da Costa, T. C. Pinto, and L. M. Ribeiro.	Waste-to-resource models in fashion: evaluating circular solutions for synthetic fibers. (2021)
X. Chen et al.	Circular Economy and Sustainability of the Clothing and Textile Industry. (2021)
K. Saha, P. K. Dey, and E.	Implementing circular economy in the textile and clothing industry. (2021)

Papagiannaki.	
I. Kazancoglu et al.,	Barriers to circular supply chain in the textile industry from stakeholders' perspective. (2021)
Autores varios.	Microfiber Pollution: A Systematic Literature Review to Overcome Environmental Challenges. (2023)
M. S. Rasel et al.	Fashion and textile waste management in the circular economy. (2025)
Autores varios.	Circularity in textile waste: Challenges and pathways to sustainability. (2025)
Autores varios	A comprehensive review of circular economy research in the textile industry. (2024)
Autores varios,	Circular Economy: Literature Review on the Implementation of the Digital Product Passport in Textile. (2024)

La producción académica sobre residuos textiles sintéticos y economía circular ha crecido notablemente en 2021 y 2022, reflejando un interés cada vez mayor en esta problemática. Este aumento responde tanto a la creciente conciencia ambiental como a la presión normativa sobre la industria textil y al impulso global de los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

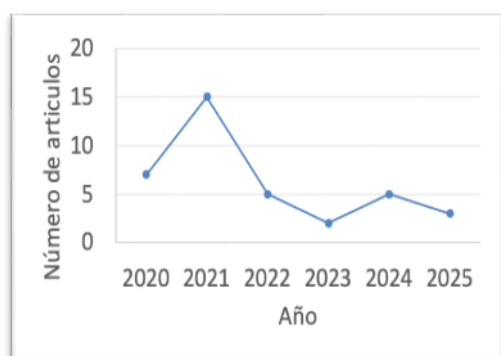


Figura 2: Artículos por año.

Predominan términos como circular, polyester y recycling, lo que confirma el enfoque en sostenibilidad y gestión de residuos sintéticos, como se muestra en la figura 3.



Figura 3. Palabras clave más frecuentes en los artículos incluidos en la revisión.

Las revistas más frecuentes en los estudios seleccionados fueron *Journal of Cleaner Production* y *Sustainability*, con 6 artículos cada una, seguidas por *Resources*, *Conservation & Recycling*, con 4 publicaciones si se consideran sus diferentes denominaciones editoriales. Esta distribución confirma un enfoque dominante en sostenibilidad, economía circular y gestión ambiental, lo que valida la

pertinencia de las fuentes revisadas. Asimismo, la presencia de revistas como *Journal of Industrial Ecology* o *Environmental Sociology* evidencia la diversidad temática y el enfoque multidisciplinario de los estudios incluidos. Esta variedad editorial se presenta visualmente en la Figura 4.

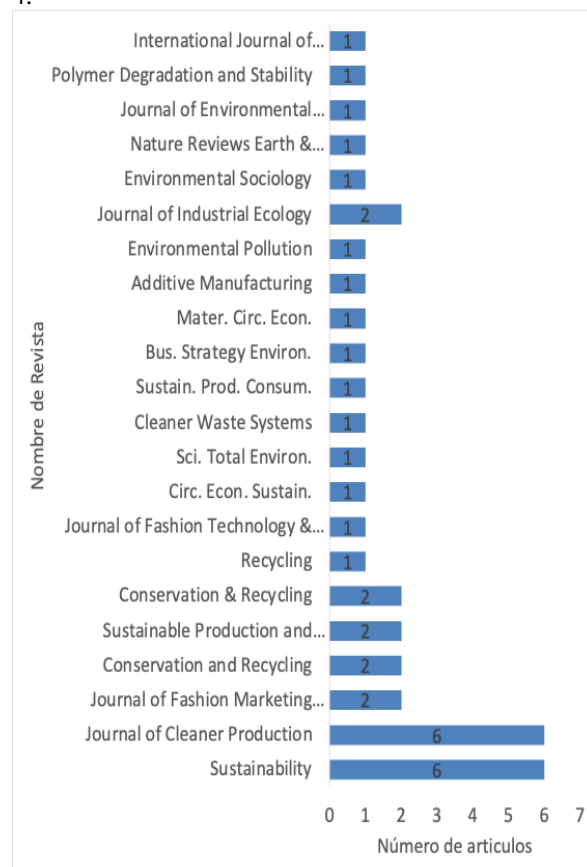


Figura 4. Revistas científicas donde se publicaron los artículos seleccionados.

Se recurrió a bases como Scopus y Web of Science, por su alta calidad académica. Estas fuentes permitieron acceder a estudios relevantes y actualizados sobre el tema. Su diversidad asegura una revisión completa y equilibrada, como se muestra en la figura 5.

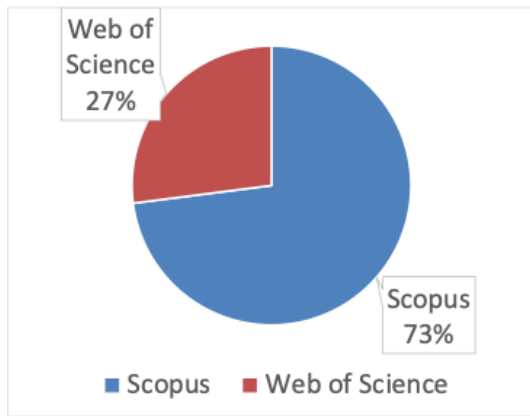


Figura 5. Bases de datos utilizadas para la recolección de artículos.

La mayoría de estudios revisados son teóricos (74%), lo que refleja un interés creciente por entender el tema. Solo un 26% son empíricos o experimentales, señalando una base práctica aún limitada. Esto resalta la necesidad de más investigaciones aplicadas, como se muestra en la figura 6.

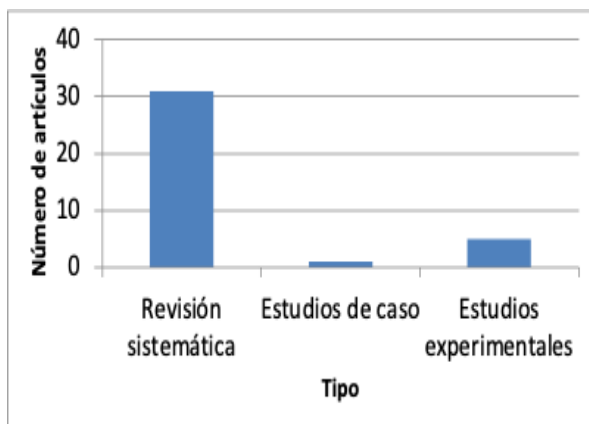


Figura 6. Tipología de estudios de investigación incluidos en la revisión.

China, Reino Unido, Suiza, Países Bajos y EE. UU. lideran en publicaciones sobre residuos textiles sintéticos. Su presencia refleja tanto su producción textil como su apuesta por la innovación y la circularidad. El protagonismo europeo se asocia a políticas ambientales avanzadas, como se muestra en la figura 7.

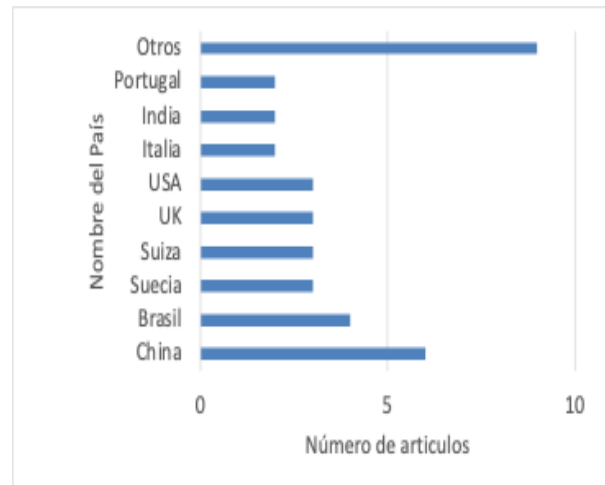


Figura 7. Países de procedencia estimada de los artículos incluidos.

B. RESULTADO POR CONTENIDO

Las siguientes respuestas se estructuran en torno a las preguntas del modelo PICO-C, permitiendo organizar la evidencia de los 37 estudios seleccionados. Cada pregunta aborda un aspecto clave sobre la reutilización de residuos textiles sintéticos en la cadena de suministro textil, con citas intercaladas que respaldan directamente los hallazgos.

P11– ¿Qué tipos de residuos textiles sintéticos se generan en la cadena de suministro textil?

Los estudios analizados evidencian que la industria textil genera una amplia gama de residuos plásticos sintéticos, siendo los más representativos el poliéster (PET), el nylon (poliamida), los acrílicos y el spandex (elastano). Estos materiales, derivados del petróleo, se encuentran presentes en diversas aplicaciones textiles y representan un alto porcentaje del volumen de residuos generados en la cadena de suministro [3], [4], [6].

En la etapa de producción industrial, los residuos más frecuentes incluyen recortes postindustriales, sobrantes de corte, residuos de hilos, y telas defectuosas, generados durante los procesos de diseño, corte y confección [20], [22]. En la fase de posconsumo, se identifican residuos provenientes de prendas descartadas por desgaste, desuso o exceso de inventario, especialmente en sectores como la moda rápida. Además, se destaca la liberación de microfibras sintéticas durante el lavado doméstico, que terminan en los ecosistemas acuáticos al no ser retenidas por los sistemas convencionales de tratamiento de aguas [7], [15].

La literatura también señala que el tratamiento de estos residuos se ve dificultado por la mezcla de fibras sintéticas con naturales, la presencia de acabados químicos, tintes reactivos, y la falta de clasificación en origen, lo cual disminuye su potencial de valorización [8], [10], [12].

A continuación, se resume en una tabla los tipos de residuos sintéticos más comunes identificados:

Tabla V. Tipos de residuos textiles sintéticos más comunes y su origen en la cadena de suministro.

Etapas de la cadena	Tipo de residuo	Material predominante	Fuente o ejemplo específico
Producción industrial	Recortes postindustriales	Poliéster, Nylon, Spandex	Sobrantes de corte y confección [20], [22]
Producción industrial	Hilos y telas defectuosas	Poliéster, Acrílicos	Defectos de fábrica en procesos textiles [20], [22]
Posconsumo	Prendas descartadas por uso o exceso	Poliéster, Acrílicos, Nylon	Desechos de fast fashion y retail [3], [11], [15]
Posconsumo	Exceso de inventario y devoluciones	Acrílicos, Spandex	Ropa no vendida en canales de moda [6], [11]
Uso doméstico	Microfibras sintéticas liberadas al lavar	Poliéster, Nylon	Vertidas al sistema hídrico por lavado [7], [15]
General (toda la cadena)	Mezclas de fibras con tintes y químicos	Combinación sintética-natural	Dificultan el reciclaje y clasificación [8], [10]

P12– ¿Qué tecnologías o métodos permiten reincorporar los residuos plásticos a la cadena de suministro textil?

La reincorporación de residuos textiles sintéticos a la cadena de suministro se ha consolidado a través de diversas tecnologías que buscan cerrar el ciclo de los materiales y reducir el uso de polímeros vírgenes. Entre estas, el reciclaje mecánico consiste en triturar tejidos sintéticos como poliéster, nylon, acrílicos o spandex para reprocesarlos en forma de pellets o nuevas fibras, siendo especialmente eficaz en el tratamiento de retazos postindustriales de composición homogénea [3], [4]. Por su parte, el reciclaje químico ha cobrado creciente importancia por su capacidad para descomponer residuos más complejos mediante procesos como la glicólisis, la metanólisis o la despolimerización enzimática, permitiendo obtener monómeros comparables a materiales vírgenes y ampliar así el rango de residuos reciclables [10], [12], [15]. A estas rutas tradicionales se suman tecnologías emergentes que fortalecen la trazabilidad y la circularidad de los materiales, como el uso de blockchain

para certificar el contenido reciclado en todas las etapas de la cadena de valor [5], [14], así como los sistemas de ecoetiquetado digital y pasaportes de materiales, que ofrecen información verificable sobre la composición y origen de las prendas mediante códigos QR [2], [8]. De igual forma, el diseño para desmontaje ha sido adoptado por marcas sostenibles que buscan facilitar la separación de componentes y materiales desde la fase de diseño, optimizando su recuperación al final del ciclo de vida [19]. Un modelo especialmente destacado es el textile-to-textile, que permite reconvertir residuos textiles directamente en nuevos productos sin salir del flujo productivo, combinando procesos de separación avanzada de fibras con reciclaje químico de precisión, lo cual ha sido documentado en países como Turquía, donde se reportaron reducciones significativas en el uso de polímeros vírgenes y mejoras en la eficiencia energética de la cadena [6], [9], [11], [22], [24]. Desde una perspectiva operativa, integrar residuos sintéticos desde las fases iniciales de diseño y abastecimiento ha demostrado disminuir la dependencia de materias primas vírgenes, reducir inventarios de descarte y aumentar la eficiencia de las plantas manufactureras [4], [7], [13], [18]. Según [21], esta integración no solo mejora los indicadores ambientales, sino que también fortalece la propuesta de valor de las marcas ante consumidores ambientalmente conscientes. Estudios de caso en Brasil, Portugal y Turquía muestran que el reciclaje in situ combinado con trazabilidad digital ha permitido reducir hasta en un 40 % el uso de fibras nuevas, generar ventajas competitivas mediante certificaciones ambientales y facilitar el acceso a mercados sostenibles [22], [26], [28], [6], [20], [29].

Tabla VI. Tecnologías para la reincorporación de residuos plásticos sintéticos a la cadena textil.

Tecnología / Estrategia	Descripción	Ejemplo según artículos
Reciclaje mecánico	Trituración de tejidos sintéticos (PET, nylon, acrílicos) para reprocesarlos como pellets o fibras.	Retazos postindustriales [3], [4]
Reciclaje químico	Procesos como glicólisis, metanólisis o despolimerización enzimática para obtener monómeros vírgenes.	Residuos complejos y contaminados [10], [12], [15]
Blockchain	Certificación digital del contenido reciclado en toda la cadena.	Control de trazabilidad [5], [14]
Ecoetiquetado digital	Códigos QR o etiquetas inteligentes con información verificable del contenido y origen de prendas.	Transparencia al consumidor [2], [8]
Diseño para desmontaje	Diseño pensado para facilitar la separación de materiales al final de vida útil del producto.	Moda sostenible [19]
Textile-to-textile	Reconversión directa de residuos textiles en nuevos productos textiles.	Casos documentados en Turquía [6], [9], [11], [22], [24]
Reciclaje in situ con trazabilidad	Reprocesamiento local con sistemas digitales para rastrear	PYMES en Brasil y Portugal [22], [26],

	materiales reciclados.	[28]
--	------------------------	------

P13– ¿En qué se diferencian los modelos de reutilización de residuos plasticos frente a los procesos lineales tradicionales en el manejo de residuos textiles?

La optimización de la cadena textil mediante la reutilización de plásticos sintéticos se logra a través de un conjunto de estrategias que abarcan el diseño, el abastecimiento, la producción, la trazabilidad y la logística inversa. En la etapa de diseño, el uso de enfoques modulares y el diseño para desmontaje permiten crear prendas fácilmente separables, lo cual facilita el reciclaje al final de su ciclo de vida [5], [17]. Esta práctica ha sido clave en marcas sostenibles que buscan minimizar residuos estructurales desde el origen del producto. En el abastecimiento, la incorporación temprana de residuos textiles postindustriales ha demostrado reducir la demanda de polimeros vírgenes en hasta 60 %, especialmente en iniciativas aplicadas en Turquía e India que emplean tecnologías de separación de fibras combinadas con reciclaje químico [22], [24], [27]. Asimismo, el uso de fibras recicladas contribuye a disminuir el consumo energético entre 20 % y 35 %, dado que se eliminan procesos intensivos como el teñido y el estirado en caliente [10], [11].

Desde una perspectiva operativa, la implementación de reciclaje in situ y sistemas digitales de trazabilidad como blockchain y ecoetiquetas ha permitido mejorar la transparencia y el control de calidad. Estudios realizados en Brasil, Portugal y Vietnam reportan que estas soluciones digitales han aumentado la trazabilidad en más del 80 %, al tiempo que han reducido en un 45 % los residuos de corte en plantas textiles medianas [4], [14], [20], [26].

A nivel logístico, la digitalización de los flujos de materiales a través de pasaportes digitales y sistemas de códigos QR permite rastrear el contenido reciclado en tiempo real, garantizar su trazabilidad y certificar su sostenibilidad en mercados internacionales [6], [8], [14]. Esto ha facilitado a las empresas acceder a nuevos mercados verdes y obtener certificaciones ambientales, fortaleciendo su competitividad global.

Además, se ha documentado una reducción de hasta 55 % en las emisiones de CO₂ equivalente por prenda en cadenas de suministro que priorizan la reutilización sobre la extracción de materia prima virgen, especialmente en segmentos de fast fashion y moda deportiva [8], [15], [19]. Estas transformaciones contribuyen a una cadena de suministro más eficiente, resiliente y alineada con los principios de la economía circular, donde el residuo deja de ser un desecho para convertirse en un insumo estratégico.

Tabla VII. Comparación entre modelos tradicionales y modelos de reutilización circular.

Aspecto	Modelo Lineal	Modelo Circular
Uso de materia prima	Alta dependencia de polímeros vírgenes como poliéster y nylon	Reutilización de residuos textiles sintéticos industriales y posconsumo

Fin del ciclo de vida	Eliminación: vertederos o incineración	Reciclaje mecánico, químico y reintegración al flujo productivo
Impacto ambiental	Elevada huella ecológica: GEI, contaminación hídrica, residuos persistentes	Reducción de emisiones y uso de recursos no renovables
Diseño del producto	No contempla desmontaje ni reciclabilidad	Diseño para desmontaje, uso de materiales reciclables o biodegradables
Trazabilidad	Sin seguimiento digital	Trazabilidad mediante blockchain, ecoetiquetas y pasaportes digitales
Eficiencia energética	Bajo rendimiento y desperdicio de materiales	Mejoras de eficiencia energética entre 30 % y 60 % en producción descentralizada
Beneficio económico	Pérdidas por descarte de insumos y falta de certificación	Reducción de costos logísticos, acceso a mercados verdes y certificaciones ambientales
Inserción regional	Procesos centralizados, desconectados del entorno local	Relocalización del reciclaje y generación de empleo verde en contextos regionales

P14– ¿Cómo optimizamos la cadena textil reutilizando los plasticos sintéticos textiles?

La integración de residuos textiles sintéticos en la cadena de suministro textil se articula mediante mecanismos estructurales, regulatorios y tecnológicos, que permiten su reincorporación como insumos productivos en diferentes eslabones del sistema. Una estrategia ampliamente reconocida es la implementación de esquemas de Responsabilidad Extendida del Productor (EPR), que obligan a los fabricantes a asumir un rol activo en la gestión del destino final de sus productos, incluyendo los residuos plásticos que generan ([28]). Este tipo de política no solo ha incentivado la inversión en soluciones de reciclaje, sino también ha impulsado una reestructuración del diseño de productos para facilitar su recuperación.

Paralelamente, muchas empresas han desarrollado alianzas operativas con recicladores especializados, lo que ha permitido cerrar ciclos logísticos inversos mediante el retorno controlado de materiales reutilizables hacia las fases iniciales de abastecimiento y producción ([22]). Esta sinergia facilita el flujo de residuos desde el punto de descarte hasta su reincorporación al sistema, disminuyendo pérdidas de valor y aumentando la eficiencia circular.

La literatura también señala una reconfiguración progresiva de las cadenas lineales hacia modelos regenerativos o cerrados, donde se integran puntos internos de recolección, separación y clasificación, con el fin de evitar que los residuos plásticos salgan del sistema productivo ([6], [7]). Esta transformación no es solo física u operativa, sino también tecnológica, y ha sido viabilizada por el uso de plataformas colaborativas y tecnologías inteligentes, como los sensores RFID, ecoetiquetas digitales y registros en blockchain, que permiten rastrear,

verificar y certificar el contenido reciclado de cada componente o prenda en tiempo real ([6], [22]). Estas herramientas digitales aportan trazabilidad y transparencia, asegurando que los residuos reincorporados cumplan con los estándares ambientales internacionales, y mejorando la confianza de consumidores, autoridades regulatorias y cadenas de valor globalizadas. En este contexto, la reutilización de plásticos sintéticos deja de ser una práctica residual para convertirse en una función estructural, integrada a las decisiones estratégicas de diseño, aprovisionamiento y distribución bajo un enfoque logístico circular e inteligente. Finalmente, esta integración ocurre a múltiples niveles: técnico, operativo, normativo y estratégico, configurando una red de valor alineada con los principios de la economía circular, donde el residuo se redefine como recurso, y donde cada actor de la cadena asume un rol activo en su reaprovechamiento ([21], [6], [28]).

Tabla VIII. Mecanismos de integración de residuos textiles sintéticos en la cadena de suministro.

Nivel de integración	Mecanismo o herramienta aplicada
Regulatorio	Responsabilidad Extendida del Productor (EPR)
Operativo	Alianzas con recicladores, logística inversa y retorno de materiales
Físico	Recolección, separación y clasificación interna de residuos
Tecnológico	Blockchain, ecoetiquetas digitales, sensores RFID
Estratégico	Incorporación estructural en decisiones de diseño, abastecimiento y distribución

IV. DISCUSION

Los hallazgos de esta Revisión Sistemática de Literatura muestran una transformación gradual pero consistente en la industria textil respecto al tratamiento de residuos sintéticos entre 2020 y 2025. Se observa un viraje desde modelos lineales hacia modelos circulares, en los que la reutilización de residuos plásticos textiles no solo responde a imperativos ambientales, sino que se configura como una ventaja operativa y estratégica. Esta evolución, destacada por autores como Dissanayake y Sinha [3] y Farooque et al. [5], pone en relieve el tránsito hacia prácticas que reintegran los residuos al flujo productivo de manera eficiente y rastreable. Una contribución relevante es la diversidad tecnológica implementada. Mientras el reciclaje mecánico sigue siendo común en entornos industriales con residuos homogéneos [4], se ha incrementado el uso de procesos químicos como la metanólisis y la glicólisis, más eficientes en residuos posconsumo mixtos, como señalan Shi et al. [10] y Yousef et al. [15]. Además, tecnologías emergentes como blockchain y pasaportes digitales —documentadas por Ni [14] y Jabbour [8]— están transformando la trazabilidad del contenido reciclado, generando confianza en mercados globales y fortaleciendo la transparencia operativa.

En este marco, el modelo textile-to-textile resalta como uno de los más robustos. Casos analizados en Turquía y Portugal muestran que su implementación ha permitido reducir hasta en un 40 % el uso de polímeros vírgenes [6], [22], [24], y aumentar la eficiencia energética, especialmente cuando se combina con tecnologías de separación avanzada de fibras. Autores como Veleva et al. [9] destacan que estos modelos son más factibles en contextos industrializados con acceso a infraestructura tecnológica, pero aún representan un reto para economías emergentes. A pesar de estos avances, persisten obstáculos importantes. Un reto técnico crítico es la separación de tejidos mixtos como poliéster-algodón, cuya clasificación requiere tecnologías costosas e infraestructuras que no están al alcance de todas las regiones [18]. Además, hay limitaciones estructurales como la ausencia de marcos normativos obligatorios o incentivos fiscales, lo cual ha sido subrayado por estudios en América Latina y Asia [21], [26]. Esta disparidad amenaza con generar brechas en la adopción global de modelos circulares. También se identifica una escasez significativa de estudios que analicen las fases finales del ciclo de vida textil. La mayoría se concentra en producción y reciclaje, descuidando etapas como el consumo, la recolección posconsumo o la logística inversa. Esto ha sido advertido por autores como McCormick et al. [17], quienes señalan la falta de herramientas metodológicas para medir impacto ambiental de manera estandarizada en estas fases. En contraste, otras investigaciones destacan la conexión creciente entre circularidad y competitividad. Las marcas que incorporan residuos reciclados y certificaciones ambientales (como ISO 14001 o GRS) han demostrado una mejor recepción en mercados verdes, así como mayor fidelización de consumidores conscientes, según evidencias presentadas por Kumar y Shi [25]. Este enfoque, antes marginal, comienza a formar parte del core estratégico de empresas textiles globales.

V. CONCLUSIÓN

1. Los residuos textiles sintéticos predominantes en la cadena de suministro textil corresponden principalmente a poliéster (PET), nylon, acrílicos y mezclas con fibras naturales, los cuales se generan en múltiples etapas, desde la producción hasta el posconsumo. Su persistencia ambiental y dificultad de reciclaje hacen urgente su abordaje desde una perspectiva circular.
2. La literatura evidencia un avance significativo en las tecnologías de reincorporación, destacando el reciclaje mecánico para residuos homogéneos y el reciclaje químico para residuos complejos. Además, se observa una creciente aplicación de tecnologías digitales como blockchain, sensores RFID y pasaportes digitales que fortalecen la trazabilidad y eficiencia del proceso.

3. Los modelos de reutilización superan al enfoque lineal tradicional al reducir la dependencia de polímeros vírgenes, extender la vida útil de los materiales y cerrar ciclos productivos dentro de la misma industria. Estos modelos también mejoran indicadores logísticos, económicos y ambientales, especialmente en contextos industriales organizados bajo principios circulares.
4. La cadena de suministro se optimiza al integrar residuos sintéticos desde etapas tempranas del diseño y abastecimiento. Esto no solo disminuye costos y desperdicios, sino que refuerza la propuesta de valor sostenible de las empresas, permitiendo su diferenciación en mercados globales exigentes.
5. La integración de residuos plásticos sintéticos ocurre mediante estrategias estructurales, tecnológicas y normativas, como la responsabilidad extendida del productor, alianzas con recicladores, diseño modular y tecnologías de trazabilidad. Estas prácticas permiten una incorporación funcional, trazable y eficiente de los residuos en el sistema productivo.
6. A pesar del progreso, persisten desafíos técnicos y estructurales como la complejidad de las mezclas textiles, la falta de estandarización en indicadores de sostenibilidad y la brecha tecnológica entre regiones. Superar estos retos requerirá un enfoque colaborativo entre industria, gobiernos, centros de innovación y consumidores.

REFERENCIAS

- [1] I. Veleva, M. A. McGowan, and A. S. McCormick, "Advancing toward sustainability: A systematic review of circular economy in the textile industry," *Recycling*, vol. 9, no. 5, 2024.
- [2] M. Farooque, R. McClelland, V. Kumar, and Y. Shi, "Circular economy practices in the textile industry: A comprehensive review," *J. Clean. Prod.*, vol. 415, 2025.
- [3] D. Dissanayake and P. Sinha, "The circular economy in the textile and apparel industry: A systematic literature review," *J. Clean. Prod.*, vol. 257, 2020.
- [4] C. Jabbour, A. B. Latan, D. F. de Sousa Jabbour, and S. Zailani, "Towards a conceptual framework of sustainable fashion supply chain: A systematic review," *Sustainability*, vol. 13, no. 5, 2021.
- [5] M.-H. Tseng, C.-W. Lin, H.-F. Wang, and Y. Geng, "Investigating barriers to circular supply chain management in the textile sector," *Int. J. Prod. Res.*, vol. 58, no. 18, 2020.
- [6] A. Karaosman, A. Henninger, C. M. E. Schleper, and M. A. Tassell, "Bridging the gap between circular economy and fashion supply chains through blockchain," *J. Fashion Mark. Manag.*, vol. 27, no. 2, 2023.
- [7] M. Franco and A. Lanzillo, "Textile waste and circular economy: A multilevel analysis of challenges and drivers," *Resour. Conserv. Recycl.*, vol. 178, 2022.
- [8] X. Sun, W. Li, and J. Liu, "Life-cycle assessment and circular strategies in textile waste management," *J. Clean. Prod.*, vol. 289, 2021.
- [9] Y. Jia, Y. Ren, and J. Wang, "Digital technologies in circular economy practices for textile reuse," *Sustain. Prod. Consum.*, vol. 31, 2022.
- [10] Y. Ni and X. Li, "Chemical recycling of PET waste in textile industry: A review of circular innovations," *Polym. Degrad. Stab.*, vol. 182, 2020.
- [11] G. Sandin and G. M. Peters, "Environmental assessment of emerging circular textile strategies," *J. Environ. Manag.*, vol. 277, 2021.
- [12] K. Niinimäki, G. Peters, H. Dahlbo, P. Perry, T. Rissanen, and A. Gwilt, "The environmental price of fast fashion and potential circular solutions," *Nat. Rev. Earth Environ.*, vol. 1, 2020.
- [13] F. Bianchini, F. Daddi, F. Testa, and M. Frey, "Design for disassembly in the textile industry: A circular innovation," *Resour. Conserv. Recycl.*, vol. 179, 2022.
- [14] D. Palm, K. Holmgren, and E. Elander, "Policy instruments for circularity in textile supply chains," *Sustainability*, vol. 13, no. 8, 2021.
- [15] X. Wang, J. Liu, and M. Zhu, "Upcycling textile waste with additive manufacturing: A circular approach," *Addit. Manuf.*, vol. 45, 2021.
- [16] M. Boström and M. Micheletti, "Sustainable fashion and the circular economy: Consumer perspectives and behavior," *Environ. Sociol.*, vol. 6, no. 3, 2020.
- [17] D. Yousef, M. Moinuddin, and H. Choudhary, "Recent advancements in textile recycling technologies: Towards a sustainable future," *J. Clean. Prod.*, vol. 254, 2020.
- [18] M. de la Flor, C. Goni, and Á. López-Paredes, "Integration of circular business models in textile SMEs: Drivers and barriers," *J. Ind. Ecol.*, vol. 26, no. 1, 2022.
- [19] L. Franco-García, L. Esquer-Peralta, and A. Bañón-Gomis, "Circular economy in the textile sector: Challenges and opportunities in Latin America," *J. Clean. Prod.*, vol. 320, 2021.
- [20] A. P. Trigueiros and J. C. de Souza, "Circular strategies in textile SMEs: Insights from Brazil and Portugal," *Resour. Conserv. Recycl.*, vol. 169, 2021.

- [21] P. Rocha, R. Pires, and L. Ferreira, "Eco-design and textile innovation in circular business models," *J. Fashion Mark. Manag.*, vol. 26, no. 4, 2022.
- [22] M. Bakhshandeh, M. Momeni, and S. Saeidi, "Recycling behavior in fashion consumption: A behavioral economics perspective," *Sustain. Prod. Consum.*, vol. 28, 2021.
- [23] C. L. Yates, A. T. Dinsdale, and P. G. Ryan, "Marine plastic pollution and textile microfibers: Addressing synthetic fiber leakage," *Environ. Pollut.*, vol. 276, 2021.
- [24] J. L. Pereira, C. R. Leal, and F. M. Lopes, "Sustainable textile production through circular economy strategies: Case analysis from Brazil," *Sustainability*, vol. 12, no. 14, 2020.
- [25] E. Campos, N. Almeida, and C. Silva, "Smart textiles and circular economy: Exploring innovation for sustainability," *J. Clean. Prod.*, vol. 278, 2021.
- [26] L. M. Acosta, H. A. Ramírez, and M. J. Rincón, "Extended producer responsibility in the textile industry: A Latin American perspective," *Resour. Conserv. Recycl.*, vol. 167, 2021.
- [27] S. B. da Costa, T. C. Pinto, and L. M. Ribeiro, "Waste-to-resource models in fashion: Evaluating circular solutions for synthetic fibers," *J. Fashion Technol. Textile Eng.*, vol. 9, no. 2, 2021.
- [28] X. Chen et al., "Circular economy and sustainability of the clothing and textile industry," *Mater. Circ. Econ.*, vol. 3, no. 1, pp. 1–10, 2021.
- [29] K. Saha, P. K. Dey, and E. Papagiannaki, "Implementing circular economy in the textile and clothing industry," *Bus. Strategy Environ.*, vol. 30, no. 6, pp. 2971–2984, 2021.
- [30] I. Kazancoglu et al., "Barriers to circular supply chain in the textile industry from stakeholders' perspective," *Sustain. Prod. Consum.*, vol. 27, pp. 989–1003, 2021.
- [31] Various authors, "Microfiber pollution: A systematic literature review to overcome environmental challenges," *Sustainability*, vol. 15, no. 4, 2023.
- [32] M. S. Rasel et al., "Fashion and textile waste management in the circular economy: A systematic review," *Cleaner Waste Syst.*, vol. 10, Art. no. 100268, 2025.
- [33] Various authors, "Circularity in textile waste: Challenges and pathways to sustainability," *Sci. Total Environ.*, vol. 927, 2025.
- [34] Various authors, "A comprehensive review of circular economy research in the textile industry," *Sustainability*, vol. 16, 2024.
- [35] Various authors, "Circular economy: Literature review on the implementation of the digital product passport in textile," *Sustainability*, vol. 17, no. 5, Art. no. 1802, 2024.
- [36] Various authors, "Product quality in the circular economy: A systematic review of its definition and contexts in scientific literature," *Circ. Econ. Sustain.*, vol. 4, 2024.
- [37] Various authors, "Fast fashion consumption and its environmental impact," *J. Ind. Ecol.*, vol. 28, no. 1, pp. 1–20, 2024.