

La Inteligencia Artificial como Impulsora de la Economía Circular en la Industria 5.0 Sostenible: Revisión Sistemática de la Literatura, Vacíos de Investigación y Agenda Científica 2027–2035

Artificial Intelligence as a Driver of the Circular Economy in Sustainable Industry 5.0: A Systematic Literature Review, Research Gaps, And A 2027–2035 Scientific Agenda

Phd. Martin Albino Solis Tipian¹, Dr. Felix Alfredo Guerrero Roldan², Dr. Durand Gonzales Cesar Angel³, Dr. Jorge Luis Ilquimiche Melly⁴, Dr. Rufino Alejos Ipanaqué⁵

¹Universidad Nacional del Callao, <https://orcid.org/0000-0003-3748-8479>, masolist@unac.edu.pe

²Universidad Nacional del Callao, <https://orcid.org/0000-0002-0072-1102>

³Universidad Nacional del Callao, <https://orcid.org/0000-0002-2148-5903>

⁴Universidad Nacional del Callao, <https://orcid.org/0000-0001-5974-1979>

⁵Universidad Nacional del Callao, <https://orcid.org/0000-0002-9478-3370>

Resumen

Antecedentes: La Industria 5.0 reorienta la transformación digital hacia un modelo centrado en las personas, la resiliencia y la sostenibilidad, en el que la Inteligencia Artificial (IA) se proyecta como habilitador clave de la Economía Circular (EC). Sin embargo, el cuerpo de revisiones existente permanece fragmentado por tecnología, sector o región, y no se ha consolidado una agenda científica prospectiva que delimite los vacíos pendientes hacia 2035. Objetivo: Sistematizar la evidencia científica sobre la aplicación de la IA como impulsora de la EC en la Industria 5.0, identificando tendencias, enfoques metodológicos, beneficios, limitaciones y vacíos de conocimiento. Metodología: Se realizó una revisión de alcance (scoping review) de

tipo exploratorio-sistemático, informada por los lineamientos PRISMA 2020, sobre bases de datos académicas de alto impacto (Scopus, Web of Science, ScienceDirect, Springer, MDPI, arXiv) y motores de búsqueda académicos, con ecuaciones booleanas que combinaron términos de IA, Economía Circular e Industria 5.0, abarcando el periodo 2020–2026. Resultados: La evidencia analizada muestra una concentración temática en cuatro dominios —manufactura sostenible y mantenimiento predictivo, clasificación y reciclaje asistido por visión artificial, gemelos digitales y sistemas ciber-físicos, y gobernanza algorítmica de políticas circulares—, con una marcada concentración geográfica en Europa, Asia Oriental y Norteamérica y una representación residual de América Latina. Conclusión: Persisten vacíos teóricos, metodológicos y geográficos críticos, en particular la ausencia de marcos de gobernanza ética y de evidencia empírica situada en economías emergentes. Se propone una agenda científica 2027–2035 estructurada en cinco ejes prioritarios para orientar la investigación futura sobre IA aplicada a la EC en la Industria 5.0.

Palabras clave: inteligencia artificial; economía circular; Industria 5.0; sostenibilidad; revisión sistemática; agenda de investigación.

Abstract

Background: Industry 5.0 redirects digital transformation toward a human-centred, resilient and sustainable paradigm in which Artificial Intelligence (AI) is projected as a key enabler of the Circular Economy (CE). Existing reviews, however, remain fragmented by technology, sector or region, and no prospective scientific agenda has yet delimited the gaps that persist toward 2035. Objective: To systematize scientific evidence on AI as a driver of CE within Industry 5.0, identifying trends, methodological approaches, benefits, limitations and knowledge gaps. Methods: An exploratory-systematic scoping review, informed by PRISMA 2020 guidelines, was conducted across high-impact academic databases (Scopus, Web of Science, ScienceDirect, Springer, MDPI, arXiv) using Boolean search strings combining AI, Circular Economy and Industry 5.0 terms for the 2020–2026 period. Results: The evidence converges on four thematic domains—sustainable manufacturing and predictive maintenance, computer-vision-assisted sorting and recycling, digital twins and cyber-physical systems, and algorithmic governance of circular policy—with a marked geographic concentration in Europe, East Asia and North America and a residual representation of Latin America. Conclusion: Critical theoretical,



methodological and geographic gaps persist, particularly the absence of ethical governance frameworks and empirical evidence situated in emerging economies. A 2027–2035 scientific agenda structured around five priority axes is proposed to guide future research on AI applied to CE within Industry 5.0.

Keywords: artificial intelligence; circular economy; Industry 5.0; sustainability; systematic review; research agenda.

1. Introducción

La aceleración del consumo de recursos y la creciente generación de residuos industriales han situado a la Economía Circular (EC) como un paradigma central para desacoplar el crecimiento económico del agotamiento de recursos naturales. Frente a este escenario, la Industria 5.0 emerge como una evolución de la Industria 4.0 que, sin abandonar la digitalización intensiva, recoloca a las personas y la sostenibilidad en el centro de la transformación productiva, complementando la automatización con colaboración humano-máquina, resiliencia y responsabilidad ambiental.

La Inteligencia Artificial (IA) —en sus variantes de aprendizaje automático, aprendizaje profundo, visión por computadora, procesamiento del lenguaje natural y gemelos digitales— se ha consolidado como uno de los habilitadores tecnológicos más citados de la transición circular. La evidencia disponible documenta aplicaciones de IA en mantenimiento predictivo orientado a alargar la vida útil de los activos industriales, en sistemas de visión artificial para la clasificación y separación automatizada de residuos, en gemelos digitales para la trazabilidad de materiales, y en herramientas de analítica predictiva para el diseño de políticas públicas circulares.

1.1 Estado del arte

Diversas revisiones recientes han documentado distintas facetas de esta confluencia tecnológica. Atif [1] analizó la alineación entre la Economía Circular y la Industria 4.0 frente al surgimiento de la Industria 5.0, concluyendo que esta última ofrece un marco más integral al incorporar valores centrados en el ser humano junto con el avance tecnológico. En la misma línea, una revisión bibliométrica y sistemática reciente sobre Industria 5.0 y EC, basada en análisis de co-ocurrencia de palabras clave y modelado de tópicos (BERTopic) sobre 283 artículos indexados en Scopus, identificó cuatro clústeres temáticos dominantes: avances tecnológicos y manufactura



sostenible, resiliencia centrada en el ser humano, tecnologías digitales y sistemas ciber-físicos, y colaboración humano-máquina [7].

En el plano específico de la aplicación de IA a la EC, Noman [4] condujeron un análisis bibliométrico sobre 104 documentos indexados en Scopus, de los cuales 40 fueron sometidos a revisión sistemática, clasificando la producción científica en seis categorías: desarrollo sostenible, logística inversa, gestión de residuos, gestión de la cadena de suministro, reciclaje y reutilización, y desarrollo de procesos de manufactura. Los autores concluyeron que persisten vacíos de investigación relevantes que requieren mayor atención, particularmente en la integración de modelos de IA explicable dentro de los procesos de toma de decisión circular.

En el dominio específico de la gestión de residuos, la visión por computadora y el aprendizaje profundo han sido ampliamente estudiados como mecanismo de automatización de la clasificación de residuos sólidos municipales. Lu y Chen [3] realizaron una revisión crítica de la investigación académica sobre visión por computadora aplicada a la clasificación de residuos, documentando una transición progresiva desde algoritmos de aprendizaje automático tradicional hacia arquitecturas de aprendizaje profundo, al tiempo que advirtieron sobre la escasez de conjuntos de datos abiertos y la sobre-representación de entornos experimentales simplificados frente a condiciones industriales reales.

Desde una perspectiva regional, el análisis bibliométrico de Ospina-Mateus [5] sobre 632 publicaciones indexadas en Scopus relativas a la EC en América Latina evidenció que Brasil concentra el mayor volumen de producción científica de la región, con la gestión de residuos como tema dominante, y proyectó un crecimiento sostenido de la producción regional hacia 2026. No obstante, los autores no identificaron una línea de investigación consolidada que vincule explícitamente la IA con la EC en contextos latinoamericanos, lo que sugiere una brecha de representación geográfica relevante para la presente revisión.

1.2 La brecha de conocimiento (The GAP)

A pesar de la proliferación de revisiones sobre IA, EC e Industria 5.0 de manera bilateral (IA–EC, IA–Industria 5.0, o EC–Industria 5.0), la literatura actual adolece de una síntesis integradora que examine simultáneamente la triple intersección $IA \times EC \times Industria\ 5.0$ bajo un enfoque prospectivo orientado a 2027–2035. Existe, además, un vacío crítico respecto a la representación



geográfica de las economías emergentes —particularmente América Latina y el Perú— en la producción científica revisada, así como respecto a los marcos de gobernanza ética y regulatoria que deberían acompañar la adopción de IA en procesos circulares. Los modelos previos fallan al considerar de manera conjunta las dimensiones tecnológica, metodológica, sectorial, ética y geográfica del fenómeno, fragmentando el conocimiento en revisiones especializadas que no permiten construir una agenda científica unificada.

1.3 Pregunta y objetivo de investigación

Pregunta de investigación: ¿Cuáles son las tendencias, contribuciones y vacíos de conocimiento que caracterizan la aplicación de la Inteligencia Artificial como impulsora de la Economía Circular en el contexto de la Industria 5.0 Sostenible, y qué agenda científica se requiere para el periodo 2027–2035?

Objetivo general: Realizar una revisión sistemática de la literatura científica sobre la aplicación de la Inteligencia Artificial como impulsora de la Economía Circular en la Industria 5.0 Sostenible, con el propósito de identificar tendencias de investigación, contribuciones científicas, vacíos del conocimiento y establecer una agenda de investigación para el periodo 2027–2035.

1.4 Justificación y originalidad

La urgencia de este estudio se sustenta en tres factores convergentes: (a) la velocidad con la que la IA generativa y los gemelos digitales están siendo adoptados en entornos industriales, lo que demanda síntesis científica continua; (b) la ausencia de marcos integradores que articulen simultáneamente las tres dimensiones del fenómeno (tecnológica, circular e industrial 5.0); y (c) la escasa visibilidad de economías emergentes —incluido el Perú— en la agenda científica internacional sobre el tema. El valor agregado de este estudio radica en ofrecer, por primera vez, una agenda científica prospectiva 2027–2035 derivada explícitamente de los vacíos identificados, que pueda orientar tanto a investigadores como a formuladores de política industrial.

2. Metodología

2.1 Diseño y enfoque



Se adoptó un diseño de revisión de alcance (scoping review) de naturaleza exploratorio-sistemática, informado por los lineamientos PRISMA 2020 [6] para la transparencia y reproducibilidad del proceso de búsqueda, cribado y síntesis. Este enfoque se justifica epistemológicamente por la naturaleza emergente y multidisciplinaria del fenómeno estudiado, que demanda mapear la amplitud de la evidencia disponible antes que restringirse a un metaanálisis cuantitativo, dada la heterogeneidad metodológica de los estudios primarios identificados (cuantitativos, cualitativos, bibliométricos y de revisión).

2.2 Fuentes de información y ecuaciones de búsqueda

La búsqueda se ejecutó sobre bases de datos y repositorios académicos de alto impacto, incluyendo Scopus, Web of Science, ScienceDirect, SpringerLink, MDPI y arXiv, complementada con motores de búsqueda académica especializados. Se emplearon ecuaciones de búsqueda construidas mediante operadores booleanos (AND, OR) y truncamientos, combinando los siguientes bloques de palabras clave: (a) Inteligencia Artificial: "Artificial Intelligence", "Machine Learning", "Deep Learning", "Computer Vision", "Digital Twin"; (b) Economía Circular: "Circular Economy", "Closed-loop", "Reverse Logistics", "Recycling", "Waste Management"; y (c) Industria 5.0: "Industry 5.0", "Society 5.0", "Sustainable Manufacturing", "Industrial Internet of Things".

2.3 Criterios de elegibilidad

Criterios de inclusión: artículos originales y revisiones publicados entre 2020 y 2026, sometidos a revisión por pares, escritos en inglés o español, y directamente relacionados con la intersección IA–EC–Industria 5.0. Criterios de exclusión: literatura gris, capítulos de libro, editoriales, actas de conferencia sin revisión por pares completa, y documentos sin evidencia metodológica suficiente o sin acceso al texto completo.

2.4 Extracción y análisis de datos

Los datos se organizaron mediante una matriz de análisis bibliográfico que recopiló, para cada estudio incluido, los siguientes campos: autores, año, país, revista/cuartil, enfoque metodológico, sector industrial, tecnología de IA empleada, principales resultados, limitaciones declaradas y vacíos de investigación identificados por los propios autores. El análisis combinó síntesis cualitativa temática —agrupando los hallazgos en dominios de aplicación recurrentes— con una



caracterización bibliométrica descriptiva de la distribución geográfica, sectorial y temporal de la producción científica revisada.

2.5 Limitaciones del proceso de búsqueda

Cabe precisar que el presente estudio constituye una revisión de alcance basada en el acceso a resúmenes, metadatos y, en los casos en que estuvo disponible, el texto completo de los documentos a través de los repositorios señalados; no reproduce un protocolo de exportación bibliométrica masiva (descarga de archivos .csv/.ris) desde Scopus o Web of Science con licencia institucional. Por ello, los hallazgos numéricos citados (p. ej., número de documentos analizados en estudios bibliométricos previos) corresponden a cifras reportadas por los autores originales de cada estudio referenciado, y no a un recuento propio. Esta precisión metodológica se declara explícitamente en la sección de limitaciones (5.4).

3. Resultados

La síntesis de la evidencia revisada permite organizar la producción científica en cuatro dominios temáticos recurrentes, sintetizados en la Tabla 1, junto con su nivel de madurez relativo y los vacíos predominantes en cada uno.

Tabla 1. Dominios temáticos de la aplicación de IA a la Economía Circular en la Industria 5.0

Dominio temático	Tecnologías de IA predominantes	Hallazgos clave reportados en la literatura	Madurez relativa
Manufactura sostenible y mantenimiento predictivo	Machine Learning, Deep Learning, IIoT	Reducción de tiempos de inactividad y prolongación de la vida útil de equipos mediante modelos predictivos (Çınar et al., 2020; revisiones posteriores)	Alta
Clasificación y reciclaje asistido por visión artificial	Computer Vision, CNN, robótica	Transición de algoritmos tradicionales hacia arquitecturas de aprendizaje profundo; escasez de datasets abiertos y de validación en entornos industriales reales (Lu & Chen, 2022)	Media-Alta
Gemelos digitales y sistemas ciber-físicos	Digital Twins, IoT, IA explicable	Mejora de la trazabilidad de materiales y soporte a la toma	Media



		de decisiones en tiempo real; persisten brechas de interoperabilidad y de explicabilidad algorítmica	
Gobernanza algorítmica de políticas circulares	NLP, modelos predictivos de política pública	Uso incipiente de IA para el modelado de sistemas y la regulación adaptativa; predominio de un enfoque instrumental con escasa problematización ética	Baja-Media

En relación con la distribución geográfica de la producción científica, la evidencia indica una concentración marcada en Europa —impulsada en parte por marcos regulatorios como el Pasaporte Digital de Producto de la Unión Europea— y en Asia Oriental, mientras que regiones como América Latina, África y partes de Asia Sudoriental exhiben una participación significativamente menor en la literatura sobre IA aplicada a la economía sostenible (revisión sobre innovación inteligente para la economía circular, 2025). Específicamente para América Latina, el análisis bibliométrico de Ospina-Mateus [5] sobre 632 publicaciones identificó a la gestión de residuos como el tema más estudiado en la región, con Brasil como principal contribuyente, pero no documentó una línea de investigación consolidada que articule explícitamente IA, EC e Industria 5.0 en el contexto regional.

En cuanto a los enfoques metodológicos empleados por los investigadores, la literatura revisada muestra un predominio de tres familias: (a) estudios bibliométricos y de modelado de tópicos (VOSviewer, BERTopic, co-word analysis), empleados para mapear la estructura conceptual del campo; (b) estudios experimentales de validación de modelos de IA (precisión de clasificación, métricas de error) en contextos de laboratorio o piloto; y (c) revisiones sistemáticas cualitativas orientadas a la síntesis de barreras, facilitadores y marcos conceptuales. Se observa una notoria escasez de estudios cuantitativos de impacto económico-ambiental a gran escala que vinculen directamente la adopción de IA con indicadores agregados de circularidad.

Respecto a los beneficios reportados, la evidencia converge en cuatro tipos de contribución: ambiental (reducción de residuos y de huella de carbono mediante mantenimiento predictivo y clasificación automatizada), económica (reducción de costos operativos y de tiempos de inactividad), tecnológica (mejora de la trazabilidad mediante gemelos digitales) y social

(potencial de colaboración humano-máquina sin desplazamiento total de la fuerza laboral, en línea con el componente humano-centrista de la Industria 5.0).

Tabla 2. Vacíos de investigación identificados por dimensión

Dimensión	Vacío identificado
Teórico	Ausencia de un marco conceptual unificado que integre simultáneamente IA, EC e Industria 5.0; los modelos disponibles abordan pares de constructos de forma bilateral.
Metodológico	Predominio de estudios piloto y de laboratorio frente a validaciones a escala industrial real; escasez de datasets abiertos de residuos y procesos circulares.
Empírico	Falta de evidencia cuantitativa longitudinal sobre el impacto agregado de la IA en indicadores de circularidad (tasas de reciclaje, reducción de huella de carbono).
Tecnológico	Limitada explicabilidad (XAI) de los modelos de IA empleados en decisiones circulares, lo que restringe la confianza y la trazabilidad regulatoria.
Ético-regulatorio	Enfoque predominantemente instrumental de la IA, con escasa problematización de sesgos algorítmicos, gobernanza de datos e impactos distributivos.
Geográfico	Subrepresentación sistemática de América Latina, África y Asia Sudoriental en la producción científica sobre IA aplicada a la EC.
Sectorial	Concentración en manufactura y gestión de residuos sólidos; escasa evidencia en sectores agroalimentario, construcción y servicios en economías emergentes.

4. Discusión

Los hallazgos sintetizados confirman, en primer lugar, que la convergencia entre IA y EC en el marco de la Industria 5.0 ha transitado de un estadio puramente exploratorio hacia aplicaciones con validación experimental en dominios específicos —particularmente mantenimiento predictivo y clasificación de residuos—, lo que coincide con la transición de algoritmos tradicionales a arquitecturas de aprendizaje profundo documentada por Lu y Chen [3]. Sin embargo, a diferencia de lo sugerido por enfoques tecnocéntricos previos, la evidencia revisada indica que la maduración tecnológica no ha sido acompañada por un desarrollo equivalente en los marcos de gobernanza, explicabilidad y regulación, lo que reproduce en el dominio de la EC una tensión ya documentada en otros campos de aplicación de la IA generativa, donde la opacidad algorítmica limita la confianza y el cumplimiento normativo.

En segundo lugar, el contraste entre la producción concentrada en Europa y Asia Oriental, y la escasa representación de América Latina identificada por Ospina-Mateus [5] sugiere que la



brecha no es meramente cuantitativa sino estructural: la región concentra su producción científica sobre EC en gestión de residuos convencional, sin que la IA emerja todavía como un eje articulador explícito. Esto puede explicarse por restricciones de infraestructura digital, financiamiento para innovación y marcos regulatorios menos consolidados en economías emergentes, en línea con barreras reportadas para la adopción de tecnologías digitales habilitadoras de la EC en general.

En tercer lugar, el predominio de estudios bibliométricos y de modelado de tópicos frente a estudios de impacto cuantitativo a gran escala sugiere que el campo se encuentra todavía en una fase de mapeo conceptual, y que la transición hacia una fase de evaluación de impacto agregado —indispensable para influir en política pública— constituye precisamente uno de los vacíos más urgentes detectados en esta revisión.

4.1 Contribución teórica y práctica

Este estudio contribuye a cerrar el vacío identificado al proponer un marco integrador que articula explícitamente las tres dimensiones —IA, EC e Industria 5.0— bajo un esquema único de dominios temáticos (Tabla 1) y vacíos transversales (Tabla 2), superando la fragmentación bilateral de la literatura previa. En el plano práctico, los hallazgos ofrecen a formuladores de política industrial una base para priorizar inversiones en infraestructura de datos abiertos, marcos de IA explicable y programas de cooperación científica orientados a reducir la brecha geográfica documentada, particularmente relevante para el Perú y la región latinoamericana.

5. Conclusiones

5.1 Conclusiones generales

La evidencia revisada confirma que la Inteligencia Artificial constituye un habilitador tecnológico consolidado para la manufactura sostenible y la gestión de residuos dentro de la Industria 5.0, pero que su integración con los principios más amplios de la Economía Circular —trazabilidad de materiales, gobernanza adaptativa y diseño regenerativo— permanece en una fase incipiente, fragmentada por dominio tecnológico y marcadamente desigual en su distribución geográfica.

5.2 Limitaciones del estudio



Este estudio presenta limitaciones que deben declararse con honestidad académica. Primero, el alcance de la búsqueda, aunque sistemático, no constituye una exportación bibliométrica exhaustiva con licencia institucional de Scopus/WoS, por lo que los recuentos cuantitativos citados provienen de los estudios bibliométricos originales referenciados y no de un recuento propio. Segundo, la revisión privilegió fuentes en inglés y español, lo que pudo excluir evidencia relevante publicada en otros idiomas. Tercero, la naturaleza emergente del campo — particularmente en lo relativo a IA generativa aplicada a la EC— implica que parte de la evidencia más reciente podría no estar todavía indexada o sometida a revisión por pares al momento de esta síntesis.

5.3 Líneas de futura investigación

Derivado de las limitaciones señaladas, se recomienda: (a) complementar esta revisión de alcance con un metaanálisis bibliométrico formal basado en exportación directa desde Scopus y Web of Science; (b) desarrollar estudios empíricos longitudinales que cuantifiquen el impacto agregado de la IA sobre indicadores de circularidad en sectores específicos; y (c) ampliar la cobertura idiomática y geográfica de futuras revisiones para capturar de manera más representativa la producción científica de economías emergentes.

5.4 Agenda Científica Prospectiva 2027–2035

1. Eje 1 — Gobernanza ética y explicabilidad: desarrollar marcos de IA explicable (XAI) específicos para decisiones circulares, con estándares de auditoría algorítmica.
2. Eje 2 — Evidencia empírica a escala industrial: transitar de estudios piloto hacia validaciones longitudinales en plantas industriales reales, con métricas estandarizadas de circularidad.
3. Eje 3 — Inclusión geográfica: impulsar agendas de investigación e infraestructura de datos abiertos específicas para América Latina, África y Asia Sudoriental.
4. Eje 4 — Diversificación sectorial: extender la investigación más allá de manufactura y residuos sólidos hacia sectores agroalimentario, construcción y servicios.
5. Eje 5 — Integración conceptual: consolidar un marco teórico unificado IA–EC–Industria 5.0 que permita comparabilidad entre estudios y acumulación de conocimiento.



6. Referencias

- [1]. Atif, S. (2023). Analysing the alignment between circular economy and industry 4.0 nexus with industry 5.0 era: An integrative systematic literature review. *Sustainable Development*, 31(4), 2155–2175. <https://doi.org/10.1002/sd.2542>
- [2]. Çınar, Z. M., Abdussalam Nuhu, A., Zeeshan, Q., Korhan, O., Asmael, M., & Safaei, B. (2020). Machine learning in predictive maintenance towards sustainable smart manufacturing in Industry 4.0. *Sustainability*, 12(19), 8211. <https://doi.org/10.3390/su12198211>
- [3]. Lu, W., & Chen, J. (2022). Computer vision for solid waste sorting: A critical review of academic research. *Waste Management*, 142, 29–43. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2022.02.009>
- [4]. Noman, A. A., Haque, A. K. M. B., et al. (2022). Machine learning and artificial intelligence in circular economy: A bibliometric analysis and systematic literature review. *arXiv preprint*, arXiv:2205.01042. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2205.01042>
- [5]. Ospina-Mateus, H., Marrugo-Salas, L., Castilla Castilla, L., Castellón, L., Cantillo, A., Bolivar, L. M., Salas-Navarro, K., & Zamora-Musa, R. (2023). Analysis in circular economy research in Latin America: A bibliometric review. *Heliyon*, 9(9). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e20323>
- [6]. Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., et al. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- [7]. Rejeb, A., Rejeb, K., Keogh, J. G., & Süle, E. (2025). When Industry 5.0 meets the circular economy: A systematic literature review. *Circular Economy and Sustainability*, 5(4), 2621–2652. <https://doi.org/10.1007/s43615-025-00570-y>

