

Artículo Revisión

Economía circular como modelo para el desarrollo sostenible

Circular economy as a model for sustainable development

Filipe Vidal Avelino^{1*}  

¹Universidade Agostinho Neto de Angola, Angola

*Autor de correspondencia: Filipe Vidal Avelino 

Recibido: 09-03-2024

Revisado: 16-03-2024

Aceptado: 23-03-2024

Publicado: 30-03-2024

Cómo citar este artículo: Vidal Avelino, F. (2024). Economía circular como modelo para el desarrollo sostenible. *Viterra*, 2(1), 1-34. <https://viterra.diginova.pro/index.php/viterra/article/view/10>

RESUMEN

La economía circular se ha consolidado como un modelo alternativo frente a los patrones lineales de extracción, producción, consumo y eliminación, al proponer el aprovechamiento continuo de materiales, la reducción de residuos y la regeneración de los sistemas naturales. Este artículo tuvo como objetivo analizar los fundamentos, estrategias, beneficios y desafíos de la economía circular como modelo para el desarrollo sostenible. Se realizó una revisión bibliográfica narrativa basada en publicaciones científicas e informes institucionales relacionados con circularidad, sostenibilidad, innovación, eficiencia de recursos y Objetivos de Desarrollo Sostenible. La literatura examinada mostró que la aplicación de principios como reducir, reutilizar, reparar, remanufacturar y reciclar puede disminuir la presión sobre los recursos naturales, limitar las emisiones contaminantes y generar oportunidades de innovación, competitividad y empleo. También se identificó que la transición circular requiere cambios coordinados en el diseño de productos, los modelos empresariales, el comportamiento de los consumidores y las políticas públicas. Sin embargo, persisten barreras económicas, tecnológicas, normativas, culturales e institucionales que dificultan su adopción, especialmente en pequeñas empresas y economías con capacidades limitadas. Se concluyó que la economía circular no debe reducirse al reciclaje, sino comprenderse como una transformación sistémica orientada a desacoplar el bienestar económico del consumo intensivo de recursos. Su contribución al desarrollo sostenible dependerá de políticas coherentes, inversión en innovación, educación ambiental, cooperación entre actores y mecanismos de medición que permitan evaluar sus efectos ambientales, sociales y económicos en distintos contextos productivos y territoriales. Además, debe garantizarse una transición justa, inclusiva y adaptada a las realidades locales.

Palabras clave: economía circular; desarrollo sostenible; eficiencia de recursos; innovación sostenible; gestión de residuos.

ABSTRACT

The circular economy has become established as an alternative model to linear patterns of extraction, production, consumption, and disposal by promoting the continuous use of materials, waste reduction, and the regeneration of natural systems. This article aimed to analyse the foundations, strategies, benefits, and challenges of the circular economy as a model for sustainable development. A narrative literature review was conducted based on scientific publications and institutional reports related to circularity, sustainability, innovation, resource efficiency, and the Sustainable Development Goals. The literature reviewed showed that applying principles such as reducing, reusing, repairing, remanufacturing, and recycling can reduce pressure on natural resources, limit polluting emissions, and create opportunities for innovation, competitiveness, and employment. It was also found that the circular transition requires coordinated changes in product design, business models, consumer behaviour, and public policies. However, economic, technological, regulatory, cultural, and institutional barriers continue to hinder its adoption, particularly among small businesses and economies with limited capacities. It was concluded that the circular economy should not be reduced to recycling but should be understood as a systemic transformation aimed at decoupling economic well-

being from resource-intensive consumption. Its contribution to sustainable development will depend on coherent policies, investment in innovation, environmental education, cooperation among stakeholders, and measurement mechanisms capable of assessing its environmental, social, and economic effects across different productive and territorial contexts. In addition, a just, inclusive transition adapted to local realities must be ensured. This approach also requires long-term institutional commitment and active participation from governments, businesses, communities, researchers, and responsible consumers.

Keywords: circular economy; sustainable development; resource efficiency; sustainable innovation; waste management.

1. INTRODUCCIÓN

El modelo económico lineal, basado en la extracción de materias primas, la fabricación de bienes, el consumo y la eliminación de residuos, ha favorecido el crecimiento de la producción mundial, pero también ha intensificado la presión sobre los ecosistemas y la disponibilidad de recursos naturales. Este sistema presupone una oferta prácticamente ilimitada de materiales y una capacidad permanente del ambiente para absorber los residuos generados. Sin embargo, el aumento de la población, la expansión de las ciudades, la industrialización y los cambios en los patrones de consumo han demostrado que dicha lógica resulta incompatible con los límites ecológicos del planeta. Ghisellini et al. (2016) explicaron que el modelo lineal incrementa las pérdidas de materiales y energía durante las diferentes etapas de la cadena productiva, mientras que la economía circular busca conservar su utilidad y valor durante el mayor tiempo posible. Esta problemática ha impulsado la búsqueda de alternativas capaces de conciliar la actividad económica con la protección ambiental y el bienestar social.

En este contexto, la economía circular surgió como una propuesta orientada a sustituir la lógica de “extraer, producir, utilizar y desechar” por sistemas regenerativos en los que los productos, componentes y materiales permanezcan en circulación. La transición implica diseñar bienes duraderos, reducir el consumo de recursos vírgenes, prevenir la generación de residuos y recuperar los materiales después de su utilización. Kirchherr et al. (2017) identificaron que la economía circular comprende estrategias de reducción, reutilización, reciclaje y recuperación, pero advirtieron que su alcance debe extenderse a cambios sistémicos en los niveles micro, meso y macroeconómico. Desde esta perspectiva, la circularidad no representa únicamente una modalidad perfeccionada de gestión de residuos, sino una transformación de las formas de producción, distribución y consumo.

Los fundamentos de la economía circular se relacionan estrechamente con el desarrollo sostenible, debido a que ambos enfoques pretenden responder a las necesidades actuales sin comprometer las posibilidades de las generaciones futuras. Geissdoerfer et al. (2017) señalaron que la economía circular constituye un paradigma emergente de sostenibilidad que promueve sistemas industriales restaurativos y regenerativos. No obstante, los autores también reconocieron que circularidad y sostenibilidad no son conceptos equivalentes, pues una actividad circular no produce automáticamente resultados positivos en todas las dimensiones sociales, ambientales y económicas. Por esta razón, las iniciativas circulares deben evaluarse considerando sus efectos sobre el empleo, la equidad, la salud, la biodiversidad, las emisiones contaminantes y el uso de recursos naturales.

La relación entre economía circular y desarrollo sostenible también se evidencia en su posible contribución al cumplimiento de la Agenda 2030. Schroeder et al. (2019) determinaron que las prácticas circulares pueden apoyar directa o indirectamente diferentes Objetivos de Desarrollo Sostenible, especialmente los relacionados con producción y consumo responsables, energía asequible y no contaminante, trabajo decente, innovación, ciudades sostenibles y acción climática. La reparación, la reutilización, el aprovechamiento de residuos y la prolongación de la vida útil de los productos permiten reducir la demanda de materiales primarios y disminuir los impactos derivados de su extracción. Paralelamente, el desarrollo de nuevos servicios, tecnologías y cadenas de valor puede generar oportunidades económicas y laborales vinculadas con la remanufactura, el mantenimiento y la recuperación de recursos.

A pesar de estas posibilidades, la transición hacia sistemas circulares presenta dificultades conceptuales y operativas. Korhonen et al. (2018) observaron que la aplicación de la economía circular se encuentra condicionada por límites

termodinámicos, espaciales, temporales y organizacionales, debido a que ningún proceso recupera indefinidamente la totalidad de los materiales empleados. Durante el reciclaje pueden producirse pérdidas de calidad, consumo adicional de energía y desplazamiento de impactos hacia otros territorios o etapas productivas. Por consiguiente, la circularidad no debe utilizarse como justificación para mantener niveles crecientes de consumo, sino como un enfoque complementario de estrategias destinadas a disminuir la demanda material, mejorar la eficiencia y transformar los hábitos de producción y uso.

La adopción de la economía circular requiere cambios desde la fase de diseño, pues las características iniciales de un producto determinan gran parte de sus impactos durante el ciclo de vida. Bocken et al. (2016) propusieron estrategias como el diseño para la durabilidad, la reparación, la actualización, la remanufactura y el reciclaje, además del desarrollo de modelos empresariales orientados al acceso y al servicio. Estos modelos pueden sustituir la venta tradicional de productos por esquemas de alquiler, uso compartido o pago por rendimiento, lo que incentiva a las empresas a conservar la propiedad de los bienes y prolongar su funcionamiento. Sin embargo, su aplicación demanda infraestructura, capacidades técnicas, sistemas de logística inversa y mecanismos que permitan recuperar los productos después del consumo.

Las empresas desempeñan un papel fundamental en esta transformación, pero no pueden asumirla de manera aislada. La circularidad exige coordinación entre gobiernos, industrias, consumidores, instituciones educativas, organizaciones sociales y comunidades locales. Murray et al. (2017) sostuvieron que la economía circular debe incorporar con mayor claridad la dimensión social, debido a que la generación de valor no puede limitarse a la eficiencia material o al crecimiento empresarial. Una transición sostenible debe garantizar condiciones laborales adecuadas, acceso equitativo a sus beneficios y participación de los sectores afectados. Asimismo, las políticas públicas necesitan establecer incentivos económicos, normas de ecodiseño, sistemas de responsabilidad extendida del productor, compras públicas sostenibles y mecanismos de información que faciliten decisiones de consumo responsables.

La medición representa otro desafío relevante, ya que la diversidad de definiciones, indicadores y escalas dificulta comparar los avances alcanzados. Morseletto (2020) planteó que los objetivos de circularidad deben expresar con precisión qué materiales, procesos y resultados serán evaluados, evitando que el concepto se convierta en una aspiración general sin evidencia verificable. Indicadores como la tasa de reciclaje o la cantidad de residuos recuperados ofrecen información parcial, pero no muestran necesariamente la reducción total del consumo material, las emisiones evitadas ni los efectos sociales. En consecuencia, la evaluación debe integrar criterios de ciclo de vida, productividad de recursos, durabilidad, reparación, reutilización, generación de empleo y distribución de los beneficios.

Aunque la economía circular ha adquirido relevancia en la investigación, las políticas públicas y las estrategias empresariales, todavía existen interrogantes sobre su capacidad para producir transformaciones sostenibles en diferentes contextos. Millar et al. (2019) advirtieron que una parte de la literatura se concentra en los beneficios potenciales de la circularidad, mientras presta menor atención a sus limitaciones, compensaciones y condiciones de implementación. Esta situación justifica una revisión que examine tanto sus aportes como las dificultades asociadas con su adopción. Por ello, el objetivo de este artículo fue analizar los fundamentos, estrategias, beneficios y desafíos de la economía circular como modelo para el desarrollo sostenible, considerando sus implicaciones ambientales, económicas y sociales a partir de la literatura académica e institucional disponible.

2. METODOLOGÍA

Diseño de la revisión

La investigación se desarrolló mediante una revisión bibliográfica narrativa con alcance descriptivo, interpretativo y analítico. Este diseño permitió examinar la evolución de la economía circular, sus fundamentos teóricos, sus principales estrategias de aplicación y su relación con las dimensiones ambientales, económicas y sociales del desarrollo sostenible. Snyder (2019) señaló que la revisión de literatura constituye un método de investigación apropiado para organizar conocimientos dispersos, integrar perspectivas teóricas y establecer el estado de un campo de estudio. En el presente artículo, esta modalidad facilitó la comprensión de un fenómeno multidimensional que ha sido abordado

desde disciplinas como economía, administración, ingeniería, ecología industrial, gestión ambiental y políticas públicas. Su aplicación permitió superar una exposición exclusivamente descriptiva y construir una interpretación crítica sobre las posibilidades y limitaciones de la transición circular.

La elección de una revisión narrativa respondió a la heterogeneidad de los enfoques encontrados en la literatura. Grant y Booth (2009) explicaron que esta clase de revisión resulta útil cuando el propósito consiste en examinar un tema amplio mediante la integración de estudios con diferentes diseños, unidades de análisis y perspectivas conceptuales. En el caso de la economía circular, algunas investigaciones se concentran en la eficiencia de recursos, mientras que otras analizan el ecodiseño, el reciclaje, la remanufactura, los modelos empresariales, la innovación tecnológica o la actuación gubernamental. Kirchherr et al. (2017) demostraron que la diversidad de definiciones constituye una característica persistente dentro de este campo. Por esta razón, se consideró necesario establecer categorías comunes que permitieran comparar los planteamientos sin ignorar las particularidades metodológicas y disciplinares de cada publicación.

El proceso de revisión combinó la identificación sistemática de fuentes con una síntesis narrativa de sus aportes. Torracó (2016) sostuvo que una revisión integradora debe evaluar y reorganizar críticamente el conocimiento existente, en lugar de limitarse a presentar una sucesión de resúmenes. En correspondencia con este criterio, los documentos seleccionados fueron examinados considerando su objetivo, perspectiva teórica, metodología, principales resultados y contribución al estudio de la sostenibilidad. Geissdoerfer et al. (2017) advirtieron que economía circular y sostenibilidad mantienen relaciones estrechas, aunque no pueden utilizarse como conceptos equivalentes. Este planteamiento orientó la revisión hacia el análisis de las condiciones bajo las cuales una práctica circular puede generar beneficios ambientales, económicos y sociales verificables.

La unidad de análisis estuvo integrada por artículos científicos, revisiones bibliográficas e informes institucionales centrados en economía circular y desarrollo sostenible. Se consideraron principalmente publicaciones aparecidas entre 2016 y 2023, periodo caracterizado por un crecimiento significativo del interés académico y político sobre la transición circular. Ghisellini et al. (2016) proporcionaron una de las síntesis fundamentales sobre la evolución y aplicación de la economía circular, mientras que estudios posteriores ampliaron el debate hacia los Objetivos de Desarrollo Sostenible, los modelos empresariales y los mecanismos de evaluación. La delimitación temporal permitió combinar trabajos conceptuales consolidados con investigaciones recientes, conservando las fuentes anteriores que resultaban indispensables para comprender el origen y la transformación del enfoque.

Estrategia de búsqueda bibliográfica

La búsqueda se realizó en Scopus, Web of Science, ScienceDirect, SpringerLink y Google Scholar. Estas plataformas fueron seleccionadas por su cobertura de revistas relacionadas con sostenibilidad, economía, administración, ingeniería ambiental, producción industrial y gestión de recursos. Snyder (2019) recomendó que la elección de bases de datos responda a la naturaleza interdisciplinaria del problema investigado y permita recuperar estudios procedentes de campos complementarios. En este caso, la consulta de diferentes fuentes disminuyó el riesgo de concentrar el análisis en una sola perspectiva. También facilitó la identificación de investigaciones sobre circularidad desarrolladas en países, sectores económicos y contextos institucionales diversos.

La revisión incorporó documentos de organismos internacionales y entidades especializadas cuando ofrecían marcos conceptuales, indicadores o lineamientos directamente vinculados con el objeto de estudio. La Ellen MacArthur Foundation ha desempeñado un papel importante en la difusión del enfoque circular al proponer principios orientados a eliminar residuos y contaminación, mantener productos y materiales en circulación y regenerar los sistemas naturales. Estos documentos institucionales se utilizaron como complemento de la literatura científica y no como sustitutos de ella. La decisión permitió contrastar el desarrollo académico del concepto con su traducción en políticas, modelos de intervención y orientaciones dirigidas a empresas, gobiernos y comunidades.

Para localizar las publicaciones se emplearon descriptores en español e inglés relacionados con las categorías centrales del artículo. Los términos utilizados en español fueron “economía circular”, “desarrollo sostenible”, “sostenibilidad”,

“eficiencia de recursos”, “modelos empresariales circulares”, “innovación circular”, “gestión de residuos”, “producción sostenible” y “Objetivos de Desarrollo Sostenible”. En inglés se emplearon “circular economy”, “sustainable development”, “resource efficiency”, “circular business models”, “circular innovation”, “waste management”, “sustainable production” y “Sustainable Development Goals”. Esta selección se apoyó en las categorías reconocidas por Schroeder et al. (2019), quienes relacionaron las estrategias circulares con diferentes objetivos de la Agenda 2030 y mostraron la amplitud temática del campo.

Los descriptores fueron combinados mediante los operadores booleanos AND y OR para ampliar o delimitar los resultados. Las ecuaciones principales fueron: “circular economy” AND “sustainable development”; “circular economy” AND “Sustainable Development Goals”; “circular business models” AND “sustainability”; “resource efficiency” AND “circular economy”; y “barriers” AND “circular economy implementation”. También se utilizaron búsquedas complementarias sobre ecodiseño, reparación, reutilización, remanufactura, responsabilidad extendida del productor, logística inversa y comportamiento del consumidor. Bocken et al. (2016) identificaron estas estrategias como elementos esenciales para mantener el valor de los productos y materiales dentro de los sistemas económicos, por lo que fueron incorporadas como términos secundarios.

La búsqueda se efectuó mediante un proceso progresivo. Primero se utilizaron combinaciones amplias para reconocer los principales conceptos, autores y líneas de investigación. Posteriormente, se aplicaron términos más específicos para localizar publicaciones relacionadas con las categorías identificadas durante la lectura inicial. Grant y Booth (2009) señalaron que las revisiones narrativas pueden desarrollar estrategias de búsqueda flexibles, siempre que los procedimientos empleados sean explícitos y coherentes con el objetivo del estudio. Además, se revisaron las listas de referencias de los artículos más pertinentes con la finalidad de localizar investigaciones fundamentales que no aparecieron en las primeras consultas.

Criterios de selección de las fuentes

La selección se realizó mediante una revisión inicial de títulos, resúmenes y palabras clave. En esta fase se verificó que las publicaciones mantuvieran una relación explícita con la economía circular, el desarrollo sostenible o alguna de sus dimensiones principales. Posteriormente, se efectuó la lectura completa de los documentos que cumplían los criterios básicos de pertinencia. Torracó (2016) explicó que la selección de literatura en una revisión integradora debe fundamentarse en la capacidad de cada fuente para enriquecer la comprensión del fenómeno. Por ello, no se consideró únicamente la coincidencia terminológica, sino también la profundidad conceptual, la claridad metodológica y el aporte de los resultados.

Se incluyeron investigaciones que examinaban los fundamentos de la economía circular, las estrategias de reducción y conservación de recursos, los modelos empresariales circulares, la innovación tecnológica, las políticas públicas y los efectos ambientales, sociales o económicos de su implementación. También se incorporaron trabajos que analizaban barreras, indicadores y posibles consecuencias no deseadas de las prácticas circulares. Korhonen et al. (2018) destacaron que la circularidad presenta límites físicos, espaciales, temporales y organizacionales que deben ser considerados para evitar interpretaciones idealizadas. En consecuencia, la selección procuró mantener un equilibrio entre publicaciones que exponían beneficios y estudios que examinaban restricciones, compensaciones o dificultades de aplicación.

Se priorizaron artículos publicados en revistas académicas revisadas por pares, con información bibliográfica completa y DOI o URL verificable. También se admitieron revisiones científicas e informes institucionales elaborados por organizaciones reconocidas. Millar et al. (2019) señalaron que el análisis de la economía circular requiere diferenciar entre las afirmaciones generales sobre sus beneficios y la evidencia que demuestra resultados concretos en materia de sostenibilidad. En función de esta observación, se valoraron especialmente los documentos que explicaban sus procedimientos metodológicos, delimitaban el alcance de sus conclusiones y relacionaban las estrategias circulares con resultados ambientales, económicos o sociales identificables.

Se excluyeron publicaciones duplicadas, documentos incompletos, textos de opinión sin respaldo académico y estudios que mencionaban la economía circular únicamente de forma secundaria. También se descartaron investigaciones centradas exclusivamente en procesos técnicos de reciclaje cuando no analizaban su vinculación con el desarrollo sostenible. Kirchherr et al. (2017) observaron que numerosas definiciones reducen la economía circular a actividades de reutilización y reciclaje, dejando en segundo plano la transformación sistémica de la producción y el consumo. Por este motivo, la revisión priorizó fuentes capaces de superar esa interpretación restringida e incorporar cambios en el diseño, los modelos empresariales, el comportamiento social y la gobernanza.

Tabla 1Criterios aplicados para la selección de las fuentes bibliográficas

Criterio	Inclusión	Exclusión
Pertinencia temática	Estudios directamente relacionados con economía circular y desarrollo sostenible	Textos que mencionaban la circularidad de manera secundaria
Periodo	Publicaciones principalmente comprendidas entre 2016 y 2023	Estudios anteriores sin un aporte conceptual indispensable
Tipo de fuente	Artículos científicos, revisiones e informes institucionales reconocidos	Opiniones, publicaciones comerciales y documentos sin respaldo verificable
Contenido	Fundamentos, estrategias, beneficios, barreras, políticas, modelos o indicadores	Investigaciones técnicas sin relación explícita con la sostenibilidad
Calidad académica	Publicaciones revisadas por pares, con metodología identificable	Documentos sin claridad metodológica o argumentación suficiente
Disponibilidad	Fuentes con información completa y DOI o URL verificable	Publicaciones duplicadas, incompletas o sin datos bibliográficos
Idioma	Documentos publicados en español, inglés o portugués	Textos en otros idiomas sin traducción disponible

Nota. Elaboración propia con base en los criterios metodológicos propuestos para las revisiones de literatura por Grant y Booth (2009), Snyder (2019) y Torracó (2016).

Después de aplicar los criterios establecidos, se conformó un corpus de 20 fuentes principales. La cantidad respondió a la necesidad de construir una base documental manejable, pertinente y suficientemente diversa para desarrollar una síntesis crítica. La selección procuró incluir estudios fundamentales y recientes, así como investigaciones procedentes de diferentes regiones y sectores productivos. Morseletto (2020) señaló que la economía circular puede adoptar objetivos distintos según los materiales, las actividades y las escalas territoriales examinadas. Por esta razón, se evitó concentrar la revisión en una sola industria o país, ya que ello habría limitado la comprensión del modelo y sus posibilidades de adaptación.

Organización y análisis de la información

La información extraída fue organizada en una matriz analítica que incluyó autor, año, país o ámbito de estudio, objetivo, enfoque metodológico, definición de economía circular, estrategias examinadas, dimensión de sostenibilidad, resultados principales, barreras y aportes para la revisión. Snyder (2019) sostuvo que una estructura de extracción previamente definida favorece la transparencia y facilita la comparación entre publicaciones heterogéneas. La matriz permitió identificar relaciones entre los estudios y reconocer qué aspectos habían recibido mayor atención. También hizo posible diferenciar las afirmaciones teóricas de los resultados derivados de investigaciones empíricas o evaluaciones aplicadas.

Los contenidos se clasificaron inicialmente en cinco categorías: fundamentos y evolución conceptual; estrategias y modelos empresariales circulares; beneficios ambientales, económicos y sociales; relación con los Objetivos de

Desarrollo Sostenible; y barreras para la transición circular. Durante la lectura surgieron categorías complementarias relacionadas con transformación digital, educación ambiental, cooperación institucional, justicia social y medición del desempeño. Braun y Clarke (2006) explicaron que el análisis temático permite identificar patrones de significado dentro de un conjunto documental sin perder la relación de cada contenido con su contexto. Esta orientación facilitó la incorporación de hallazgos emergentes sin modificar el propósito central de la investigación.

La primera categoría examinó las definiciones y los principios utilizados para explicar la economía circular. Geissdoerfer et al. (2017) destacaron la necesidad de diferenciar el enfoque circular del concepto más amplio de sostenibilidad, mientras que Kirchherr et al. (2017) evidenciaron la coexistencia de numerosas definiciones y niveles de aplicación. La segunda categoría integró estrategias como reducción, reutilización, reparación, remanufactura, reciclaje, ecodiseño, simbiosis industrial y modelos de producto como servicio. Esta organización permitió analizar la circularidad como un sistema compuesto por acciones interdependientes y no como una práctica aislada de recuperación de residuos.

La tercera y cuarta categorías abordaron los posibles efectos de la circularidad sobre el ambiente, la economía, la sociedad y la Agenda 2030. Schroeder et al. (2019) demostraron que las prácticas circulares pueden contribuir a distintos Objetivos de Desarrollo Sostenible, aunque la intensidad de esa contribución depende de las estrategias y contextos considerados. Por este motivo, la revisión distinguió entre beneficios esperados y resultados respaldados por evidencia. Asimismo, se examinaron efectos potencialmente contradictorios, como el consumo energético asociado con algunos procesos de reciclaje, el desplazamiento territorial de impactos y la posibilidad de que las mejoras de eficiencia estimulen un aumento del consumo.

La quinta categoría examinó las barreras económicas, tecnológicas, regulatorias, culturales e institucionales que dificultan la transición. Korhonen et al. (2018) indicaron que los procesos circulares están condicionados por restricciones físicas y organizacionales, mientras que Murray et al. (2017) advirtieron que la dimensión social suele recibir menor atención que los aspectos ambientales y económicos. A partir de estas contribuciones, el análisis consideró factores como los costos iniciales, la insuficiencia de infraestructura, la resistencia al cambio, la limitada cooperación entre actores, la ausencia de incentivos y la desigual distribución de los beneficios. Esta perspectiva permitió valorar la viabilidad de las propuestas y no solamente su formulación teórica.

Finalmente, se efectuó una síntesis narrativa y comparativa de los resultados. Braun y Clarke (2006) propusieron que la interpretación temática debe relacionar los patrones identificados con la pregunta y los objetivos de investigación. En primer lugar, se reconocieron las coincidencias presentes en la literatura; posteriormente, se analizaron las diferencias conceptuales y metodológicas; y, por último, se integraron los hallazgos en una explicación crítica. Este procedimiento permitió comprender en qué condiciones la economía circular puede contribuir al desarrollo sostenible, cuáles son sus principales limitaciones y qué acciones se requieren para fortalecer su implementación en diferentes contextos productivos y territoriales.

3. RESULTADOS

El análisis de las 20 fuentes seleccionadas permitió identificar una evolución progresiva de la economía circular desde planteamientos centrados en el aprovechamiento de residuos hasta una perspectiva sistémica vinculada con la transformación de los modelos de producción y consumo. Los estudios coincidieron en que la circularidad busca conservar durante el mayor tiempo posible el valor de los productos, componentes y materiales. No obstante, Kirchherr et al. (2017) encontraron diferencias significativas entre las definiciones utilizadas, especialmente en la incorporación de las dimensiones sociales y en el alcance de los cambios propuestos. A partir del análisis temático, los resultados se organizaron en cinco categorías: fundamentos conceptuales, estrategias de circularidad, contribuciones al desarrollo sostenible, relación con la Agenda 2030 y barreras para su implementación.

Fundamentos y evolución conceptual de la economía circular

La economía circular se presentó en la literatura como una respuesta al agotamiento de los recursos, la acumulación de residuos y los impactos ocasionados por los sistemas lineales. Ghisellini et al. (2016) explicaron que el modelo convencional se estructura sobre una secuencia de extracción, producción, consumo y eliminación que genera

pérdidas de materiales y energía en todas sus etapas. En contraste, el enfoque circular busca mantener los recursos dentro de ciclos técnicos o biológicos, reducir la dependencia de materias primas vírgenes y prevenir los residuos desde el diseño. Este cambio supone pasar de una gestión reactiva, concentrada en tratar los desechos después de su generación, a una planificación preventiva que interviene desde la selección de materiales hasta la recuperación del producto al finalizar su vida útil.

Los fundamentos de la economía circular proceden de diferentes corrientes de pensamiento y no de una teoría única. Geissdoerfer et al. (2017) relacionaron su evolución con la ecología industrial, el diseño regenerativo, la economía del rendimiento, la producción limpia, el principio de la cuna a la cuna y la biomímesis. Estas corrientes comparten la idea de que los sistemas económicos deben inspirarse en el funcionamiento de los ecosistemas naturales, donde los residuos de un proceso pueden convertirse en recursos para otro. Sin embargo, su incorporación en la economía circular no ha ocurrido de manera uniforme, debido a que cada perspectiva otorga diferente importancia al diseño, la eficiencia, la regeneración ambiental, la innovación empresarial o la reducción absoluta del consumo.

La diversidad conceptual se evidenció en las definiciones examinadas. Kirchherr et al. (2017), después de analizar 114 definiciones, observaron que las estrategias de reducir, reutilizar y reciclar eran las más mencionadas, mientras que los cambios sistémicos y la equidad social aparecían con menor frecuencia. Esta situación ha favorecido una interpretación limitada que identifica la economía circular únicamente con la separación y el procesamiento de residuos. Los resultados de la revisión indicaron que esa asociación resulta insuficiente porque el reciclaje interviene cuando los productos ya han perdido una parte importante de su valor funcional. Por consiguiente, la prevención, la durabilidad, el mantenimiento, la reparación y la reutilización deben ocupar posiciones prioritarias dentro de la jerarquía circular.

La economía circular también fue definida como un sistema regenerativo orientado a disminuir la entrada de recursos y las pérdidas de materiales, energía y emisiones. Murray et al. (2017) señalaron que la circularidad pretende cerrar, ralentizar y estrechar los ciclos productivos, pero advirtieron que su formulación ha privilegiado las dimensiones ambiental y económica. La dimensión social, relacionada con empleo digno, igualdad, participación y distribución de beneficios, continúa menos desarrollada. Este vacío es relevante porque una transformación productiva puede mejorar determinados indicadores ambientales y, al mismo tiempo, producir efectos adversos sobre trabajadores, consumidores o comunidades si no incorpora criterios de justicia y protección social.

El análisis mostró que circularidad y sostenibilidad mantienen una relación de complementariedad, pero no deben considerarse sinónimos. Geissdoerfer et al. (2017) definieron la sostenibilidad como una integración equilibrada del desempeño ambiental, económico y social, mientras que la economía circular se concentra en el funcionamiento regenerativo de los sistemas productivos. Una estrategia puede ser circular al recuperar materiales, pero no necesariamente sostenible si requiere un consumo elevado de energía, genera sustancias peligrosas o depende de condiciones laborales precarias. Por ello, la evaluación de las iniciativas debe considerar sus efectos integrales y no limitarse al porcentaje de materiales reutilizados o reciclados.

Los límites físicos constituyeron otro componente importante de los fundamentos conceptuales. Korhonen et al. (2018) explicaron que la materia y la energía sufren procesos de degradación que impiden una circularidad completa e indefinida. En cada ciclo pueden producirse pérdidas de cantidad, calidad y funcionalidad, mientras que la recolección, clasificación, transporte y transformación demandan recursos adicionales. Estos límites no invalidan el enfoque, pero obligan a reconocer que el cierre absoluto de los ciclos representa una aspiración teórica difícil de alcanzar. En consecuencia, las estrategias deben combinar la recuperación de materiales con la reducción del consumo, la extensión de la vida útil y la sustitución de recursos no renovables.

Otro hallazgo fue la presencia de diferentes escalas de aplicación. Kirchherr et al. (2017) distinguieron el nivel micro, relacionado con productos, consumidores y empresas; el nivel meso, vinculado con parques industriales y cadenas de suministro; y el nivel macro, correspondiente a ciudades, regiones y países. En el nivel micro, la circularidad puede expresarse mediante productos reparables o servicios de alquiler. En la escala meso, las empresas pueden intercambiar subproductos, energía o agua mediante procesos de simbiosis industrial. En el nivel macro, los gobiernos

pueden establecer regulaciones, infraestructuras y sistemas de información que favorezcan la circulación de recursos en el territorio.

La interacción entre estas escalas se presentó como una condición para lograr cambios duraderos. Ghisellini et al. (2016) sostuvieron que las iniciativas empresariales aisladas encuentran limitaciones cuando no existen mercados para los materiales recuperados, sistemas de logística inversa o políticas coherentes. De manera similar, las regulaciones gubernamentales pierden efectividad cuando las empresas carecen de capacidades tecnológicas o los consumidores no participan en la devolución y reutilización de productos. Los resultados mostraron que la economía circular requiere una estructura de gobernanza que conecte decisiones productivas, comportamientos sociales, instrumentos económicos y planificación territorial.

La evolución conceptual también ha incorporado la necesidad de desacoplar la generación de bienestar del uso intensivo de recursos. Millar et al. (2019) indicaron que la reducción relativa del consumo material por unidad de producto no garantiza una disminución absoluta de las presiones ambientales. Las mejoras de eficiencia pueden reducir costos y estimular un mayor consumo, fenómeno conocido como efecto rebote. Por ello, la circularidad debe acompañarse de patrones de suficiencia, consumo responsable y evaluación del ciclo de vida. Esta perspectiva desplaza el interés desde la cantidad de residuos recuperados hacia la prevención de impactos y la conservación del valor económico, funcional y ambiental de los recursos.

En conjunto, los estudios mostraron que la economía circular evolucionó desde una orientación predominantemente técnica hacia un paradigma de transformación sistémica. Korhonen et al. (2018) sostuvieron que su consolidación depende de la capacidad para integrar conocimientos científicos, decisiones empresariales, participación ciudadana y políticas públicas. La circularidad, por tanto, no se limita a modificar operaciones industriales, sino que plantea una reorganización de las relaciones entre producción, consumo y naturaleza. Esta interpretación amplia proporciona una base más adecuada para analizar su contribución al desarrollo sostenible, aunque también incrementa la complejidad de su implementación y medición.

Estrategias de circularidad y modelos empresariales

Las estrategias identificadas en la literatura se diferenciaron por su capacidad para conservar el valor de los recursos. Bocken et al. (2016) agruparon estas acciones en tres orientaciones: estrechar, ralentizar y cerrar los ciclos. Estrechar los ciclos implica utilizar menos materiales y energía en cada unidad producida; ralentizarlos supone prolongar la vida útil mediante durabilidad, mantenimiento, reparación y reutilización; y cerrarlos consiste en recuperar los materiales después de su uso para reincorporarlos a nuevos procesos. Estas orientaciones no son excluyentes y pueden aplicarse simultáneamente, aunque las estrategias que conservan el producto completo suelen mantener más valor que aquellas destinadas solamente a recuperar materias primas.

El ecodiseño apareció como una estrategia transversal porque las decisiones adoptadas durante la concepción del producto condicionan su desempeño posterior. Bocken et al. (2016) explicaron que el diseño circular debe considerar la duración, modularidad, desmontaje, actualización y ausencia de materiales difíciles de separar. Un producto diseñado para ser reparado permite reemplazar componentes dañados sin descartar el conjunto completo, mientras que una estructura modular facilita su actualización tecnológica. También resulta necesario reducir la mezcla de materiales incompatibles y evitar sustancias peligrosas que impidan su aprovechamiento al finalizar la vida útil.

La extensión de la vida útil fue reconocida como una alternativa prioritaria frente al reciclaje. Stahel (2016) señaló que la reparación, el mantenimiento, la reutilización y la remanufactura conservan una mayor proporción del trabajo, la energía y los materiales incorporados en los productos. La reparación devuelve funcionalidad mediante intervenciones específicas, mientras que la remanufactura restaura un producto usado hasta alcanzar condiciones de desempeño comparables con las de uno nuevo. Estas actividades pueden crear empleos locales y especializados, aunque necesitan disponibilidad de repuestos, información técnica, garantías y diseños que permitan acceder a los componentes.

La reutilización requiere sistemas capaces de recuperar los productos una vez concluido su primer periodo de uso. Ghisellini et al. (2016) identificaron la logística inversa como un elemento esencial para recolectar, clasificar,

inspeccionar y redistribuir bienes y materiales. Sin estos mecanismos, incluso los productos técnicamente reutilizables pueden convertirse en residuos debido a los costos de transporte, almacenamiento o separación. La eficacia de la logística inversa depende de la densidad territorial, el volumen recuperado, la coordinación entre empresas y la participación de los consumidores en los sistemas de devolución.

El reciclaje continuó siendo una de las estrategias más extendidas, pero los estudios coincidieron en que debe ocupar una posición posterior a la prevención, reutilización y reparación. Kirchherr et al. (2017) observaron que el énfasis excesivo en el reciclaje puede ocultar la necesidad de transformar el diseño y reducir la producción de bienes desechables. Además, no todos los materiales conservan sus propiedades durante sucesivos ciclos de transformación. En algunos casos ocurre un reciclaje de menor calidad, en el que el material recuperado solamente puede destinarse a aplicaciones de menor valor y termina siendo eliminado después de pocos ciclos.

La simbiosis industrial constituyó una estrategia relevante en el nivel meso. Ghisellini et al. (2016) explicaron que este enfoque promueve intercambios entre empresas, de modo que los residuos, subproductos, agua o energía de una organización puedan convertirse en insumos para otra. Su aplicación puede reducir costos de disposición, disminuir el consumo de materias primas y generar nuevas oportunidades de colaboración. No obstante, estos sistemas requieren proximidad territorial, estabilidad en la cantidad y calidad de los materiales, información compartida y relaciones de confianza entre las organizaciones participantes.

Los modelos empresariales circulares transforman la manera en que las empresas crean, entregan y capturan valor. Bocken et al. (2016) identificaron modelos basados en extensión de la vida útil, recuperación de recursos, plataformas compartidas, suministros circulares y prestación de productos como servicios. En lugar de depender exclusivamente de la venta de grandes cantidades de bienes, una empresa puede generar ingresos mediante mantenimiento, actualización, reparación, alquiler o pago por uso. Este cambio puede alinear los incentivos económicos con la durabilidad, debido a que el fabricante conserva interés en que el producto permanezca funcional durante más tiempo. El modelo de producto como servicio recibió particular atención porque sustituye la transferencia de propiedad por el acceso a una función. Stahel (2016) explicó que esta modalidad incentiva a los fabricantes a diseñar bienes duraderos, reparables y recuperables, pues mantienen la propiedad y la responsabilidad sobre ellos. Por ejemplo, una empresa puede ofrecer iluminación, movilidad o impresión como servicios, cobrando por el resultado proporcionado. Sin embargo, estos modelos requieren inversiones iniciales, seguimiento de los activos, mantenimiento permanente y confianza de los usuarios, quienes deben aceptar el acceso temporal en lugar de la propiedad individual.

Las plataformas de uso compartido también pueden mejorar el aprovechamiento de bienes que permanecen inactivos durante largos periodos. Murray et al. (2017) señalaron que compartir vehículos, herramientas, espacios o equipos puede aumentar la intensidad de uso y reducir la necesidad de fabricar nuevas unidades. No obstante, el beneficio ambiental depende de que el servicio sustituya realmente una compra y no genere desplazamientos adicionales o consumo inducido. Esta observación demuestra que la adopción de un modelo denominado circular no garantiza resultados positivos si no se evalúan sus efectos directos e indirectos.

La digitalización fue identificada como un elemento facilitador de los modelos circulares. Chi et al. (2023) señalaron que tecnologías como internet de las cosas, inteligencia artificial, análisis de datos, cadenas de bloques y plataformas digitales pueden mejorar la trazabilidad de materiales, predecir necesidades de mantenimiento y conectar la oferta con la demanda de productos recuperados. Los sensores permiten conocer el estado de los equipos y programar intervenciones antes de que ocurra una falla, mientras que los pasaportes digitales pueden registrar composición, reparaciones y posibilidades de reutilización. Sin embargo, estas tecnologías demandan inversión, infraestructura, interoperabilidad y protección de los datos.

Los resultados también mostraron que ninguna estrategia puede aplicarse de manera uniforme en todos los contextos. Morsetto (2020) indicó que los objetivos circulares deben establecerse según las características del producto, la disponibilidad tecnológica, las condiciones territoriales y los impactos que se pretende reducir. En determinados casos, prolongar la vida útil será la alternativa más eficiente; en otros, la sustitución de materiales, la remanufactura o el

reciclaje ofrecerán mejores resultados. Por consiguiente, la selección de estrategias debe fundamentarse en evaluaciones de ciclo de vida y no únicamente en afirmaciones generales sobre circularidad.

Tabla 2 Principales estrategias de economía circular identificadas

Estrategia	Propósito principal	Aplicaciones
Reducción	Disminuir el uso de materiales y energía	Procesos eficientes, productos ligeros y prevención de residuos
Ecodiseño	Facilitar la duración y recuperación del producto	Diseño modular, desmontaje y selección de materiales
Mantenimiento	Conservar el funcionamiento durante más tiempo	Revisiones preventivas y sustitución de componentes
Reparación	Restablecer la funcionalidad	Acceso a repuestos, manuales y servicios técnicos
Reutilización	Emplear nuevamente un producto sin transformaciones intensivas	Reventa, donación, envases retornables y segunda mano
Remanufactura	Restaurar productos usados con prestaciones equivalentes	Equipos industriales, vehículos y dispositivos tecnológicos
Uso compartido	Incrementar la utilización de activos existentes	Plataformas de alquiler y consumo colaborativo
Producto como servicio	Proporcionar acceso o desempeño sin transferir la propiedad	Alquiler, pago por uso y contratos de rendimiento
Simbiosis industrial	Aprovechar recursos entre organizaciones	Intercambio de materiales, agua, energía y subproductos
Reciclaje	Recuperar materiales después del uso	Procesamiento de metales, vidrio, papel y determinados plásticos

Nota. Elaboración propia a partir de Bocken et al. (2016), Ghisellini et al. (2016), Stahel (2016), Kirchherr et al. (2017) y Morsetto (2020).

Contribuciones ambientales, económicas y sociales

Los resultados mostraron que la contribución de la economía circular al desarrollo sostenible se manifiesta mediante la interacción de beneficios ambientales, económicos y sociales. Geissdoerfer et al. (2017) explicaron que la circularidad puede apoyar la sostenibilidad cuando reduce el uso de recursos, conserva el valor de los productos y genera resultados compatibles con el bienestar humano. Sin embargo, los efectos no se producen automáticamente por aplicar una estrategia identificada como circular. La duración de los beneficios depende del diseño de los sistemas, las fuentes de energía utilizadas, la escala de implementación, el comportamiento de los consumidores y la existencia de políticas que impidan el desplazamiento de los impactos hacia otros procesos o territorios.

Contribuciones ambientales

La reducción de la extracción de recursos naturales constituye uno de los beneficios ambientales más destacados. Ghisellini et al. (2016) explicaron que la reutilización, la reparación, la remanufactura y el reciclaje disminuyen la demanda de materias primas vírgenes al mantener los materiales dentro de los ciclos productivos. Esta conservación puede reducir las alteraciones ocasionadas por la minería, la explotación forestal, la extracción de combustibles fósiles y otras actividades intensivas en recursos. No obstante, el beneficio final depende de la proporción en que los materiales recuperados sustituyen efectivamente a los recursos primarios, puesto que la incorporación de contenido reciclado no garantiza una reducción absoluta cuando la producción total continúa creciendo.

La prevención de residuos representa otra contribución ambiental relevante. Kirchherr et al. (2017) sostuvieron que la economía circular debe priorizar la reducción antes que las opciones de reutilización, reciclaje y recuperación energética. Esta jerarquía permite intervenir sobre las causas de la generación de residuos y no solamente sobre sus consecuencias. El rediseño de productos, la eliminación de embalajes innecesarios, el uso de envases retornables y la sustitución de artículos desechables pueden disminuir el volumen de materiales destinados a vertederos o

incineración. Además, la prevención reduce los costos ambientales asociados con recolección, transporte, clasificación y tratamiento.

La prolongación de la vida útil puede disminuir los impactos vinculados con la fabricación de nuevos productos. Stahel (2016) señaló que la reparación y la remanufactura conservan una parte significativa de la energía, el conocimiento y el trabajo incorporados durante la producción inicial. Cuando un equipo continúa funcionando mediante mantenimiento o actualización, se evita temporalmente la extracción y transformación de nuevos materiales. Sin embargo, esta estrategia debe evaluarse considerando el desempeño energético del producto, debido a que conservar equipos antiguos y altamente ineficientes podría generar mayores emisiones durante su uso que reemplazarlos por alternativas de mejor rendimiento.

La economía circular también puede contribuir a mitigar el cambio climático mediante la reducción de emisiones asociadas con la extracción, transformación y eliminación de materiales. Schroeder et al. (2019) relacionaron las estrategias circulares con el ODS 13, debido a que la eficiencia de recursos, el ecodiseño y la recuperación de materiales pueden complementar las políticas energéticas. Gran parte de las emisiones industriales se encuentra incorporada en la producción de acero, cemento, plásticos, aluminio y otros materiales. Por tanto, extender su utilización, recuperar componentes y evitar pérdidas puede disminuir la energía requerida para fabricar bienes equivalentes a partir de materias primas vírgenes.

Los posibles beneficios sobre la biodiversidad se relacionan con una menor presión sobre ecosistemas terrestres y acuáticos. Ferraz et al. (2023) encontraron que la integración de economía circular y bioeconomía puede apoyar diferentes Objetivos de Desarrollo Sostenible mediante el aprovechamiento responsable de recursos biológicos y la regeneración de los sistemas naturales. La reducción de la extracción, la recuperación de nutrientes y el compostaje de residuos orgánicos pueden favorecer la conservación de suelos y ecosistemas. Sin embargo, el uso de biomasa no debe considerarse circular de manera automática, porque su producción intensiva puede ocasionar deforestación, pérdida de hábitats, competencia por el suelo y disminución de la diversidad biológica.

La gestión circular del agua también apareció como una estrategia para reducir las presiones ambientales. Ghisellini et al. (2016) señalaron que los sistemas industriales pueden reutilizar corrientes de agua, recuperar nutrientes y establecer intercambios entre procesos productivos. Estas acciones disminuyen la captación de fuentes naturales y la descarga de efluentes, aunque requieren tratamientos adecuados para evitar la acumulación de sustancias peligrosas. La viabilidad de la recirculación depende de la calidad exigida por cada actividad, la infraestructura disponible, el consumo energético del tratamiento y las regulaciones sanitarias o ambientales aplicables.

Los resultados mostraron que los beneficios ambientales deben verificarse mediante evaluaciones de ciclo de vida. Korhonen et al. (2018) advirtieron que cerrar un ciclo puede demandar transporte, energía y procesos adicionales que produzcan impactos en otras etapas. Por ejemplo, recuperar un material disperso puede requerir recorridos extensos y operaciones de clasificación intensivas, mientras que determinados procesos de reciclaje utilizan productos químicos o generan materiales de menor calidad. La comparación con alternativas lineales debe considerar todas las fases para evitar decisiones basadas únicamente en el volumen de residuos recuperados.

Contribuciones económicas

En la dimensión económica, la literatura identificó oportunidades de ahorro derivadas del uso eficiente de materiales y energía. Bocken et al. (2016) señalaron que la reducción de desperdicios puede disminuir los costos de adquisición, procesamiento y disposición de recursos. Las empresas también pueden recuperar valor mediante reparación, actualización, reutilización o remanufactura de productos que anteriormente se eliminaban. Estas prácticas adquieren especial relevancia cuando los materiales son costosos, escasos o se encuentran expuestos a fluctuaciones internacionales, debido a que la recuperación reduce parcialmente la dependencia de suministros externos.

La circularidad puede fortalecer la resiliencia de las cadenas de suministro. Stahel (2016) explicó que la conservación de materiales y componentes dentro de circuitos regionales disminuye la exposición a interrupciones en la disponibilidad de materias primas. Esta capacidad resulta importante para sectores dependientes de minerales

críticos, componentes electrónicos y recursos importados. No obstante, la recuperación local debe garantizar volúmenes, calidad y continuidad suficientes para responder a las necesidades productivas, debido a que los materiales secundarios suelen presentar variaciones que dificultan su incorporación en procesos estandarizados.

La innovación empresarial fue reconocida como uno de los mecanismos económicos más importantes. Geissdoerfer et al. (2017) afirmaron que la economía circular estimula el desarrollo de productos duraderos, servicios de mantenimiento, plataformas de intercambio y tecnologías para recuperación de recursos. Estas innovaciones pueden abrir mercados y diferenciar a las empresas frente a consumidores interesados en opciones sostenibles. Sin embargo, la innovación circular no se limita a introducir tecnologías, puesto que también demanda modificaciones organizacionales, acuerdos entre actores y nuevas formas de distribuir los costos y beneficios dentro de las cadenas de valor.

Los modelos de producto como servicio pueden generar ingresos continuos y relaciones de largo plazo con los clientes. Bocken et al. (2016) indicaron que el alquiler, el pago por uso y los contratos de desempeño permiten sustituir la venta única por servicios asociados con mantenimiento, actualización y recuperación. La empresa conserva la propiedad del producto y posee incentivos para aumentar su durabilidad, ya que obtiene valor durante un periodo más extenso. A pesar de estas ventajas, el modelo requiere inversión inicial, administración de activos, sistemas de seguimiento y capacidad financiera para esperar la recuperación gradual de los recursos invertidos.

La creación de mercados para materiales secundarios constituye otra oportunidad económica, aunque todavía enfrenta dificultades. Morsetto (2020) señaló que los objetivos de circularidad deben considerar la calidad y el destino de los materiales recuperados, no solamente el volumen procesado. Cuando los materiales secundarios carecen de estándares, trazabilidad o demanda estable, pueden acumularse sin sustituir materias primas vírgenes. Para consolidar estos mercados se necesitan sistemas de certificación, información sobre composición, incentivos económicos y políticas de compra que generen confianza entre productores y usuarios.

Las pequeñas y medianas empresas pueden beneficiarse de la reducción de costos y la diversificación de servicios, pero disponen de menores capacidades para asumir las inversiones iniciales. Ghisellini et al. (2016) observaron que la implementación circular demanda conocimientos técnicos, coordinación y acceso a infraestructura que no siempre se encuentran disponibles en empresas pequeñas. La cooperación mediante asociaciones, centros compartidos de reparación, plataformas digitales y redes de simbiosis industrial puede reducir estas limitaciones. También son necesarios instrumentos de financiamiento, capacitación y asistencia técnica adaptados al tamaño y las condiciones de cada organización.

Los resultados económicos deben analizarse en relación con posibles efectos rebote. Millar et al. (2019) advirtieron que la reducción del costo de producción o del precio de un servicio puede incentivar un mayor consumo y neutralizar parte de los beneficios ambientales obtenidos. Un modelo de uso compartido, por ejemplo, puede disminuir la necesidad de adquirir determinados bienes, pero también facilitar un acceso más frecuente y generar nuevas demandas. Por ello, el desempeño económico no puede evaluarse únicamente mediante crecimiento de ingresos, rentabilidad o volumen de transacciones, sino que debe relacionarse con cambios absolutos en el uso de recursos y la generación de impactos.

Contribuciones sociales

La dimensión social fue la menos desarrollada en las publicaciones examinadas. Murray et al. (2017) señalaron que gran parte de las definiciones de economía circular se concentra en la eficiencia productiva y la protección ambiental, mientras dedica menor atención a la equidad, el bienestar y la participación. Esta omisión dificulta establecer si los beneficios de la transición se distribuyen de manera justa entre empresas, trabajadores, consumidores y comunidades. Una economía circular orientada al desarrollo sostenible debe considerar quiénes asumen los costos del cambio, quiénes acceden a sus oportunidades y qué grupos podrían resultar desplazados.

La creación de empleo fue identificada como uno de los posibles beneficios sociales. Stahel (2016) explicó que las actividades de mantenimiento, reparación, clasificación, reutilización y remanufactura suelen requerir conocimientos

y trabajo local. A diferencia de los sistemas lineales, que concentran valor en la fabricación y venta inicial, los modelos circulares generan actividades durante toda la vida útil de los productos. No obstante, la cantidad de empleos no constituye un indicador suficiente, ya que también deben evaluarse la estabilidad, remuneración, seguridad laboral, capacitación y protección social de las personas involucradas.

La formalización de los trabajadores dedicados a la recuperación de residuos representa un desafío especialmente importante en países donde el reciclaje depende del trabajo informal. Padilla-Rivera et al. (2020) indicaron que la dimensión social debe incorporar condiciones laborales, inclusión, salud, seguridad y participación de las comunidades. Las políticas circulares pueden mejorar el reconocimiento y los ingresos de los recicladores mediante asociaciones, contratación formal y acceso a equipos. Sin embargo, la modernización tecnológica también podría desplazarlos si los nuevos sistemas de recolección y clasificación se implementan sin mecanismos de transición laboral.

El acceso a productos reparados, reutilizados o compartidos puede contribuir a satisfacer necesidades con costos menores. Murray et al. (2017) sostuvieron que la circularidad posee potencial para ampliar el acceso a bienes y servicios, siempre que los modelos empresariales incluyan objetivos sociales explícitos. Los mercados de segunda mano, las bibliotecas de herramientas y las plataformas comunitarias permiten utilizar productos sin asumir el costo completo de una compra. Sin embargo, estas iniciativas deben garantizar calidad, seguridad, protección de datos y derechos del consumidor para evitar que los sectores con menores ingresos reciban productos deficientes.

La educación y la formación fueron reconocidas como condiciones para la participación social. Schroeder et al. (2019) vincularon la economía circular con los objetivos relacionados con educación, empleo e innovación, debido a que la transición demanda nuevas capacidades profesionales y ciudadanas. Los trabajadores necesitan competencias en diseño, mantenimiento, reparación, análisis de datos y gestión de materiales, mientras que los consumidores requieren información para conservar, devolver y seleccionar productos. Esta formación debe incorporarse en instituciones educativas, empresas y programas comunitarios, evitando que el conocimiento circular se concentre en especialistas.

La participación de los consumidores influye en la efectividad de los sistemas de devolución, reparación y uso compartido. Kirchherr et al. (2017) señalaron que la transformación circular requiere cambios en las prácticas de consumo y no solamente en los procesos empresariales. La preferencia por productos nuevos, la percepción negativa sobre artículos remanufacturados y la búsqueda de comodidad pueden limitar la aceptación de alternativas circulares. Para modificar estas conductas se necesitan productos confiables, garantías, precios accesibles e información transparente, en lugar de responsabilizar exclusivamente a los consumidores por los impactos del sistema.

La justicia territorial también debe considerarse porque los beneficios y costos pueden distribuirse de manera desigual. Korhonen et al. (2018) advirtieron que las actividades contaminantes o intensivas en trabajo pueden desplazarse hacia territorios con regulaciones menos exigentes, aunque los productos circulares se consuman en otras regiones. Además, la exportación de residuos puede transferir riesgos ambientales y sanitarios a comunidades con menor capacidad institucional. En consecuencia, los indicadores deben incorporar el origen y destino de los materiales, las condiciones laborales y los efectos sobre las poblaciones cercanas a las instalaciones de recuperación.

Tabla 3 Contribuciones potenciales de la economía circular al desarrollo sostenible

Dimensión	Contribuciones	Condiciones necesarias
Ambiental	Menor extracción de recursos, prevención de residuos, reducción de emisiones y conservación de ecosistemas	Evaluación del ciclo de vida, energía limpia y reducción absoluta del consumo
Económica	Ahorro de materiales, innovación, nuevos servicios y mayor resiliencia productiva	Financiamiento, mercados secundarios, infraestructura y cooperación empresarial
Social	Creación de empleo, acceso a bienes, desarrollo de capacidades e inclusión	Trabajo digno, participación, capacitación y distribución equitativa de beneficios

Nota. Elaboración propia a partir de Stahel (2016), Geissdoerfer et al. (2017), Murray et al. (2017), Schroeder et al. (2019) y Padilla-Rivera et al. (2020).

Relación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible

La relación entre economía circular y Agenda 2030 se manifestó de forma directa en los objetivos vinculados con recursos, producción, energía, ciudades y clima. Schroeder et al. (2019) determinaron que las prácticas circulares pueden contribuir a numerosos Objetivos de Desarrollo Sostenible, aunque su relación más evidente se produce con el ODS 12, orientado a garantizar modalidades responsables de producción y consumo. La reducción de residuos, el uso eficiente de recursos, la prevención de pérdidas alimentarias y la gestión adecuada de sustancias químicas corresponden con metas específicas de este objetivo.

La circularidad puede contribuir al ODS 6 mediante la reutilización del agua, la reducción de vertidos y la recuperación de nutrientes. Ghisellini et al. (2016) destacaron que la simbiosis industrial permite integrar corrientes de agua y subproductos entre diferentes procesos, disminuyendo la captación y la descarga. Sin embargo, estas prácticas requieren tratamientos capaces de garantizar condiciones sanitarias y ambientales apropiadas. La recirculación no debe utilizarse para justificar una exposición prolongada a sustancias peligrosas, por lo que debe acompañarse de prevención de contaminantes y monitoreo de calidad.

La relación con el ODS 7 se fundamenta en la eficiencia energética, el aprovechamiento de subproductos y la transición hacia fuentes renovables. Korhonen et al. (2018) indicaron que la circularidad material está condicionada por la energía necesaria para mantener los recursos en uso. Los procesos de recolección, reparación, remanufactura y reciclaje pueden perder parte de sus beneficios cuando dependen de combustibles fósiles o requieren tratamientos intensivos. Por esta razón, la economía circular y la transición energética deben avanzar conjuntamente para evitar que el cierre de ciclos materiales incremente las emisiones.

El ODS 8 se relaciona con la creación de actividades económicas basadas en reparación, mantenimiento, reutilización y recuperación. Stahel (2016) sostuvo que una economía orientada a conservar el valor de los bienes puede generar empleo en servicios distribuidos territorialmente. No obstante, la contribución al trabajo decente depende de la formalización, seguridad, remuneración y protección social. La expansión de actividades circulares sin estándares laborales podría reproducir formas de precariedad, especialmente en la clasificación de residuos y otras tareas expuestas a riesgos sanitarios.

La contribución al ODS 9 se evidencia en el desarrollo de infraestructura, innovación y procesos industriales eficientes. Bocken et al. (2016) señalaron que los modelos circulares requieren productos modulares, sistemas de logística inversa, tecnologías de recuperación y plataformas para coordinar los flujos de materiales. La innovación puede fortalecer la competitividad y permitir que las industrias generen valor utilizando menos recursos. Sin embargo, su acceso desigual podría ampliar las brechas entre grandes empresas con capacidad de inversión y organizaciones pequeñas que carecen de financiamiento o conocimientos especializados.

El ODS 11 adquiere relevancia porque las ciudades concentran población, consumo de materiales y generación de residuos. Ghisellini et al. (2016) explicaron que las estrategias circulares urbanas pueden integrar transporte, construcción, alimentos, agua, energía y gestión de residuos. La planificación territorial puede favorecer centros de reparación, sistemas de compostaje, mercados de segunda mano y aprovechamiento de materiales de construcción. Para ello se requiere coordinación entre autoridades locales, empresas, organizaciones comunitarias y ciudadanía, debido a que los flujos urbanos atraviesan múltiples sectores y competencias institucionales.

La economía circular puede contribuir al ODS 13 mediante la reducción de emisiones incorporadas en materiales y productos. Schroeder et al. (2019) señalaron que prolongar la vida útil, reutilizar componentes y prevenir residuos complementa las medidas destinadas a disminuir las emisiones energéticas. Este aporte resulta importante en actividades como construcción, transporte y producción de bienes, donde una proporción significativa del impacto climático se origina antes del uso final. La circularidad debe integrarse en los planes climáticos para abordar las emisiones asociadas con el consumo material y no solamente aquellas procedentes de la generación de energía.

La relación con los ODS 14 y 15 se expresa mediante la prevención de contaminación, la disminución de residuos y la reducción de presión sobre ecosistemas. Ferraz et al. (2023) señalaron que la economía circular y la bioeconomía pueden contribuir a la conservación de recursos marinos y terrestres cuando incorporan criterios regenerativos. La reducción de plásticos desechables, el tratamiento de aguas y el aprovechamiento sostenible de biomasa pueden generar resultados favorables. Sin embargo, estos beneficios dependen de evitar la transferencia de impactos hacia cultivos intensivos, extracción excesiva de biomasa o infraestructuras que fragmenten hábitats.

Finalmente, el ODS 17 apareció como una condición transversal para la transición circular. Kirchherr et al. (2017) mostraron que la economía circular opera en diferentes niveles y necesita coordinación entre empresas, gobiernos, centros académicos y sociedad civil. Las alianzas permiten compartir infraestructura, conocimientos, información y riesgos, especialmente cuando los ciclos de materiales superan los límites de una organización. La cooperación internacional también resulta necesaria para establecer estándares, controlar el traslado de residuos y apoyar a los países con menores capacidades tecnológicas e institucionales.

Tabla 4Vinculación de la economía circular con los Objetivos de Desarrollo Sostenible

ODS	Vinculación con la economía circular
ODS 6. Agua limpia y saneamiento	Reutilización del agua, tratamiento de efluentes y recuperación de nutrientes
ODS 7. Energía asequible y no contaminante	Eficiencia energética, aprovechamiento de recursos y uso de energías renovables
ODS 8. Trabajo decente y crecimiento económico	Empleo en reparación, mantenimiento, reutilización y remanufactura
ODS 9. Industria, innovación e infraestructura	Ecodiseño, tecnologías circulares, logística inversa e infraestructura sostenible
ODS 11. Ciudades y comunidades sostenibles	Gestión circular de materiales, construcción, movilidad, alimentos y residuos
ODS 12. Producción y consumo responsables	Prevención de residuos, eficiencia de recursos y extensión de la vida útil
ODS 13. Acción por el clima	Disminución de emisiones vinculadas con producción, consumo y materiales
ODS 14. Vida submarina	Prevención de contaminación marina y reducción de plásticos
ODS 15. Vida de ecosistemas terrestres	Menor extracción de recursos, regeneración y aprovechamiento sostenible de biomasa
ODS 17. Alianzas para lograr los objetivos	Cooperación entre gobiernos, empresas, academia y sociedad civil

Nota. Elaboración propia a partir de Ghisellini et al. (2016), Kirchherr et al. (2017), Schroeder et al. (2019) y Ferraz et al. (2023).

Barreras para la transición hacia la economía circular

La transición hacia la economía circular enfrenta obstáculos que limitan la aplicación de sus principios en empresas, territorios y cadenas de suministro. Las fuentes examinadas permitieron agrupar estas dificultades en barreras económicas, tecnológicas, organizacionales, normativas, culturales e institucionales. Kirchherr et al. (2018) determinaron que las barreras culturales, particularmente la limitada aceptación de los consumidores y la falta de interés empresarial, pueden ejercer una influencia mayor que las restricciones exclusivamente tecnológicas. Esta situación demuestra que la disponibilidad de soluciones técnicas no garantiza su adopción cuando los actores no perciben beneficios, mantienen hábitos lineales o carecen de incentivos para modificar sus prácticas.

Barreras económicas y financieras

Los costos iniciales constituyeron una de las dificultades más frecuentes. La adopción de procesos circulares puede requerir rediseñar productos, sustituir materiales, adquirir tecnologías, capacitar al personal y establecer sistemas de

logística inversa. Bocken et al. (2016) explicaron que los modelos empresariales circulares modifican las formas tradicionales de crear y capturar valor, lo que obliga a las organizaciones a asumir inversiones cuyos resultados pueden manifestarse a mediano o largo plazo. Esta situación afecta especialmente a las pequeñas y medianas empresas, que suelen disponer de menor liquidez, limitado acceso al crédito y escasa capacidad para absorber los riesgos derivados de la innovación.

La incertidumbre sobre la rentabilidad también dificulta la toma de decisiones. Kirchherr et al. (2018) identificaron que los mercados de materiales secundarios pueden presentar precios inestables y una demanda insuficiente, mientras que las materias primas vírgenes continúan siendo económicamente atractivas debido a estructuras fiscales que no incorporan todos sus costos ambientales. Cuando los materiales recuperados requieren clasificación, limpieza y certificación, su precio puede superar al de los recursos convencionales. Por ello, las empresas pueden mantener procesos lineales, aunque existan alternativas técnicamente viables.

Los modelos basados en servicios enfrentan dificultades financieras particulares. Stahel (2016) señaló que las empresas que conservan la propiedad de sus productos deben financiar su fabricación y recuperar la inversión mediante pagos distribuidos durante el periodo de uso. Este cambio altera el flujo de efectivo y aumenta la necesidad de capital, especialmente durante las etapas iniciales. Además, la empresa asume responsabilidades relacionadas con mantenimiento, reparación, pérdida, deterioro y recuperación del producto, por lo que necesita sistemas administrativos y financieros diferentes de los utilizados en la venta convencional.

La ausencia de instrumentos financieros adaptados limita la implementación. Ghisellini et al. (2016) indicaron que la transición circular requiere inversiones en infraestructura, investigación y cooperación entre actores, pero los mecanismos de crédito tradicionales pueden considerar estas iniciativas demasiado novedosas o riesgosas. Los beneficios ambientales, como emisiones evitadas o reducción de residuos, tampoco se traducen de forma automática en ingresos. Se necesitan fondos de innovación, garantías públicas, créditos verdes e incentivos fiscales que reconozcan el valor social y ambiental de los proyectos sin descuidar su viabilidad económica.

Barreras tecnológicas y de infraestructura

La disponibilidad tecnológica varía entre materiales, productos y sectores. Korhonen et al. (2018) explicaron que no todos los recursos pueden recuperarse con la misma eficiencia debido a pérdidas físicas, mezclas complejas y degradación de propiedades. Los productos compuestos por múltiples materiales pegados o fusionados presentan dificultades para su desmontaje, mientras que determinados plásticos y fibras pierden calidad después de sucesivos procesos. Estas restricciones demuestran que el reciclaje no puede resolver por sí solo los problemas derivados de productos diseñados sin considerar su recuperación.

La insuficiencia de infraestructura limita la recolección, clasificación, almacenamiento y procesamiento de los productos usados. Ghisellini et al. (2016) observaron que el cierre de los ciclos exige redes logísticas capaces de conectar a consumidores, empresas recuperadoras, fabricantes y mercados secundarios. En territorios dispersos o con bajos volúmenes, los costos de transporte pueden superar el valor de los materiales recuperados. La falta de instalaciones especializadas también provoca que productos potencialmente reutilizables o reciclables terminen en vertederos por no existir opciones técnicas y económicas cercanas.

La ausencia de información sobre la composición y el historial de los productos dificulta su reparación y recuperación. Chi et al. (2023) señalaron que las tecnologías digitales pueden mejorar la trazabilidad mediante sensores, plataformas de datos y pasaportes digitales de productos. No obstante, muchas empresas utilizan sistemas incompatibles, protegen la información por razones comerciales o no registran adecuadamente los materiales empleados. Sin datos confiables, los reparadores y recicladores encuentran dificultades para identificar componentes, sustancias peligrosas y procedimientos seguros de desmontaje.

La brecha digital puede generar desigualdades en el acceso a soluciones circulares. Chi et al. (2023) explicaron que la inteligencia artificial, internet de las cosas y cadenas de bloques ofrecen oportunidades para optimizar recursos, pero su implementación requiere conectividad, capacidades técnicas e inversión. Las grandes organizaciones pueden

desarrollar sistemas avanzados de seguimiento, mientras que pequeñas empresas y comunidades con infraestructura limitada quedan excluidas. La digitalización debe acompañarse de estándares abiertos, capacitación y mecanismos que eviten una concentración excesiva de información y poder económico.

Barreras organizacionales y empresariales

La resistencia al cambio dentro de las organizaciones fue identificada como una dificultad relevante. Kirchherr et al. (2018) señalaron que las empresas pueden mantener modelos lineales porque conocen sus costos, proveedores, procesos y fuentes de ingreso, mientras perciben las alternativas circulares como inciertas. La transformación exige modificar responsabilidades, indicadores, estructuras de incentivos y relaciones con clientes o proveedores. Cuando la circularidad se limita a un departamento ambiental sin incorporarse en la estrategia general, las iniciativas suelen permanecer aisladas y con poca capacidad para transformar las operaciones principales.

La falta de conocimientos especializados restringe la adopción de estrategias circulares. Bocken et al. (2016) explicaron que el diseño de productos duraderos y recuperables requiere competencias en materiales, ingeniería, modelos empresariales y evaluación ambiental. También se necesitan conocimientos para calcular costos durante el ciclo de vida, organizar la logística inversa y gestionar productos que retornan en condiciones variables. Las empresas pequeñas pueden carecer de personal especializado, mientras que las instituciones educativas todavía no incorporan de manera suficiente competencias interdisciplinarias relacionadas con circularidad.

La coordinación entre áreas internas representa otro desafío. Geissdoerfer et al. (2017) observaron que la sostenibilidad y la circularidad requieren integrar decisiones de diseño, producción, comercialización, finanzas y servicio posventa. Un producto puede ser técnicamente reparable, pero su potencial se pierde si el área comercial incentiva la sustitución rápida o si no existen repuestos disponibles. Del mismo modo, la recuperación de materiales puede fracasar cuando las decisiones de compra priorizan únicamente el menor precio inicial sin considerar costos e impactos durante todo el ciclo de vida.

La cooperación entre empresas también encuentra obstáculos relacionados con confianza, confidencialidad y distribución de beneficios. Ghisellini et al. (2016) señalaron que la simbiosis industrial necesita intercambio de información sobre cantidades, composición y periodicidad de los residuos o subproductos. Las organizaciones pueden resistirse a compartir estos datos por temor a revelar procesos productivos o depender de otros participantes. Además, los acuerdos se vuelven vulnerables cuando una empresa modifica su producción, cambia de ubicación o deja de generar el material utilizado como insumo por otra.

Barreras normativas e institucionales

Los marcos regulatorios pueden favorecer la circularidad, pero también generar obstáculos cuando fueron diseñados para sistemas lineales. Kirchherr et al. (2018) identificaron que determinadas normas clasifican los materiales recuperados como residuos incluso después de haber sido tratados, dificultando su transporte, comercialización y utilización. La ausencia de criterios claros sobre el fin de la condición de residuo incrementa la incertidumbre jurídica. También pueden existir diferencias entre territorios que impiden el movimiento de materiales secundarios y la formación de mercados regionales.

La responsabilidad extendida del productor apareció como un instrumento relevante, aunque su efectividad depende del diseño regulatorio. Schroeder et al. (2019) señalaron que la asignación de responsabilidades a fabricantes puede incentivar productos más duraderos y sistemas de recuperación. Sin embargo, cuando las obligaciones se limitan al pago de una tarifa o al cumplimiento de metas mínimas de reciclaje, las empresas pueden mantener diseños difíciles de reparar. Las políticas deben establecer incentivos diferenciados según durabilidad, reparabilidad, contenido reciclado y presencia de sustancias peligrosas.

La falta de coherencia entre políticas reduce la capacidad de transformación. Morsetto (2020) sostuvo que los objetivos circulares deben ser específicos, medibles y consistentes con los resultados que se pretende alcanzar. Un gobierno puede promover el reciclaje mientras subsidia la extracción de materias primas o adquiere productos

desechables mediante compras públicas. Estas contradicciones debilitan las señales dirigidas a empresas y consumidores. La transición exige coordinación entre políticas ambientales, industriales, fiscales, comerciales, educativas y de innovación.

Las capacidades institucionales también varían entre territorios. Ghisellini et al. (2016) explicaron que la aplicación de normas depende de la existencia de información, personal técnico, mecanismos de vigilancia e infraestructura. Los gobiernos locales suelen asumir responsabilidades sobre residuos y planificación urbana, pero pueden carecer de recursos para desarrollar sistemas de reparación, reutilización o compostaje. La descentralización de responsabilidades sin financiamiento y acompañamiento técnico puede producir diferencias significativas entre ciudades y regiones.

Barreras culturales y relacionadas con el consumo

La preferencia por productos nuevos constituye una barrera para la expansión de mercados de segunda mano y bienes remanufacturados. Kirchherr et al. (2018) identificaron que la aceptación del consumidor influye directamente en la viabilidad de los modelos circulares. Algunas personas asocian los productos recuperados con baja calidad, menor seguridad o falta de prestigio. Estas percepciones pueden mantenerse incluso cuando los bienes cumplen estándares técnicos equivalentes a los productos nuevos, por lo que se requieren garantías, certificaciones e información transparente.

La cultura de reemplazo rápido reduce los incentivos para reparar. Stahel (2016) explicó que la economía lineal favorece la venta frecuente de productos y puede hacer que la reparación resulte poco accesible o económicamente inconveniente. La falta de repuestos, los diseños sellados, la obsolescencia tecnológica y los servicios técnicos costosos conducen a descartar bienes que todavía podrían utilizarse. El derecho a reparar puede contribuir a modificar esta situación mediante disponibilidad de manuales, componentes, herramientas y condiciones de diagnóstico.

La comodidad también influye en las decisiones de consumo. Bocken et al. (2016) señalaron que los modelos de devolución, reutilización o uso compartido deben ofrecer una experiencia funcional y accesible para competir con las alternativas lineales. Si devolver un producto requiere desplazamientos extensos, trámites complejos o costos adicionales, la participación disminuye. Las empresas y gobiernos deben diseñar sistemas que integren puntos de retorno, recolección, incentivos y comunicación comprensible, evitando trasladar toda la responsabilidad al consumidor.

La información ambiental insuficiente puede favorecer prácticas de mercadotecnia engañosa. Millar et al. (2019) advirtieron que el concepto de economía circular se utiliza con frecuencia para describir iniciativas parciales sin demostrar mejoras globales en sostenibilidad. Una empresa puede presentar un producto como circular por incorporar una pequeña cantidad de material reciclado, aunque mantenga un diseño desechable. Esta práctica dificulta que los consumidores diferencien entre transformaciones significativas y afirmaciones superficiales, por lo que se necesitan criterios verificables y sistemas de etiquetado confiables.

Barreras sociales y territoriales

La distribución desigual de costos y beneficios puede generar resistencia social. Murray et al. (2017) afirmaron que las dimensiones sociales deben incorporarse desde el diseño de las políticas circulares y no añadirse después de su implementación. El cierre de instalaciones lineales puede afectar a trabajadores y territorios dependientes de determinadas actividades, mientras que las nuevas oportunidades pueden concentrarse en regiones con mayores capacidades tecnológicas. Una transición justa requiere anticipar estos cambios mediante capacitación, protección social, diversificación económica y participación de los sectores involucrados.

La informalidad en la gestión de residuos plantea desafíos de inclusión. Padilla-Rivera et al. (2020) señalaron que la evaluación social de la economía circular debe considerar salud, seguridad, empleo, participación y equidad. Los recicladores informales aportan a la recuperación de materiales, pero suelen trabajar sin protección laboral ni acceso

estable a los materiales recolectados. La introducción de tecnologías automatizadas o contratos exclusivos puede desplazarlos si las políticas no reconocen su experiencia y no establecen procesos de integración.

Las diferencias territoriales condicionan la posibilidad de aplicar modelos circulares. Korhonen et al. (2018) explicaron que la proximidad, disponibilidad de recursos, densidad poblacional e infraestructura influyen en la viabilidad de cerrar ciclos. Las estrategias apropiadas para una gran ciudad pueden resultar ineficientes en zonas rurales o territorios aislados. Por ello, la transición necesita diagnósticos locales que identifiquen flujos de materiales, actores, capacidades, necesidades sociales y condiciones ambientales antes de seleccionar tecnologías o modelos empresariales.

Tabla 5 Principales barreras para la implementación de la economía circular

Tipo de barrera	Manifestaciones	Posibles respuestas
Económica	Inversión inicial, rentabilidad incierta y precios bajos de materias primas vírgenes	Financiamiento verde, incentivos fiscales y contratación pública circular
Tecnológica	Degradación de materiales, productos complejos y falta de trazabilidad	Ecodiseño, innovación, pasaportes digitales y estándares técnicos
Infraestructura	Sistemas insuficientes de devolución, reparación, clasificación y procesamiento	Centros compartidos, logística inversa e infraestructura territorial
Organizacional	Resistencia al cambio, falta de capacidades y coordinación interna limitada	Formación, liderazgo, objetivos institucionales e indicadores de desempeño
Normativa	Definiciones imprecisas, normas fragmentadas y contradicciones regulatorias	Armonización normativa y responsabilidad extendida del productor
Cultural	Preferencia por productos nuevos y cultura de descarte	Educación, garantías, certificaciones y derecho a reparar
Social	Informalidad, desigualdad y posible desplazamiento laboral	Transición justa, formalización, participación y protección social
Territorial	Diferencias en densidad, infraestructura y capacidades institucionales	Estrategias adaptadas al contexto y cooperación entre territorios

Nota. Elaboración propia a partir de Bocken et al. (2016), Korhonen et al. (2018), Kirchherr et al. (2018), Millar et al. (2019) y Padilla-Rivera et al. (2020).

Medición y evaluación de la circularidad

La medición surgió como una condición indispensable para determinar si las estrategias implementadas producen mejoras reales. Morsetto (2020) señaló que los objetivos circulares deben especificar el resultado esperado, el periodo de evaluación y la escala de análisis. Indicadores generales como cantidad reciclada o porcentaje de residuos recuperados pueden mostrar avances operativos, pero no permiten establecer por sí solos si disminuyeron la extracción de recursos, las emisiones o el consumo total. La evaluación debe vincular los procesos circulares con resultados de sostenibilidad claramente definidos.

Los indicadores pueden aplicarse en los niveles de producto, empresa, cadena de suministro, ciudad o país. Kirchherr et al. (2017) mostraron que la economía circular opera simultáneamente en escalas micro, meso y macro, por lo que un único indicador no puede representar todos sus efectos. En el nivel del producto pueden medirse contenido reciclado, durabilidad, reparabilidad y capacidad de desmontaje. En las empresas pueden evaluarse productividad material, generación de residuos, ingresos procedentes de servicios y proporción de productos recuperados. En la escala territorial adquieren importancia el consumo material, la tasa de uso circular y los flujos de importación y exportación.

La evaluación del ciclo de vida permite identificar transferencias de impacto entre etapas. Korhonen et al. (2018) advirtieron que la recuperación de un material puede reducir residuos y, al mismo tiempo, aumentar el consumo de energía o agua. El análisis debe comparar escenarios y considerar extracción, fabricación, transporte, uso, mantenimiento y final de vida. Esta perspectiva ayuda a determinar si reparar, reutilizar, remanufacturar o reciclar constituye la opción más favorable para cada producto y contexto.

La conservación del valor representa un criterio más completo que la medición exclusiva de toneladas recuperadas. Stahel (2016) indicó que mantener un producto funcional conserva mayor valor económico y material que descomponerlo para recuperar sus materias primas. Los indicadores deberían distinguir entre reutilización, reparación, remanufactura, reciclaje de igual calidad y reciclaje de menor calidad. Si todas estas operaciones se contabilizan de la misma manera, los sistemas pueden priorizar opciones con menor capacidad para prevenir impactos y conservar recursos.

La dimensión social requiere indicadores específicos. Padilla-Rivera et al. (2020) identificaron la necesidad de evaluar trabajo digno, salud y seguridad, inclusión, participación, acceso a bienes y distribución de beneficios. Una iniciativa no debería calificarse como sostenible únicamente por recuperar materiales si mantiene condiciones laborales peligrosas o excluye a grupos vulnerables. La medición social debe considerar tanto los empleos creados como los desplazados, además de las oportunidades de capacitación y participación en las decisiones.

La diversidad de indicadores dificulta comparar empresas y territorios. Millar et al. (2019) observaron que la ausencia de definiciones y métodos homogéneos puede generar resultados contradictorios sobre el avance de la circularidad. Algunas evaluaciones se concentran en eficiencia, mientras que otras examinan cierre de ciclos, extensión de vida útil o reducción del impacto. La armonización no implica utilizar una única medida, sino establecer conjuntos de indicadores compatibles que integren flujos materiales, efectos ambientales, resultados económicos y consecuencias sociales.

Tabla 6 Dimensiones e indicadores para evaluar la economía circular

Dimensión	Indicadores posibles
Uso de recursos	Consumo material, proporción de materias secundarias y productividad de recursos
Diseño del producto	Durabilidad, modularidad, reparabilidad y facilidad de desmontaje
Extensión de vida útil	Años de uso, reparaciones realizadas y productos reutilizados o remanufacturados
Gestión de materiales	Residuos prevenidos, materiales recuperados y calidad del reciclaje
Desempeño ambiental	Emisiones, consumo de energía, uso de agua e impactos sobre ecosistemas
Desempeño económico	Ahorro, ingresos circulares, inversión, resiliencia y valor conservado
Desempeño social	Empleo digno, seguridad laboral, inclusión, capacitación y acceso
Gobernanza	Alianzas, trazabilidad, cumplimiento normativo y participación de actores

Nota. Elaboración propia a partir de Stahel (2016), Korhonen et al. (2018), Millar et al. (2019), Morseletto (2020) y Padilla-Rivera et al. (2020).

4. DISCUSIÓN

Los resultados confirmaron que la economía circular constituye una alternativa relevante frente a las limitaciones del modelo lineal, pero su capacidad para promover el desarrollo sostenible depende de la profundidad de los cambios implementados. La reducción de residuos o la incorporación de materiales reciclados representan avances importantes, aunque resultan insuficientes cuando no modifican la lógica de producción y consumo. Kirchherr et al. (2017) mostraron que numerosas definiciones continúan concentrándose en reducir, reutilizar y reciclar, dejando en

segundo plano la transformación sistémica. Esta tendencia puede ocasionar que iniciativas parciales sean presentadas como circulares sin demostrar disminuciones absolutas en la extracción de recursos, las emisiones o la generación de residuos.

Economía circular como transformación sistémica

La interpretación de la economía circular como transformación sistémica constituye uno de los principales hallazgos de la revisión. Ghisellini et al. (2016) sostuvieron que la transición requiere modificar simultáneamente los procesos industriales, los patrones de consumo y las políticas públicas. Esta perspectiva se diferencia de las intervenciones aisladas porque reconoce que los flujos de materiales dependen de decisiones adoptadas por diseñadores, productores, proveedores, distribuidores, consumidores y gestores de residuos. Si alguno de estos actores mantiene prácticas lineales, las posibilidades de cerrar o ralentizar los ciclos disminuyen, aunque otros participantes hayan incorporado soluciones circulares.

Los resultados coincidieron con Geissdoerfer et al. (2017), quienes definieron la economía circular como un paradigma emergente relacionado con la sostenibilidad, pero advirtieron que ambos conceptos no son intercambiables. La circularidad describe principalmente la organización regenerativa de los flujos productivos, mientras que el desarrollo sostenible incorpora objetivos sociales, ambientales y económicos más amplios. Por esta razón, una estrategia no debe considerarse sostenible únicamente porque recupera materiales. También deben analizarse las condiciones laborales, el consumo energético, la contaminación generada, la distribución de beneficios y los efectos sobre las comunidades. La necesidad de diferenciar circularidad y sostenibilidad permite cuestionar el uso superficial del concepto. Millar et al. (2019) observaron que una parte de la literatura atribuye beneficios ambientales a la economía circular sin demostrar cómo fueron medidos. Este problema puede trasladarse a las prácticas empresariales mediante afirmaciones que destacan un atributo específico, como el contenido reciclado, mientras ocultan otros impactos durante el ciclo de vida. La evaluación debe establecer si la estrategia evita realmente el uso de recursos vírgenes y si produce una mejora frente al escenario lineal que pretende reemplazar.

La jerarquía de estrategias también resulta esencial para comprender el alcance de la transformación. Bocken et al. (2016) demostraron que la reducción, la extensión de la vida útil y el cierre de ciclos conservan cantidades diferentes de valor. Reparar un producto mantiene sus componentes, energía y funcionalidad, mientras que reciclarlo recupera solamente una parte de sus materiales. Sin embargo, las políticas y sistemas de gestión suelen concentrarse en el reciclaje porque sus resultados son más fáciles de cuantificar. Esta orientación puede desviar inversiones que deberían dirigirse al ecodiseño, la reparación, la reutilización y la remanufactura.

El reciclaje mantiene una función necesaria dentro de la economía circular, especialmente cuando un producto ya no puede ser reutilizado o reparado. No obstante, Korhonen et al. (2018) explicaron que cada proceso de recuperación presenta pérdidas físicas y requiere energía, transporte e infraestructura. Los materiales pueden degradarse hasta alcanzar un punto en el que su aprovechamiento resulte técnica o económicamente inviable. En consecuencia, la circularidad absoluta no constituye un objetivo realista y debe complementarse con reducción del consumo, sustitución responsable y regeneración de los sistemas naturales.

La suficiencia adquiere importancia porque las mejoras de eficiencia no garantizan una reducción absoluta del impacto. Millar et al. (2019) advirtieron que los beneficios de la circularidad pueden disminuir cuando la reducción de costos estimula un aumento de la producción o el consumo. Una empresa puede utilizar menos material por unidad y, al mismo tiempo, incrementar tanto sus ventas que el consumo total continúe creciendo. Por ello, los indicadores deben distinguir entre eficiencia relativa y disminución absoluta de recursos, evitando interpretar cualquier mejora tecnológica como evidencia suficiente de sostenibilidad.

La transformación sistémica también necesita una visión territorial. Kirchherr et al. (2017) distinguieron los niveles micro, meso y macro para mostrar que las iniciativas circulares operan en escalas diferentes pero interdependientes. Una empresa puede diseñar productos reparables, pero requerirá talleres, repuestos, infraestructura de devolución y consumidores dispuestos a utilizarlos durante más tiempo. Del mismo modo, una ciudad puede establecer metas de

reducción de residuos, aunque su cumplimiento dependerá de las prácticas empresariales y de las cadenas de suministro que atraviesan sus límites administrativos.

Esta interacción entre escalas demuestra que la economía circular no puede desarrollarse únicamente mediante decisiones voluntarias del mercado. Schroeder et al. (2019) señalaron que su contribución a los Objetivos de Desarrollo Sostenible depende de marcos institucionales que orienten la producción, la inversión y el consumo. Las empresas pueden encontrar desventajas cuando los precios de las materias primas no incluyen los costos ambientales de extracción y eliminación. En estas condiciones, las políticas públicas deben corregir incentivos y establecer reglas que favorezcan productos duraderos, reparables y recuperables.

Integración de las dimensiones del desarrollo sostenible

Los beneficios ambientales identificados respaldan la utilidad de la economía circular para reducir la presión sobre los recursos. Ghisellini et al. (2016) afirmaron que prolongar el uso de productos y materiales puede disminuir la extracción y la generación de residuos. Sin embargo, la magnitud de los beneficios depende de la sustitución efectiva de materias primas vírgenes. Cuando los materiales recuperados se incorporan a una producción que continúa creciendo sin reemplazar recursos primarios, la circularidad relativa aumenta, pero los impactos ambientales totales pueden mantenerse o incrementarse.

La mitigación climática constituye una oportunidad significativa, aunque necesita una integración más estrecha con las políticas energéticas. Schroeder et al. (2019) relacionaron las estrategias circulares con la acción climática porque permiten reducir emisiones incorporadas en materiales y procesos industriales. No obstante, Korhonen et al. (2018) recordaron que la recolección, clasificación y transformación de materiales consumen energía. Si estos procesos dependen de combustibles fósiles, parte de la reducción conseguida puede perderse. La transición circular debe avanzar junto con la descarbonización del sistema energético para generar resultados consistentes.

La regeneración de la naturaleza amplía el enfoque más allá de la eficiencia industrial. Ferraz et al. (2023) determinaron que la integración entre economía circular y bioeconomía puede contribuir a los Objetivos de Desarrollo Sostenible mediante recuperación de nutrientes, uso de recursos renovables y conservación de ecosistemas. Sin embargo, sustituir materiales fósiles por biomasa no garantiza sostenibilidad cuando la producción ocasiona deforestación, erosión o competencia por el suelo. Las estrategias regenerativas deben respetar los ritmos de renovación ecológica y considerar la capacidad de los ecosistemas para sostener la extracción.

En la dimensión económica, los resultados mostraron que la circularidad puede reducir costos, estimular innovación y fortalecer la resiliencia. Stahel (2016) explicó que conservar la propiedad de los productos y generar ingresos mediante servicios puede incentivar la durabilidad. Sin embargo, estos modelos trasladan parte de los riesgos financieros hacia el proveedor, quien debe asumir la inversión inicial y recuperar su capital durante un periodo más largo. La viabilidad depende del acceso a financiamiento, la capacidad de gestionar activos y la existencia de contratos que distribuyan adecuadamente responsabilidades y beneficios.

La resiliencia de las cadenas de suministro ha adquirido relevancia debido a la dependencia de materiales importados y recursos críticos. Bocken et al. (2016) señalaron que la recuperación de componentes puede disminuir la exposición a interrupciones externas y volatilidad de precios. No obstante, la existencia de materiales usados no significa que puedan incorporarse directamente a la producción. Se requieren procesos de clasificación, estándares de calidad y sistemas de trazabilidad que permitan garantizar su desempeño y seguridad.

La innovación circular debe comprenderse como una modificación conjunta de tecnologías, organizaciones y relaciones económicas. Chi et al. (2023) mostraron que las tecnologías digitales pueden mejorar la trazabilidad, el mantenimiento predictivo y el intercambio de materiales. Sin embargo, la digitalización también consume energía, requiere equipos electrónicos y puede aumentar la dependencia de proveedores tecnológicos. Su contribución debe evaluarse por la capacidad para reducir impactos materiales y no solamente por el nivel de automatización alcanzado.

Las pequeñas y medianas empresas enfrentan una posición contradictoria dentro de la transición. Por una parte, su proximidad con los consumidores y flexibilidad organizacional puede favorecer servicios de reparación, reutilización y

mantenimiento. Por otra, Kirchherr et al. (2018) identificaron que la falta de recursos, conocimientos e infraestructura limita la experimentación con modelos circulares. Las políticas que imponen obligaciones uniformes pueden generar cargas desproporcionadas, por lo que se necesitan programas de asistencia técnica, financiamiento y cooperación ajustados a sus capacidades.

La dimensión social presentó el menor desarrollo conceptual y empírico. Murray et al. (2017) advirtieron que la literatura sobre economía circular ha prestado mayor atención a la prosperidad económica y la calidad ambiental que a la equidad social. Esta limitación es significativa porque la transición puede generar ganadores y perdedores. Los empleos vinculados con reparación y remanufactura pueden aumentar, mientras que determinadas actividades extractivas o manufactureras pueden disminuir. La evaluación debe considerar tanto las oportunidades creadas como las ocupaciones desplazadas.

La cantidad de empleos generados no demuestra por sí sola un resultado social positivo. Padilla-Rivera et al. (2020) señalaron que los indicadores sociales deben incluir salud, seguridad, estabilidad, capacitación e inclusión. Las actividades de recuperación de residuos pueden expandirse en condiciones informales y exponer a los trabajadores a materiales peligrosos. Por ello, la creación de empleo circular debe acompañarse de formalización, equipos de protección, remuneración justa y reconocimiento de los conocimientos acumulados por recicladores y organizaciones comunitarias.

La asequibilidad de los bienes circulares también merece atención. Murray et al. (2017) plantearon que la circularidad puede ampliar el acceso mediante alquiler, uso compartido y productos reutilizados. Sin embargo, los servicios digitales pueden excluir a personas sin conectividad, medios de pago o competencias tecnológicas. Asimismo, algunos productos sostenibles mantienen precios elevados y se dirigen a consumidores con mayor capacidad adquisitiva. Una economía circular inclusiva debe garantizar que las alternativas duraderas y reparables se encuentren disponibles para diferentes grupos sociales.

La justicia territorial exige observar dónde se extraen, fabrican, consumen, recuperan y eliminan los materiales. Korhonen et al. (2018) explicaron que los sistemas circulares presentan límites espaciales porque los impactos pueden desplazarse entre regiones. Un país puede mejorar sus indicadores internos mediante la exportación de residuos o la importación de productos fabricados con altos impactos ambientales. La medición debe incorporar los flujos comerciales y evitar que los avances de un territorio dependan de la transferencia de cargas hacia comunidades con menor capacidad regulatoria.

Implicaciones para empresas y cadenas de suministro

Los resultados sugieren que las empresas deben incorporar la circularidad desde la estrategia y no limitarla a proyectos ambientales independientes. Geissdoerfer et al. (2017) sostuvieron que la sostenibilidad requiere modificar la forma en que las organizaciones crean y entregan valor. Esta integración implica establecer objetivos relacionados con durabilidad, contenido material, recuperación y reducción absoluta de impactos. También exige asignar responsabilidades a las áreas de diseño, compras, operaciones, comercialización y servicio posventa, evitando que la circularidad quede bajo la responsabilidad exclusiva del área ambiental.

El diseño constituye el punto de intervención con mayor capacidad preventiva. Bocken et al. (2016) señalaron que las decisiones iniciales determinan la facilidad de mantenimiento, reparación, actualización, desmontaje y reciclaje. Si un producto combina materiales inseparables, emplea componentes sellados o carece de repuestos, las opciones posteriores quedan restringidas. Las empresas deben establecer criterios de diseño circular, realizar pruebas de reparabilidad e incorporar información que permita reconocer los materiales y procedimientos de desmontaje.

La relación con los proveedores debe transformarse para garantizar trazabilidad y calidad. Chi et al. (2023) señalaron que los sistemas digitales pueden registrar el origen, composición y recorrido de productos y materiales. Esta información facilita la recuperación y permite verificar atributos ambientales, pero requiere estándares comunes y acuerdos sobre intercambio de datos. Las cadenas de suministro fragmentadas pueden dificultar la identificación de responsabilidades, especialmente cuando los componentes atraviesan múltiples países antes de llegar al consumidor.

La logística inversa debe planificarse como parte del modelo empresarial. Ghisellini et al. (2016) explicaron que la recuperación depende de sistemas capaces de recolectar, inspeccionar, clasificar y redirigir productos hacia reutilización, reparación, remanufactura o reciclaje. Estos procesos deben establecerse antes de comercializar el producto, debido a que improvisarlos después puede elevar los costos y reducir las tasas de retorno. Los sistemas de depósito, incentivos, recolección domiciliaria y devolución en puntos de venta pueden aumentar la participación del consumidor.

Las organizaciones deben determinar qué estrategia conserva mayor valor en cada caso. Stahel (2016) propuso priorizar mantenimiento, reparación y reutilización antes de recuperar materiales, debido a que estas opciones conservan la funcionalidad y el trabajo incorporado. Sin embargo, la alternativa adecuada depende del estado del producto, el consumo energético durante su uso y los costos logísticos. Una evaluación comparativa debe evitar prolongar la vida de bienes inseguros, contaminantes o altamente ineficientes cuando existen sustitutos con un desempeño considerablemente mejor.

Los modelos basados en servicios ofrecen oportunidades, pero requieren cambios en las capacidades empresariales. Bocken et al. (2016) indicaron que conservar la propiedad de un producto puede alinear los ingresos con la durabilidad, aunque obliga a gestionar mantenimiento, riesgo y recuperación. Las empresas necesitan sistemas de información para conocer la ubicación y condición de sus activos. También deben diseñar contratos que definan responsabilidades por daño, pérdida, actualización y finalización del servicio.

La colaboración empresarial es necesaria cuando los flujos materiales superan los límites de una organización. Ghisellini et al. (2016) destacaron que la simbiosis industrial permite utilizar subproductos de una empresa como recursos para otra. No obstante, la estabilidad del intercambio depende de la calidad, cantidad y periodicidad de los materiales. Los acuerdos deben prever cambios en la producción y distribuir costos de transporte, almacenamiento y acondicionamiento para evitar que la cooperación dependa exclusivamente de relaciones informales.

La comunicación con los consumidores debe evitar afirmaciones ambiguas. Millar et al. (2019) advirtieron que la falta de indicadores comunes facilita interpretaciones imprecisas sobre circularidad. Las empresas deben especificar qué atributo es circular, cómo fue medido y cuáles son sus limitaciones. Informar que un envase contiene material reciclado no equivale a demostrar que el producto completo es sostenible. Las certificaciones, garantías y datos verificables pueden fortalecer la confianza y reducir el riesgo de prácticas engañosas.

El desempeño empresarial debe medirse mediante indicadores que integren resultados materiales, ambientales, económicos y sociales. Morseletto (2020) señaló que las metas deben establecer con claridad el punto de partida, la escala y el resultado esperado. Una empresa podría medir la proporción de productos reparables, los años de vida útil, la tasa de retorno, el uso de materiales secundarios y las emisiones evitadas. Estos datos deben complementarse con condiciones laborales, accesibilidad del servicio y efectos sobre proveedores y comunidades.

Implicaciones para las políticas públicas y la gobernanza

Los resultados evidenciaron que las políticas públicas deben intervenir sobre las condiciones que favorecen la permanencia del modelo lineal. Kirchherr et al. (2018) señalaron que las empresas encuentran pocos incentivos para cambiar cuando las materias primas vírgenes mantienen precios bajos y los costos ambientales de extracción, contaminación y eliminación no se incorporan en las decisiones económicas. En este contexto, las estrategias voluntarias poseen un alcance limitado porque las organizaciones circulares pueden enfrentar mayores costos que sus competidores. Los gobiernos necesitan establecer instrumentos regulatorios, fiscales y financieros que reconozcan los impactos ambientales y orienten la inversión hacia actividades de prevención, mantenimiento, reparación, reutilización y remanufactura.

La combinación de instrumentos puede producir efectos más consistentes que la aplicación de medidas aisladas. Schroeder et al. (2019) explicaron que la contribución de la economía circular a los Objetivos de Desarrollo Sostenible depende de políticas coordinadas en producción, consumo, innovación, empleo y ambiente. Los impuestos sobre vertidos, los sistemas de depósito y devolución, las metas de reutilización, los incentivos a materiales secundarios y las

compras públicas pueden complementarse para modificar las decisiones de empresas y consumidores. Sin embargo, estos instrumentos deben diseñarse considerando las capacidades productivas y sociales del territorio para evitar efectos regresivos o cargas desproporcionadas.

La responsabilidad extendida del productor representa uno de los mecanismos con mayor potencial para trasladar la gestión del final de vida hacia quienes toman decisiones de diseño. Ghisellini et al. (2016) señalaron que este instrumento puede estimular la recuperación de productos y reducir la carga financiera asumida por los gobiernos locales. No obstante, su eficacia disminuye cuando las obligaciones se limitan al pago indiferenciado de tarifas. Las contribuciones deberían variar según durabilidad, reparabilidad, contenido reciclado, toxicidad y facilidad de desmontaje, de manera que los productos con mejores características circulares enfrenten menores costos regulatorios.

El derecho a reparar puede corregir prácticas que dificultan la extensión de la vida útil. Stahel (2016) destacó que la reparación conserva mayor valor que el reciclaje porque mantiene el producto y sus componentes en funcionamiento. Para que esta estrategia sea viable, los usuarios y talleres independientes necesitan acceso a repuestos, manuales, herramientas de diagnóstico y actualizaciones de software. Las regulaciones también deben impedir que las reparaciones razonables anulen garantías o que los fabricantes restrinjan artificialmente el funcionamiento de componentes compatibles.

El ecodiseño requiere estándares obligatorios porque los efectos de las decisiones iniciales se extienden durante toda la vida del producto. Bocken et al. (2016) explicaron que la modularidad, desmontabilidad y durabilidad determinan las opciones posteriores de mantenimiento y recuperación. Las normas pueden establecer requisitos mínimos de resistencia, disponibilidad de repuestos, eficiencia, contenido reciclado y posibilidad de actualización. Estas exigencias deben formularse por categorías de productos, debido a que los criterios aplicables a dispositivos electrónicos no son necesariamente adecuados para envases, textiles, vehículos o materiales de construcción.

Las compras públicas pueden generar una demanda estable para productos reparables, reutilizados y remanufacturados. Murray et al. (2017) sostuvieron que las instituciones públicas poseen capacidad para orientar los mercados cuando incorporan criterios sociales y ambientales en sus decisiones. En lugar de seleccionar ofertas exclusivamente por el menor precio inicial, los procesos de contratación pueden considerar costos durante el ciclo de vida, mantenimiento, consumo energético, disponibilidad de repuestos y recuperación al finalizar el contrato. Esta práctica proporciona señales económicas a los proveedores y puede facilitar la expansión de soluciones circulares.

La política fiscal debe revisar los incentivos que favorecen la extracción y el consumo de recursos. Korhonen et al. (2018) advirtieron que la economía circular opera dentro de sistemas económicos que frecuentemente abaratan los materiales y encarecen el trabajo. Esta estructura puede hacer que fabricar un producto nuevo resulte más conveniente que repararlo, aunque genere mayores impactos. Una reforma gradual podría reducir cargas sobre actividades intensivas en trabajo, como mantenimiento y reparación, e incrementar los costos asociados con extracción, contaminación y eliminación, protegiendo al mismo tiempo a los hogares vulnerables.

La infraestructura circular requiere planificación y financiamiento público. Ghisellini et al. (2016) mostraron que la recuperación de recursos depende de redes de recolección, clasificación, almacenamiento y procesamiento. Los gobiernos locales pueden facilitar centros de reparación, puntos de devolución, mercados de reutilización y plantas de compostaje o recuperación de materiales. Sin embargo, estas inversiones deben responder a diagnósticos territoriales para evitar instalaciones sobredimensionadas, tecnologías inadecuadas o contratos que generen dependencia de volúmenes crecientes de residuos.

La gobernanza debe integrar a los actores involucrados desde la planificación. Murray et al. (2017) advirtieron que la dimensión social suele permanecer ausente cuando las decisiones se concentran en objetivos técnicos y económicos. La participación de trabajadores, recicladores, comunidades, consumidores, empresas y organizaciones sociales permite identificar riesgos y necesidades que podrían pasar inadvertidos. También fortalece la legitimidad de las políticas y facilita la adaptación de los instrumentos a las condiciones locales.

La coordinación entre niveles de gobierno resulta indispensable porque los flujos materiales atraviesan límites administrativos. Kirchherr et al. (2017) distinguieron las escalas micro, meso y macro para mostrar que las iniciativas empresariales y territoriales se encuentran conectadas. Los municipios pueden gestionar residuos y servicios urbanos, mientras los gobiernos nacionales regulan productos, comercio, fiscalidad y responsabilidad del productor. La ausencia de coordinación puede producir estándares contradictorios, duplicidad de funciones o vacíos que dificulten la recuperación de materiales.

Las políticas deben incorporar mecanismos de seguimiento y revisión. Morsetto (2020) señaló que las metas circulares necesitan indicadores específicos que permitan comprobar avances y corregir desviaciones. Los gobiernos no deberían medir únicamente tasas de reciclaje, sino también prevención de residuos, consumo de materiales, durabilidad, reparación, reutilización, emisiones y empleo digno. La publicación periódica de estos datos puede mejorar la transparencia y permitir que empresas, comunidades e investigadores evalúen los resultados alcanzados.

Aplicación en economías emergentes y contextos latinoamericanos

La aplicación de la economía circular en economías emergentes presenta oportunidades relacionadas con el aprovechamiento local de recursos, la generación de empleo y la reducción de dependencia de materias primas importadas. Ghisellini et al. (2016) señalaron que las estrategias circulares deben adaptarse a las características institucionales, tecnológicas y productivas de cada territorio. En América Latina, la diversidad de recursos naturales y actividades agrícolas, industriales y urbanas ofrece posibilidades para recuperar materiales, biomasa, nutrientes, agua y energía. Sin embargo, estas oportunidades conviven con limitaciones de infraestructura, financiamiento, información y capacidad regulatoria.

La informalidad constituye una característica que diferencia a numerosos sistemas de recuperación latinoamericanos de aquellos desarrollados en economías industrializadas. Padilla-Rivera et al. (2020) destacaron que las evaluaciones de circularidad deben incorporar indicadores de inclusión, seguridad y condiciones laborales. Los recicladores de base desempeñan una función ambiental importante mediante recolección y clasificación, pero suelen trabajar con ingresos inestables y exposición a riesgos. La modernización de los sistemas debe reconocer su contribución, fortalecer sus organizaciones e integrarlos mediante contratos, capacitación y protección social.

La economía circular puede fortalecer las cadenas productivas agroalimentarias mediante la reducción de pérdidas y el aprovechamiento de residuos orgánicos. Ferraz et al. (2023) señalaron que la circularidad y la bioeconomía pueden complementarse para recuperar nutrientes, producir biomateriales y generar energía a partir de subproductos. En contextos agrícolas, los residuos pueden transformarse en compost, biofertilizantes o insumos industriales. Sin embargo, su extracción debe mantener suficiente materia orgánica en el suelo y evitar que la búsqueda de valor económico afecte los procesos ecológicos locales.

Las ciudades latinoamericanas presentan condiciones favorables para desarrollar sistemas de reparación, reutilización y recuperación debido a la concentración de consumidores y actividades económicas. Kirchherr et al. (2017) explicaron que la escala urbana permite conectar iniciativas microeconómicas con políticas territoriales. Los mercados de segunda mano, talleres de reparación, emprendimientos de reutilización y organizaciones de recicladores ya constituyen formas de circularidad, aunque muchas operan sin reconocimiento institucional. Las políticas pueden fortalecer estas prácticas mediante espacios, financiamiento, capacitación, regulación proporcional y acceso a compras públicas.

Las pequeñas y medianas empresas tienen una participación central en las economías regionales, pero enfrentan mayores restricciones para incorporar tecnologías y certificaciones. Kirchherr et al. (2018) identificaron que la falta de conocimientos, inversión y demanda representa una combinación de barreras que limita la transición. Las respuestas deben incluir centros tecnológicos compartidos, redes empresariales, asesoría para ecodiseño y líneas de crédito adaptadas. Exigir a las pequeñas empresas los mismos procedimientos que a las grandes corporaciones, sin proporcionar apoyo, puede aumentar la informalidad o excluirlas de las cadenas de suministro.

La dependencia de exportaciones de materias primas plantea una tensión particular. Korhonen et al. (2018) advirtieron que la circularidad debe analizarse considerando los límites territoriales y el comercio internacional. Los países

exportadores pueden continuar soportando los impactos de la extracción mientras los beneficios del diseño, la reparación y la recuperación se concentran en economías consumidoras. Una transición justa necesita promover procesamiento local, diversificación productiva, transferencia tecnológica y cadenas de valor que conserven una mayor proporción de los beneficios en los territorios de origen.

La importación de productos de corta duración y difícil reparación también limita el desarrollo de ciclos locales. Stahel (2016) explicó que la extensión de la vida útil necesita repuestos, información técnica y servicios especializados. Cuando los fabricantes no tienen representación local o abandonan rápidamente determinados modelos, los consumidores encuentran dificultades para mantenerlos. Las políticas comerciales y de protección al consumidor pueden exigir disponibilidad de repuestos, información sobre reparabilidad y responsabilidades claras para importadores y distribuidores.

La heterogeneidad territorial obliga a evitar soluciones uniformes. Morseletto (2020) sostuvo que los objetivos circulares deben definirse en función de los materiales, procesos y resultados relevantes para cada contexto. Las prioridades de una ciudad industrial no serán iguales a las de una zona agrícola, costera o amazónica. Los diagnósticos territoriales deben identificar flujos de materiales, actividades económicas, infraestructura, actores sociales, impactos ambientales y conocimientos locales antes de seleccionar tecnologías o establecer metas.

La cooperación regional puede favorecer mercados de materiales secundarios y estándares comunes. Schroeder et al. (2019) relacionaron la circularidad con el ODS 17 porque las alianzas facilitan intercambio de conocimientos, tecnologías y recursos. En América Latina, la coordinación entre países puede contribuir a armonizar criterios sobre residuos, productos recuperados, trazabilidad y responsabilidad del productor. Esta cooperación también debe impedir que los movimientos transfronterizos se conviertan en mecanismos para trasladar residuos peligrosos hacia territorios con menor capacidad de control.

Implicaciones para la educación y la participación ciudadana

La transición circular demanda competencias que atraviesan diferentes áreas de conocimiento. Schroeder et al. (2019) vincularon la economía circular con los objetivos de educación, innovación y trabajo decente, puesto que su implementación requiere profesionales capaces de integrar diseño, ingeniería, economía, ambiente y ciencias sociales. Las instituciones educativas deben incorporar análisis de ciclo de vida, ecodiseño, mantenimiento, gestión de recursos y emprendimiento circular. Esta formación no debe limitarse a programas especializados, sino extenderse a carreras técnicas, administrativas y sociales.

La formación profesional debe responder a los cambios en el mercado laboral. Stahel (2016) señaló que la economía orientada a conservar productos puede aumentar la demanda de técnicos, reparadores y especialistas en mantenimiento. Sin embargo, estas ocupaciones necesitan reconocimiento, certificación y actualización permanente debido a la creciente complejidad tecnológica. Los programas de formación pueden recuperar conocimientos tradicionales de reparación y combinarlos con capacidades digitales, electrónicas y de gestión.

La educación ciudadana influye en la aceptación de productos reutilizados, reparados y remanufacturados. Kirchherr et al. (2018) identificaron la cultura del consumidor como una de las barreras más relevantes. Las campañas deben explicar las diferencias entre prevenir, reutilizar y reciclar, evitando transmitir que la separación de residuos constituye la única responsabilidad individual. También es necesario proporcionar información práctica sobre mantenimiento, devolución, garantías y servicios disponibles.

La participación ciudadana puede mejorar el diseño de los sistemas circulares. Murray et al. (2017) destacaron que la sostenibilidad requiere incorporar valores sociales y criterios de equidad. Los consumidores y comunidades no deben ser considerados únicamente como receptores de información, sino como actores capaces de identificar necesidades, evaluar servicios y proponer soluciones. Los procesos participativos pueden revelar barreras de acceso relacionadas con horarios, ubicación, costos, seguridad o conectividad que no aparecen en evaluaciones exclusivamente técnicas. La comunicación debe evitar trasladar toda la responsabilidad hacia las decisiones individuales. Bocken et al. (2016) demostraron que las posibilidades del consumidor están condicionadas por el diseño de productos y los modelos

empresariales disponibles. Una persona no puede reparar un dispositivo cuando el fabricante no proporciona repuestos ni información, ni puede devolver un envase cuando no existen puntos de recolección. La educación debe complementarse con infraestructura, regulación y alternativas accesibles que conviertan la conducta circular en una opción viable.

Limitaciones de la revisión

La primera limitación estuvo relacionada con el carácter narrativo de la revisión. Snyder (2019) señaló que esta modalidad permite integrar perspectivas heterogéneas, pero presenta un mayor componente interpretativo que las revisiones sistemáticas o los metaanálisis. Aunque se establecieron criterios de búsqueda, selección y análisis, no se pretendió recuperar exhaustivamente todas las publicaciones existentes. Los resultados representan una síntesis fundamentada de las tendencias principales y no un inventario completo de la producción científica.

La selección de 20 fuentes permitió desarrollar un análisis manejable y diverso, pero limitó la representación de determinados sectores y regiones. Torracó (2016) sostuvo que las revisiones integradoras deben buscar profundidad conceptual, aunque el tamaño del corpus influye en la variedad de perspectivas incluidas. Algunos ámbitos, como construcción, textiles, alimentos y dispositivos electrónicos, poseen literaturas especializadas que no pudieron analizarse con el mismo nivel de detalle. La revisión priorizó los aportes transversales aplicables a diferentes actividades.

La diversidad de definiciones e indicadores dificultó comparar los resultados. Kirchherr et al. (2017) demostraron que no existe una definición única de economía circular, mientras que Morsetto (2020) identificó la necesidad de formular objetivos específicos y medibles. En consecuencia, las publicaciones emplearon unidades, escalas y criterios distintos para evaluar circularidad. Esta heterogeneidad impidió establecer una medida cuantitativa común sobre sus efectos ambientales, económicos y sociales.

La literatura disponible presentó un mayor desarrollo de las dimensiones técnica, ambiental y empresarial. Murray et al. (2017) observaron que la dimensión social ha ocupado una posición secundaria en el debate circular. Esta desigualdad también se reflejó en las fuentes revisadas, ya que existió menor evidencia sobre equidad, condiciones laborales, género, inclusión y efectos distributivos. La interpretación de los beneficios sociales debe considerarse más provisional que la relacionada con eficiencia de recursos o gestión de materiales.

Otra limitación correspondió a la concentración de marcos conceptuales en economías industrializadas. Korhonen et al. (2018) destacaron que la circularidad presenta límites espaciales y depende de condiciones territoriales específicas. Las capacidades tecnológicas, regulatorias y financieras descritas en algunos estudios no pueden trasladarse directamente a economías emergentes. Por ello, las recomendaciones deben adaptarse mediante diagnósticos locales y no aplicarse como modelos universales.

Líneas futuras de investigación

Las investigaciones futuras deberían fortalecer la medición de resultados absolutos. Millar et al. (2019) advirtieron que muchos estudios analizan iniciativas circulares sin demostrar si reducen el consumo total de materiales o los impactos ambientales. Se necesitan diseños longitudinales que comparen escenarios antes y después de la implementación, incorporando producción, consumo, comercio y posibles efectos rebote. Este enfoque permitiría distinguir entre mejoras de eficiencia y transformaciones capaces de disminuir presiones ambientales en términos absolutos.

La dimensión social requiere un programa de investigación específico. Padilla-Rivera et al. (2020) propusieron indicadores relacionados con empleo, salud, seguridad, participación e inclusión, pero todavía existe poca evidencia sobre su aplicación en contextos reales. Los estudios futuros deberían analizar cómo se distribuyen los costos y beneficios entre trabajadores, consumidores, empresas y territorios. También sería necesario examinar género, informalidad, acceso digital, condiciones laborales y participación de grupos vulnerables.

La comparación entre modelos empresariales puede aportar evidencia sobre su viabilidad económica y ambiental. Bocken et al. (2016) identificaron diferentes estrategias de creación de valor circular, pero su desempeño depende del

sector, escala y comportamiento del usuario. Las investigaciones deberían comparar venta tradicional, alquiler, producto como servicio, reparación y remanufactura mediante indicadores homogéneos. También convendría analizar las condiciones financieras que permiten a pequeñas empresas adoptar estos modelos.

La digitalización representa otra línea prioritaria. Chi et al. (2023) destacaron el potencial de sensores, inteligencia artificial y plataformas digitales para mejorar la trazabilidad y el uso de activos. Sin embargo, se requieren estudios sobre consumo energético, privacidad, interoperabilidad, obsolescencia electrónica y concentración de datos. La tecnología debe evaluarse como un medio para alcanzar resultados circulares y no como un objetivo independiente. Los contextos latinoamericanos necesitan investigaciones empíricas adaptadas a sus condiciones. Ghisellini et al. (2016) señalaron que la implementación varía según capacidades productivas, institucionales y territoriales. Los estudios podrían analizar cadenas agroalimentarias, ciudades intermedias, pequeñas empresas, organizaciones de recicladores y sistemas comunitarios de reutilización. Esta evidencia permitiría construir políticas basadas en prácticas locales y evitar la adopción automática de modelos desarrollados en otros contextos.

Finalmente, las investigaciones deberían examinar la relación entre circularidad, suficiencia y justicia. Korhonen et al. (2018) advirtieron que los ciclos materiales no pueden cerrarse completamente y que las mejoras de eficiencia enfrentan límites físicos. Por ello, resulta necesario analizar qué niveles de producción y consumo son compatibles con los límites ecológicos y cómo puede garantizarse bienestar sin aumentar continuamente la extracción. Esta agenda ampliaría la economía circular desde la optimización de recursos hacia una transformación social y económica orientada a la sostenibilidad.

5. CONCLUSIÓN

La revisión bibliográfica permitió concluir que la economía circular constituye un modelo con capacidad para contribuir al desarrollo sostenible mediante la transformación de las relaciones entre extracción, producción, consumo y gestión de materiales. Su alcance supera el reciclaje, debido a que incorpora prevención de residuos, reducción del consumo material, ecodiseño, mantenimiento, reparación, reutilización, remanufactura y regeneración de los sistemas naturales. Estas estrategias buscan conservar durante el mayor tiempo posible el valor funcional, económico y ambiental de los productos y recursos. Por tanto, la circularidad debe entenderse como un cambio sistémico y no como un conjunto de actividades aisladas incorporadas al final de los procesos productivos.

La relación entre economía circular y desarrollo sostenible se fundamenta en su potencial para generar beneficios ambientales, económicos y sociales. En la dimensión ambiental, puede disminuir la extracción de recursos, prevenir residuos, reducir emisiones y limitar la presión ejercida sobre los ecosistemas. En el ámbito económico, favorece el aprovechamiento de materiales, la innovación, el desarrollo de servicios, la diversificación de ingresos y una mayor resiliencia frente a interrupciones en las cadenas de suministro. En la dimensión social, ofrece oportunidades para generar empleo, fortalecer actividades locales de reparación y facilitar el acceso a determinados bienes. Sin embargo, estos beneficios dependen de las condiciones de implementación y no se producen automáticamente por utilizar materiales reciclados o adoptar prácticas denominadas circulares.

Los resultados demostraron que una estrategia circular no necesariamente es sostenible cuando sus efectos se analizan de manera integral. Los procesos de recuperación pueden requerir energía, agua, productos químicos, transporte e infraestructura, mientras que los materiales pierden cantidad o calidad durante sucesivos ciclos. También pueden generarse efectos rebote cuando la reducción de costos favorece un incremento del consumo. Por esta razón, la evaluación debe considerar todo el ciclo de vida y comparar cada alternativa con el sistema que pretende sustituir. La reducción absoluta del uso de recursos y de los impactos ambientales debe mantenerse como un criterio central, evitando que las mejoras relativas oculten un crecimiento continuo de la producción material.

La transición circular requiere integrar las escalas empresarial, sectorial y territorial. Las empresas deben incorporar criterios de durabilidad, reparabilidad, modularidad y recuperación desde el diseño de los productos. Las cadenas de suministro necesitan fortalecer la trazabilidad, la logística inversa, la cooperación y los mercados de materiales secundarios. Al mismo tiempo, los gobiernos deben establecer normas de ecodiseño, responsabilidad extendida del productor, derecho a reparar, compras públicas sostenibles e incentivos financieros coherentes. La ausencia de

coordinación entre estos niveles reduce la eficacia de las iniciativas, debido a que ningún actor dispone individualmente de la capacidad necesaria para transformar todos los flujos productivos y de consumo.

Las principales barreras para la implementación fueron los costos iniciales, la incertidumbre sobre la rentabilidad, la insuficiencia de infraestructura, la falta de conocimientos, la fragmentación normativa, la escasa coordinación institucional y la resistencia cultural. Estas dificultades afectan especialmente a las pequeñas y medianas empresas y a los territorios con capacidades tecnológicas limitadas. En consecuencia, las obligaciones regulatorias deben acompañarse de financiamiento, capacitación, asistencia técnica y espacios de cooperación. Las políticas uniformes pueden profundizar desigualdades cuando no consideran el tamaño de las organizaciones, las características de las actividades productivas y las condiciones sociales de cada territorio.

La dimensión social necesita ocupar una posición más visible dentro de las estrategias circulares. La generación de empleo no constituye por sí sola evidencia de sostenibilidad si las actividades se desarrollan en condiciones informales, inseguras o con ingresos insuficientes. Una transición justa debe proteger a los trabajadores afectados por la transformación productiva, reconocer la contribución de recicladores y organizaciones comunitarias, promover la capacitación y garantizar la participación de los sectores involucrados. También debe evitar que los beneficios se concentren en empresas o regiones con mayores capacidades, mientras los impactos de la extracción, fabricación o disposición continúan trasladándose hacia comunidades vulnerables.

La aplicación de la economía circular en economías emergentes y contextos latinoamericanos debe construirse a partir de las características locales. Las prioridades de una ciudad industrial son diferentes de las necesidades de un territorio agrícola, rural o costero. Por ello, cada estrategia requiere un diagnóstico que identifique los flujos de materiales, la infraestructura disponible, los actores participantes, los conocimientos existentes y los principales impactos ambientales y sociales. La adaptación territorial permitirá aprovechar prácticas ya desarrolladas, como reparación, reutilización, mercados de segunda mano, aprovechamiento de residuos orgánicos y recuperación comunitaria de materiales.

La medición constituye una condición indispensable para evitar interpretaciones superficiales. Los indicadores deben superar la cuantificación exclusiva de materiales reciclados e incorporar prevención de residuos, durabilidad, reparación, reutilización, consumo material, emisiones, uso de agua, calidad del empleo, inclusión y distribución de beneficios. También es necesario diferenciar entre reciclaje de igual calidad y procesos que degradan progresivamente los materiales. La disponibilidad de datos comparables facilitará la evaluación de políticas, permitirá verificar afirmaciones empresariales y ayudará a determinar si las iniciativas producen mejoras ambientales, económicas y sociales reales.

Finalmente, la economía circular puede constituirse en un modelo efectivo para el desarrollo sostenible cuando se articula con suficiencia, justicia social, innovación responsable y regeneración ambiental. Su implementación no debe emplearse para mantener niveles ilimitados de producción y consumo bajo la idea de que todos los materiales podrán recuperarse. Los límites físicos, ecológicos y sociales exigen reducir el consumo innecesario, prolongar la utilidad de los bienes y distribuir equitativamente los beneficios de la transición. Alcanzar estos propósitos requerirá compromiso institucional, cooperación entre actores, educación, inversión y una visión de largo plazo adaptada a las realidades productivas y territoriales.

Principio del formulario

Final del formulario

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bocken, N. M. P., de Pauw, I., Bakker, C., & van der Grinten, B. (2016). Product design and business model strategies for a circular economy. *Journal of Industrial and Production Engineering*, 33(5), 308–320. <https://doi.org/10.1080/21681015.2016.1172124>

Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77–101. <https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa>

- Chi, Z., Liu, Z., Wang, F., & Osmani, M. (2023). Driving circular economy through digital technologies: Current research status and future directions. *Sustainability*, 15(24), 16608. <https://doi.org/10.3390/su152416608>
- Ellen MacArthur Foundation. (2013). Towards the circular economy: Economic and business rationale for an accelerated transition (Vol. 1). <https://content.ellenmacarthurfoundation.org/m/27265af68f11ef30/original/Towards-the-circular-economy-Vol-1.pdf>
- Ferraz, D., & Pyka, A. (2023). Circular economy, bioeconomy, and sustainable development goals: A systematic literature review. *Environmental Science and Pollution Research*, 30. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-29632-0>
- Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M. P., & Hultink, E. J. (2017). The circular economy: A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*, 143, 757–768. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>
- Ghisellini, P., Cialani, C., & Ulgiati, S. (2016). A review on circular economy: The expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Journal of Cleaner Production*, 114, 11–32. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.007>
- Grant, M. J., & Booth, A. (2009). A typology of reviews: An analysis of 14 review types and associated methodologies. *Health Information & Libraries Journal*, 26(2), 91–108. <https://doi.org/10.1111/j.1471-1842.2009.00848.x>
- Kirchherr, J., Piscicelli, L., Bour, R., Kostense-Smit, E., Muller, J., Huibrechtse-Truijens, A., & Hekkert, M. P. (2018). Barriers to the circular economy: Evidence from the European Union. *Ecological Economics*, 150, 264–272. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.04.028>
- Kirchherr, J., Reike, D., & Hekkert, M. P. (2017). Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation and Recycling*, 127, 221–232. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.005>
- Korhonen, J., Honkasalo, A., & Seppälä, J. (2018). Circular economy: The concept and its limitations. *Ecological Economics*, 143, 37–46. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.06.041>
- Millar, N., McLaughlin, E., & Börger, T. (2019). The circular economy: Swings and roundabouts? *Ecological Economics*, 158, 11–19. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.12.012>
- Morseletto, P. (2020). Targets for a circular economy. *Resources, Conservation and Recycling*, 153, 104553. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104553>
- Murray, A., Skene, K., & Haynes, K. (2017). The circular economy: An interdisciplinary exploration of the concept and application in a global context. *Journal of Business Ethics*, 140(3), 369–380. <https://doi.org/10.1007/s10551-015-2693-2>
- Padilla-Rivera, A., Russo-Garrido, S., & Merveille, N. (2020). Addressing the social aspects of a circular economy: A systematic literature review. *Sustainability*, 12(19), 7912. <https://doi.org/10.3390/su12197912>
- Schroeder, P., Anggraeni, K., & Weber, U. (2019). The relevance of circular economy practices to the Sustainable Development Goals. *Journal of Industrial Ecology*, 23(1), 77–95. <https://doi.org/10.1111/jiec.12732>
- Snyder, H. (2019). Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 104, 333–339. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.07.039>
- Stahel, W. R. (2016). The circular economy. *Nature*, 531(7595), 435–438. <https://doi.org/10.1038/531435a>

Torraco, R. J. (2016). Writing integrative literature reviews: Using the past and present to explore the future. *Human Resource Development Review*, 15(4), 404–428. <https://doi.org/10.1177/1534484316671606>

United Nations. (2015). Transforming our world: The 2030 Agenda for Sustainable Development. <https://sdgs.un.org/2030agenda>

CONSIDERACIONES ÉTICAS

El presente estudio se llevó a cabo de conformidad con los principios éticos que rigen la investigación con participantes humanos. Antes de la recolección de los datos, el protocolo de investigación fue revisado y aprobado por el comité de ética institucional correspondiente. Todos los participantes fueron informados de manera clara sobre los objetivos del estudio, los procedimientos, las posibles implicaciones y el carácter voluntario de su participación, otorgando posteriormente su consentimiento informado. Durante todo el proceso de investigación se garantizó la confidencialidad de la información, el anonimato de los participantes y el uso exclusivo de los datos recopilados con fines científicos y académicos.

DECLARACIÓN SOBRE EL USO DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL (IA)

Los autores declaran que la herramienta de inteligencia artificial generativa ChatGPT fue utilizada exclusivamente para la traducción al idioma inglés y la revisión lingüística del manuscrito. Esta herramienta no contribuyó a la concepción del estudio, el diseño de la investigación, la recolección de datos, el análisis estadístico, la interpretación de los resultados ni a la elaboración de las conclusiones. Los autores asumen la plena responsabilidad por la originalidad, exactitud, integridad y validez científica del contenido presentado en este manuscrito.

FINANCIAMIENTO

La presente investigación no recibió subvenciones, becas ni apoyo financiero específico por parte de organismos públicos, entidades comerciales u organizaciones sin fines de lucro.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses de carácter financiero, personal, profesional o institucional que hayan podido influir en el desarrollo, los resultados o la publicación de esta investigación.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

Nombres de

autores e iniciales:

Filipe Vidal Avelino (FVA)

Funciones desempeñadas por cada autor:

Conceptualización: (FVA)

Curación de datos: (FVA)

Análisis formal: (FVA)

Adquisición de fondos: (FVA)

Investigación: (FVA)

Metodología: (FVA)

Administración del proyecto: (FVA)

Recursos: No aplica

Software: (FVA)

Supervisión: (FVA)

Validación: (FVA)

Visualización: (FVA)

Redacción – Borrador original: (FVA)

Redacción – Revisión y edición: (FVA)