



Revista Venezolana de Gerencia





Digitalización y gestión de datos en la economía circular

Espina-Romero, Lorena *
Noroño Sánchez, José Gregorio **
Vilchez Pirela, Rafael Alberto ***
Ochoa-Díaz, Angélica ****

Resumen

El objetivo de este estudio es evaluar los documentos en Scopus sobre digitalización y gestión de datos en la economía circular entre 2018 y 2024, identificando tendencias e influencias mediante un análisis cuantitativo con enfoque bibliométrico de 400 publicaciones. Los resultados evidencian un crecimiento en la adopción de tecnologías como el Internet de las Cosas, la inteligencia artificial y blockchain, con una concentración geográfica en Asia y Europa, mientras que América Latina y África presentan brechas significativas. Se destaca que la calidad de las publicaciones es tan relevante como su cantidad, con países como Italia y Estados Unidos mostrando alta influencia a pesar de no liderar en volumen de documentos. Las implicaciones del estudio resaltan la necesidad de promover el acceso equitativo a tecnologías y fortalecer la cooperación internacional. En conclusión, la digitalización y la gestión de datos han demostrado ser factores clave en la evolución de la economía circular, optimizando la gestión de recursos e impulsando modelos de negocio sostenibles. Se recomienda futuras investigaciones sobre los efectos socioeconómicos de la digitalización y estudios longitudinales que evalúen su impacto en la transición hacia una economía circular efectiva.

Palabras clave: economía circular; digitalización; gestión de datos; innovación empresarial; análisis bibliométrico.

Recibido: 22.10.24

Aceptado: 03.02.25

* Doctora en Ciencias Gerenciales. Docente Investigador en la Escuela de Posgrado, Universidad San Ignacio de Loyola, Lima, Perú. Correo: lespina@usil.edu.pe ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6637-8300>

** Doctor en Ciencias Gerenciales. Docente en Facultad de Derecho y Ciencias Políticas, Universidad de Cartagena, Cartagena de Indias, Colombia. Correo: jnoronos@unicartagena.edu.co ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9777-2733>

*** Doctor en Ciencias Gerenciales. Profesor Tiempo Completo en Departamento de Ciencias Sociales, Universidad de Córdoba, Montería, Colombia. Correo: rafaelvilchezp@correo.unicordoba.edu.co ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4473-7584>

**** Doctora en Derecho. Docente catedrática, Universidad de Córdoba, Montería, Colombia. Correo: angelicachoad@correo.unicordoba.edu.co ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9450-2110>

Digitization and data management in the circular economy

Abstract

The objective of this study is to evaluate Scopus-indexed documents on digitalization and data management in the circular economy between 2018 and 2024, identifying trends and influences through a quantitative bibliometric analysis of 400 publications. The results show a growing adoption of technologies such as the Internet of Things, artificial intelligence, and blockchain, with a geographical concentration in Asia and Europe, while Latin America and Africa exhibit significant gaps. The study highlights that publication quality is as relevant as quantity, with countries like Italy and the United States demonstrating high influence despite not leading in document volume. The study's implications underscore the need to promote equitable access to technologies and strengthen international cooperation. In conclusion, digitalization and data management have proven to be key factors in the evolution of the circular economy, optimizing resource management and driving sustainable business models. Future research is recommended on the socioeconomic effects of digitalization and longitudinal studies assessing its impact on the transition to an effective circular economy.

Keywords: circular economy; digitalization; data management; business innovation; bibliometric analysis.

1. Introducción

Lo que busca optimizar el uso de los recursos, minimizando residuos y promoviendo la reutilización, el reciclaje y la regeneración de materiales a lo largo de su ciclo de vida (Ellen MacArthur Foundation, 2013). Este enfoque representa una alternativa al modelo lineal tradicional, permitiendo una transición hacia prácticas más sostenibles en distintos sectores productivos. En este contexto, la digitalización y la gestión de datos juegan un papel clave al facilitar la eficiencia en los procesos y mejorar la trazabilidad de los recursos dentro de un esquema circular.

Este estudio analiza el rol de estas tecnologías en la economía circular, revisando contribuciones previas y

áreas emergentes de investigación. La economía circular busca maximizar el valor de los recursos a lo largo de su ciclo de vida, minimizando el desperdicio (Adimuthu et al., 2022; Krstić et al., 2022). La digitalización facilita el uso eficiente de los recursos y el reciclaje al final de la vida útil de los productos (Carlos et al., 2024), impulsando la innovación sostenible en sectores como la manufactura (Colombo et al., 2023), la construcción (Kedir y Hall, 2021) y la industria alimentaria (De Bernardi et al., 2023). Tecnologías como el Internet de las Cosas (IoT) (Fraga-Lamas et al., 2021), blockchain (Chaouni Benabdellah et al., 2023), inteligencia artificial (IA) (Espina-Romero et al., 2023) y análisis de big data han transformado estos sectores (Awan et al., 2021). Por

ejemplo, los sensores IoT monitorean ciclos de vida de productos, blockchain garantiza transparencia en las cadenas de suministro, y la IA junto con el big data optimizan la gestión de residuos y reciclaje. El estudio de la digitalización en la economía circular requiere una integración de conocimientos desde distintas disciplinas. La ingeniería desarrolla tecnologías (Sood et al., 2022), las ciencias ambientales analizan los impactos en sostenibilidad (Kwilinski et al., 2023) y la economía evalúa la viabilidad financiera de los modelos circulares (Lv et al., 2024). Espina-Romero (2023) enfatiza la importancia de que los investigadores colaboren entre disciplinas para encontrar soluciones innovadoras a problemas complejos. Este enfoque interdisciplinario es esencial para avanzar en la economía circular.

A pesar del avance en la investigación, persisten brechas significativas. Los estudios actuales suelen centrarse en aplicaciones específicas sin considerar el panorama tecnológico completo (Llanos-Encalada et al., 2024). Se ha investigado poco sobre la integración de múltiples tecnologías digitales en modelos circulares (Trevisan et al., 2023) y sobre el impacto socioeconómico de la digitalización, como la generación de empleo y la dinámica del mercado (de Pablos, 2022). Byers et al. (2024) destacan la necesidad de reducir la brecha de información en la construcción circular mediante tecnologías digitales. Sánchez-Teba et al. (2021) analizan soluciones digitales en la industria alimentaria, pero aún faltan estudios sobre el impacto de la digitalización en las cadenas de suministro globales.

Dado el panorama actual, se requiere más investigación sobre cómo

la digitalización puede fortalecer la economía circular y abordar sus desafíos emergentes. Este estudio adopta un enfoque bibliométrico para identificar tendencias y áreas de crecimiento en las publicaciones sobre el tema. Las preguntas de investigación planteadas son: RQ1. ¿Cómo ha evolucionado la producción científica sobre digitalización y gestión de datos en la economía circular entre 2018 y 2024, y qué temas abordan estos documentos? RQ2. ¿Cómo influyen la productividad y el impacto de las revistas científicas en la difusión del conocimiento en este campo? RQ3. ¿Qué herramientas tecnológicas facilitan la adopción de prácticas sostenibles y cómo afectan la innovación empresarial y la sostenibilidad según los documentos más citados? RQ4. ¿Cómo impactan la digitalización y la gestión de datos en la productividad e influencia global de la investigación en economía circular, considerando la distribución geográfica de los estudios y la adopción de prácticas circulares en distintas regiones?

Estas preguntas buscan analizar la evolución de la producción académica, el impacto de la digitalización en la sostenibilidad y la influencia global de la investigación en la economía circular. El objetivo central es evaluar los documentos en Scopus sobre digitalización y gestión de datos en la economía circular entre 2018 y 2024, identificando tendencias, influencias y oportunidades para futuras investigaciones.

Este estudio ofrece un marco analítico para evaluar la productividad y la influencia global en el campo de la economía circular y sus tecnologías asociadas. A través del análisis bibliométrico, se establecen medidas que revelan tendencias, crecimiento y relaciones entre áreas de estudio, proporcionando una comprensión más

completa del tema.

2. Fundamentación teórica sobre digitalización y gestión de datos en la economía circular

La digitalización ha demostrado ser un pilar clave para la transición hacia modelos de economía circular, especialmente en la optimización de recursos y la gestión eficiente de materiales. Diversos estudios han explorado esta relación desde distintas perspectivas, revelando tanto oportunidades como desafíos.

Un enfoque predominante en la literatura es el uso de tecnologías digitales para mejorar la trazabilidad de productos y materiales. Por ejemplo, Ingemarsdotter et al. (2020) analizaron el impacto del Internet de las Cosas (IoT) en la sostenibilidad, destacando cómo la conectividad entre dispositivos permite optimizar procesos en la industria de iluminación LED. De manera complementaria, Järvenpää et al. (2021) exploraron la compartición de datos en empresas finlandesas, identificando barreras en la integración de información para una gestión eficiente del reciclaje. Ambos estudios sugieren que, aunque la digitalización permite un mejor monitoreo de flujos de materiales, la falta de estandarización y la resistencia organizacional siguen siendo obstáculos clave.

Además, la aplicación de la digitalización varía significativamente entre sectores. Mientras que Bouillass et al. (2022) encontraron que la digitalización impulsa avances en agricultura y energía, Pal y Jayarathne (2022) señalaron que en la industria textil existen dificultades asociadas

al acceso tecnológico y estrategias ineficientes. Estos hallazgos sugieren que la transformación digital en la economía circular no es uniforme, y su éxito depende de factores contextuales como la infraestructura digital y la capacidad de inversión de las empresas.

A pesar de estos avances, la literatura aún presenta vacíos significativos. Por un lado, no se han explorado suficientemente los impactos económicos de la digitalización en modelos de negocio circulares, lo que dificulta evaluar su viabilidad a largo plazo. Por otro lado, persisten desafíos regulatorios, como lo mencionan Khan y Ali (2022) en el caso de Pakistán, donde la falta de normativas adecuadas limita la integración de tecnologías digitales en la gestión de residuos.

En este sentido, es crucial que la investigación futura no solo documente la aplicación de la digitalización y gestión de datos en la economía circular (Espina-Romero et al., 2023), sino que también se realicen estudios bibliométricos que permitan mapear el conocimiento existente, identificar tendencias, evaluar la interdisciplinariedad y detectar vacíos en la investigación. Al analizar la producción científica a lo largo del tiempo, será posible determinar qué aspectos de la digitalización en la economía circular han sido ampliamente abordados y cuáles requieren mayor atención.

3. Aspectos metodológicos de la revisión bibliométrica

El estudio emplea un enfoque bibliométrico cuantitativo y cualitativo (Zupic y Čater 2015) para analizar el impacto de la digitalización y la gestión de datos en la economía circular. Se

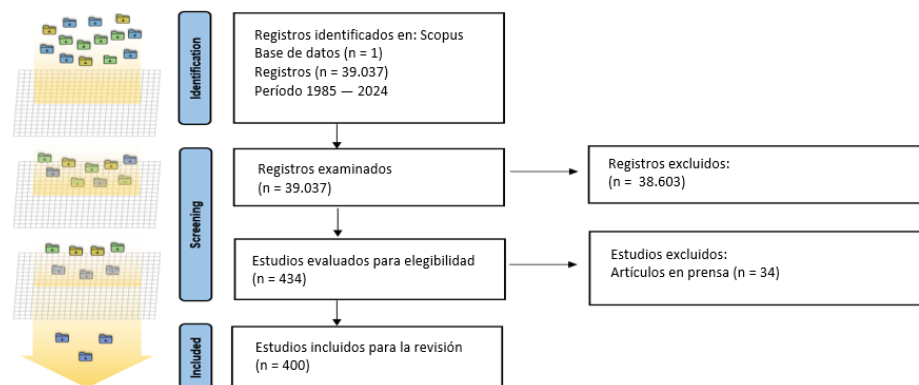
recopilaron datos de diversas fuentes y se utilizaron herramientas bibliométricas para observar la evolución de los temas en publicaciones académicas y su relevancia en la comunidad científica.

Los objetivos incluyen analizar la evolución de las publicaciones sobre digitalización y gestión de datos en la economía circular entre 2018 y 2024, evaluar la productividad e influencia de las revistas científicas en este campo, examinar el papel de las herramientas tecnológicas en la innovación empresarial sostenible según los documentos más citados y determinar cómo la digitalización y la gestión de datos impulsan la productividad y la

influencia global de la investigación en economía circular.

La selección de documentos siguió un proceso detallado ilustrado en el Diagrama 1. Se usó la base de datos Scopus debido a su relevancia en estudios bibliométricos (Baas et al., 2020; Prancutè, 2021). Se aplicó una ecuación de búsqueda combinando términos clave con operadores booleanos relacionados con digitalización, gestión de datos y economía circular, obteniendo inicialmente 39.037 registros desde 1985 hasta 2024. Se excluyeron 38.603 registros previos a 2018 y 34 artículos en estado de "Article in Press", dejando una muestra final de 400 estudios.

Diagrama 1
Flujograma de la selección de documentos



Para el análisis, se utilizaron herramientas como RStudio 4.3.2 (Aria y Cuccurullo 2017; Derviş 2020) y Microsoft Excel 365 (Meyer y Avery 2009) para importar, limpiar y visualizar datos. Para RQ1, se empleó un mapa temático en RStudio con algoritmos de agrupación. En RQ2, se analizaron

fuentes relevantes y el índice h. Para RQ3, se identificaron los documentos más citados globalmente, y en RQ4 se analizaron los países con mayor producción científica y citas.

El análisis de tendencias temáticas (Objetivo O1) utilizó una estructura conceptual en red mediante RStudio,

aplicando algoritmos de clustering para identificar palabras clave recurrentes y redes de co-ocurrencia. Los resultados se representaron gráficamente en Excel, mostrando la evolución anual de los principales temas.

Para evaluar la productividad e influencia (Objetivos O2 y O4), se elaboraron gráficos de dispersión en Excel, comparando publicaciones totales (TP) y citas totales (TC) para identificar patrones globales. El impacto de las herramientas tecnológicas (Objetivo O3) se midió correlacionando su uso con prácticas de economía circular en RStudio, organizando los resultados en tablas.

4. Conocimiento sobre digitalización y gestión de datos en la economía circular (2018-2024)

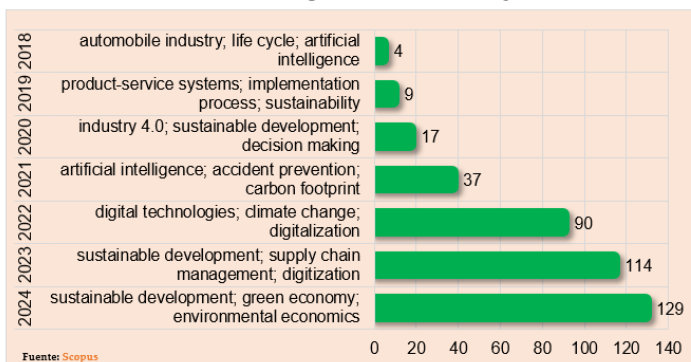
A continuación, se presenta los resultados con sus respectivos análisis. Éstos muestran la evolución en cuanto a producción de documentos y sus

temáticas por año, la productividad e influencia de las revistas relevantes, el rol de las herramientas tecnológicas en la promoción de la economía circular, y la productividad e influencia de los países más relevantes a nivel mundial.

4.1. Evolución de la producción científica

El análisis de la evolución temporal y temática de la producción científica entre 2018 y 2024, representado en el Gráfico 1, muestra un crecimiento significativo en el número de documentos. De 2018 a 2024, la producción pasó de 4 a 129 artículos, reflejando un creciente interés en la digitalización y su papel en la economía circular. Inicialmente, en 2018, los estudios se centraban en la industria automotriz y la inteligencia artificial (Makarova et al. 2018; Opazo-Basáez et al. 2018), mientras que en los últimos años han abordado temas como desarrollo sostenible, gestión de la cadena de suministro y economía verde (Bag et al. 2021; Khan et al. 2022; Vann Yaroson et al. 2024).

Gráfico 1
Evolución a lo largo del tiempo y del tema



Entre 2020 y 2024, se observa una consolidación de la digitalización y la gestión de datos como herramientas clave para enfrentar desafíos ambientales, con un énfasis en la economía verde en 2024 (Lyu et al., 2023). En 2022 — 2023, los estudios resaltan la digitalización, las tecnologías digitales (Ada et al., 2023) y la gestión de la cadena de suministro (Fernando et al., 2023), subrayando la necesidad de integrar soluciones tecnológicas en los procesos productivos para mejorar la eficiencia y reducir el impacto ambiental. Entre 2019 y 2021, los artículos trataron sobre sistemas producto-servicio, prevención de accidentes y huella de carbono, destacando la sostenibilidad desde la innovación en modelos de negocio, seguridad y medición del impacto ambiental (Fraga-Lamas et al., 2021).

El análisis de los documentos en relación con la digitalización y la economía circular responde a la RQ1 y evidencia una evolución positiva hacia

la integración de tecnologías digitales para fomentar prácticas sostenibles. No obstante, su impacto máximo requiere apoyo continuo mediante políticas, educación y colaboración multisectorial. Estos resultados coinciden con las conclusiones de Ingemarsdotter et al. (2020), Järvenpää et al. (2021) y Bouillass et al. (2022), quienes enfatizan la importancia de la digitalización en la economía circular y el respaldo continuo a través de políticas y educación.

4.2. Productividad e influencia en las revistas

El análisis de la productividad e influencia de las revistas científicas en economía circular, con enfoque en digitalización y gestión de datos, responde al O2 y la RQ2. La Tabla 1 muestra una disparidad entre productividad (número de documentos publicados) e influencia (citas recibidas).

Tabla 1
Productividad e influencia de las 10 principales revistas

Revista científica	Ref	CS	Q	SJR 2023	TD	TC	TC/TD	Productividad e influencia
Sustainability (Switzerland)	(Shafique et al., 2023; Tang et al., 2023)	5.8	Q1	0.67	64	1707	26.7	Alta Productividad / Alta Influencia
Journal of Cleaner Production	(Torres de Oliveira et al., 2023; Toth-Peter et al., 2023)	18.5	Q1	2.06	32	1732	54.1	Alta Productividad / Alta Influencia
Technological Forecasting and Social Change	(Alkaraan et al., 2022; Dwivedi et al., 2023)	17.2	Q1	3.12	16	782	48.9	Baja productividad / Baja influencia
Business Strategy and the Environment	(Awan et al., 2021; Quayson et al., 2023)	17.8	Q1	3.67	17	538	31.7	Baja productividad / Baja influencia

Cont... Tabla 1

Sustainable Production and Consumption	(Beier et al., 2022; Byers et al., 2024)	12.5	Q1	2.36	9	432	48.0	Baja productividad / Baja influencia
Operations Management Research	(Agrawal et al., 2022; Jauhar et al., 2023)	5.0	Q1	1.38	8	134	16.8	Baja productividad / Baja influencia
Applied Sciences (Switzerland)	(Sendros et al., 2022)	4.5	Q2	0.51	4	63	15.8	Baja productividad / Baja influencia
Environmental Science and Pollution Research	(Khan y Ali 2022; Liu et al. 2023; Yin 2023)	7.9	Q1	1.01	10	84	8.4	Baja productividad / Baja influencia
Journal of Business Research	(Donthu et al., 2021; Kristoffersen et al., 2020)	16.0	Q1	3.13	5	674	134.8	Baja productividad / Baja influencia
Journal of Enterprise Information Management	(Kayikci et al., 2022; Patyal et al., 2022)	10.8	Q1	1.65	4	112	28.0	Baja productividad / Baja influencia

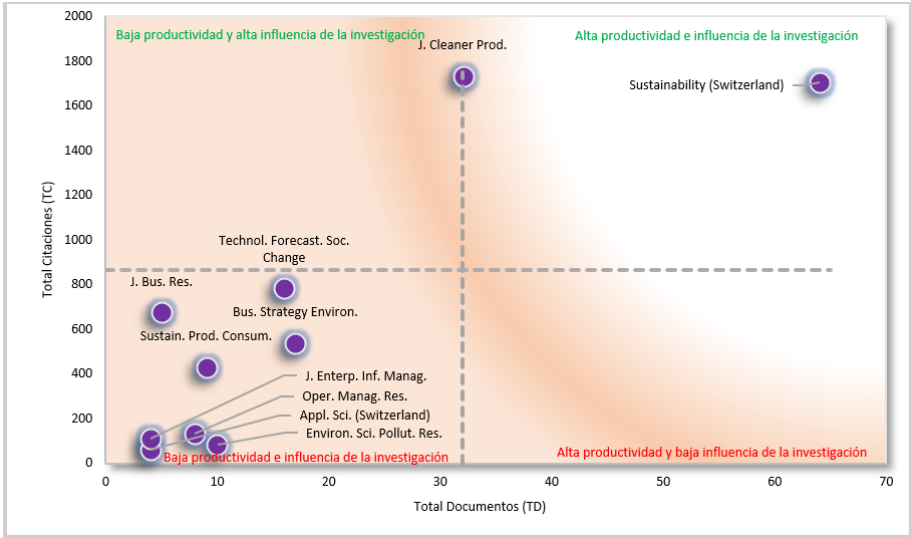
Ref: Referencias. CS: CiteScore. Q: cuartil. SJR: Rango de la revista SCImago. TD: Total de documentos. TC: Total de citas. Fuente: Scopus.

I CiteScore (CS) mide el impacto promediando las citas por documento, mientras que la relación TC/TD evalúa la influencia relativa de los artículos publicados. Un alto TC/TD indica una mayor cantidad de citas por documento, reflejando una mayor influencia. Se destacan revistas con alta productividad e influencia, como *Sustainability (Switzerland)* y *Journal of Cleaner Production*, con CS de 5.8 y 18.5, y TC/TD de 26.7 y 54.1, respectivamente. Estas revistas publican muchos documentos y reciben numerosas citas por artículo, consolidando su relevancia en el campo. En contraste, revistas como *Technological Forecasting and Social Change* y *Business Strategy and the Environment* presentan alta calidad en sus publicaciones, con CS de 17.2 y 17.8, pero menor TC/TD (48.9 y 31.7), lo que indica que, aunque publican menos, sus artículos son altamente citados.

Un caso particular es *Journal of Business Research*, con solo cinco artículos publicados pero un CS de 16.0 y un TC/TD extremadamente alto de 134.8, lo que sugiere que sus publicaciones son excepcionalmente influyentes. La relación entre CS y TC/TD confirma que los documentos de alta calidad tienden a generar más impacto, aunque algunas revistas con menor productividad pueden alcanzar gran influencia por la relevancia de sus estudios.

El Gráfico 2 ilustra visualmente la relación entre productividad e influencia de las diez principales fuentes analizadas, permitiendo identificar patrones y comparaciones. Aunque algunas revistas aparecen en cuadrantes de baja productividad e influencia en este estudio, pueden ser más relevantes en otros contextos.

Gráfico 2
Productividad e influencia de las 10 principales revistas



Fuente: Scopus

Para responder a la RQ2, los resultados confirman la influencia de revistas como Sustainability (Switzerland) y J. Cleaner Prod. en economía circular, en línea con la re-visión de literatura. Estudios de Bouillass et al. (2022), Hallioui et al. (2022), Ingemarsdotter et al. (2020), Järvenpää et al. (2021) y Pedrazzoli et al. (2022) evidencian el papel clave de la tecnología digital y la colaboración para una economía sostenible, reflejando el impacto de estas revistas en el avance del campo.

Estos hallazgos sugieren que la concentración de citas en revistas influyentes re-salta la importancia de publicar en plataformas reconocidas para incrementar la visibilidad y el impacto. El caso de J. Bus. Res. demuestra que la calidad de la investigación es tan relevante como la cantidad. Estos datos pueden servir de

referencia para seleccionar revistas al publicar, priorizando no solo la difusión sino también el impacto en la economía circular.

4.3. Fomento de la economía circular a través de herramientas tecnológicas

El objetivo de esta sección es analizar cómo las herramientas tecnológicas promueven la economía circular, influyen en la creación de nuevos modelos de negocio y contribuyen a la sostenibilidad (objetivo 3), basándose en los documentos más citados en este campo. La Tabla 2 presenta estudios sobre Industria 4.0, economía circular, innovación en modelos de negocio, inteligencia artificial y blockchain en el contexto de la sostenibilidad y la gestión eficiente de recursos.

Tabla 2
Documentos más citados

Autor	Índice H del autor principal	Título del documento	Total de citas
Nascimento et al. (2019)	16	"Exploring Industry 4.0 technologies to enable circular economy practices in a manufacturing context: A business model proposal"	499
Parida et al. (2019)	56	"Reviewing Literature on Digitalization, Business Model Innovation, and Sustainable Industry: Past Achievements and Future Promises"	363
Di Vaio et al. (2020)	27	"Artificial intelligence and business models in the sustainable development goals perspective: A systematic literature review"	329
Kristoffersen et al. (2020) such as the Internet of Things (IoT)	7	"The smart circular economy: A digital-enabled circular strategies framework for manufacturing companies"	299
Nandi et al. (2021)	8	"Redesigning Supply Chains using Blockchain-Enabled Circular Economy and COVID-19 Experiences"	271
Kouhizadeh et al. (2020)	12	"Blockchain and the circular economy: potential tensions and critical reflections from practice"	253
Kumar et al. (2020)	15	"Application of industry 4.0 technologies in SMEs for ethical and sustainable operations: Analysis of challenges"	233
Zheng et al. (2019)	41	"A survey of smart product-service systems: Key aspects, challenges and future perspectives"	226
Awan et al. (2021)	35	"Industry 4.0 and the circular economy: A literature review and recommendations for future research"	207
Bag et al. (2021)	36	"Key resources for industry 4.0 adoption and its effect on sustainable production and circular economy: An empirical study"	202

Fuente: Scopus

El vínculo entre la Industria 4.0 y la economía circular es un tema recurrente, destacando cómo la digitalización facilita la transición hacia modelos de negocio sostenibles. Nascimento et al. (2019) y Awan et al. (2021) subrayan la integración de tecnologías avanzadas como clave para potenciar la circularidad en la manufactura. Parida et al. (2019) enfatizan la digitalización como impulsora de la innovación en modelos de negocio sostenibles. Di Vaio et al. (2020) analizan

cómo la inteligencia artificial no solo mejora la eficiencia operativa, sino que también apoya la implementación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Nandi et al. (2021) y Kouhizadeh et al. (2020) exploran el papel del blockchain en la transformación de las cadenas de suministro hacia la circularidad, aunque resaltan los desafíos de su implementación. El impacto de estos estudios se refleja en su número de citas, con Nascimento

et al. (2019) alcanzando 499 citas, lo que demuestra un gran interés en las tecnologías de la industria 4.0 para la economía circular en manufactura. Sin embargo, la integración ética y sostenible de estas tecnologías sigue siendo un reto, especialmente para las PYMES, como indica Kumar et al. (2020). La adaptación de modelos de negocio y la disponibilidad de recursos son cruciales para avanzar en la economía circular, como destaca Bag et al. (2021).

En relación con la RQ3, los diez documentos analizados coinciden en la importancia de la digitalización y la gestión de datos para promover la economía circular. Se observa una convergencia entre innovación tecnológica y sostenibilidad, aunque aún faltan modelos de negocio innovadores que integren actividades circulares con nuevas tecnologías.

Este análisis sugiere la necesidad de colaboración entre la academia, la industria y los responsables de políticas públicas para superar desafíos y maximizar el potencial tecnológico. Las conclusiones coinciden con estudios previos que resaltan la importancia del Internet de las Cosas (IoT) en la economía sostenible y la brecha entre lo teóricamente viable y lo implementado (Ingemarsdotter et al., 2020). Järvenpää et al. (2021) respaldan la cooperación entre empresas para intercambiar

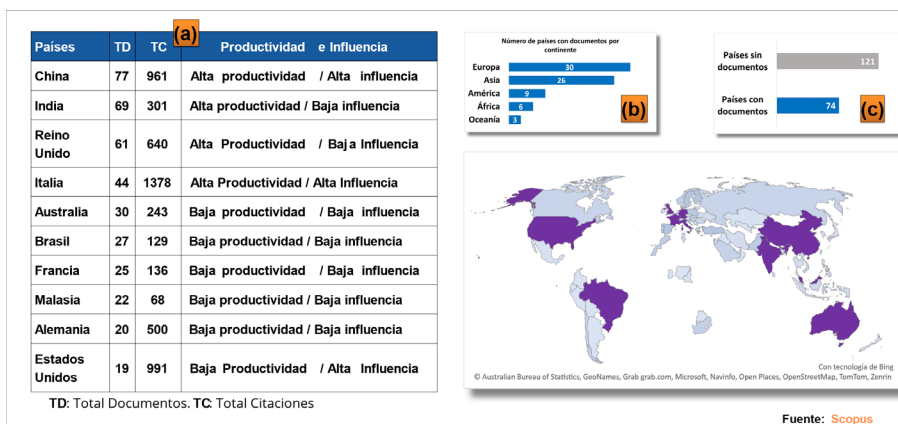
información sobre reciclaje y uso de materiales mediante simbiosis industrial. Bouillass et al. (2022) y Pal y Jayarathne (2022) destacan obstáculos que deben superarse para que la digitalización impulse la economía circular en diversos sectores.

4.4. Análisis de la productividad y la influencia global en la investigación en economía circular

Esta sección analiza el papel de la digitalización y la gestión de datos en la productividad e influencia de la investigación sobre economía circular a nivel global, en relación con el objetivo 4. En el primer grupo de datos, se examina la productividad e influencia de los diez países más relevantes. Se observa alta productividad con alta influencia, representada por China e Italia, donde China lidera en cantidad de documentos, pero Italia destaca en impacto por documento (Javeed y Akram, 2024; Pirrone et al., 2024). India y el Reino Unido tienen alta productividad pero baja influencia, lo que sugiere oportunidades para mejorar la calidad de su investigación (Lv et al., 2024; Moparthi et al., 2024). Véase el primer grupo de datos en la Ilustración 1a, que forma parte de la Ilustración 1.

Ilustración 1

Análisis global en economía circular. a) Productividad e influencia por país; b) Participación continental; c) Participación mundial



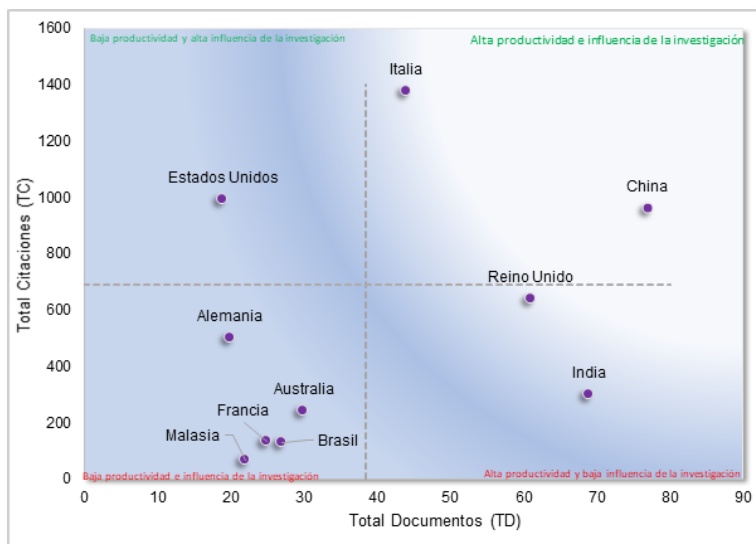
Fuente: Scopus

Por otro lado, la productividad e influencia de estos países se plasman

dentro de cuatro categorías en el Gráfico 3.

Gráfico 3

Productividad e influencia de los 10 principales países



Australia, Brasil, Francia, Malasia y Alemania muestran baja productividad e influencia, lo que indica margen para incrementar su contribución en economía circular (Carlos et al., 2024; Dwivedi et al., 2023). En contraste, Estados Unidos presenta baja productividad pero alta influencia, con investigaciones de alta calidad (Svensson-Hoglund et al., 2023). La relación entre citas totales (TC) y documentos totales (TD) determina los niveles de influencia en el Gráfico 3, destacando a Italia y EE. UU. como países con alto impacto, mientras que India y Reino Unido tienen un TC/TD bajo.

El segundo grupo de datos analiza la participación continental en investigación, según la Ilustración 1b. Asia y Europa lideran con 46,67% y 65,22% de participación, impulsadas por políticas gubernamentales e infraestructura de investigación. América y África tienen menor presencia, lo que sugiere oportunidades para fortalecer la investigación y colaboración, mientras que Oceanía, con solo 20% de participación, podría beneficiarse de mayores políticas de fomento.

El tercer grupo de datos examina la participación global en economía circular a partir de la Ilustración 1c, evidenciando una brecha significativa: solo el 37,95% de los países llevan a cabo investigaciones, mientras que el 62,05% no tiene publicaciones (Nationsonline, 2014). Esta desigualdad sugiere la necesidad de fortalecer la digitalización, la gestión de datos y la colaboración internacional para impulsar la adopción de la economía circular.

La distribución geográfica de la investigación influye en las políticas de sostenibilidad (Asgari y Asgari 2023), la adopción de tecnologías innovadoras y el avance de la sostenibilidad empresarial

(Putinceva et al., 2020). Europa y Asia, con alta actividad investigadora, han desarrollado políticas sólidas, mientras que la transferencia tecnológica en estas regiones favorece la innovación y la competitividad empresarial (Alonso-Muñoz et al., 2023).

5. Conclusiones

El presente estudio demuestra que la digitalización y la gestión de datos desempeñan un papel fundamental en la economía circular, facilitando la optimización de recursos, la transparencia en las cadenas de suministro y la eficiencia en la gestión de residuos. A través de un análisis bibliométrico, se identificaron tendencias clave en la evolución de la producción científica sobre este tema entre 2018 y 2024, evidenciando un crecimiento significativo en la investigación y una creciente adopción de tecnologías como IoT, inteligencia artificial y blockchain.

Los hallazgos revelan una marcada concentración geográfica de la investigación en economía circular, con Asia y Europa liderando en términos de productividad y colaboración científica. Sin embargo, se observan brechas importantes en regiones como América Latina y África, donde la investigación es aún limitada. Esto sugiere la necesidad de fomentar políticas de digitalización y fortalecer la cooperación internacional para una adopción más equitativa de la economía circular.

En términos de impacto, se confirma que la calidad de las publicaciones es tan relevante como la cantidad de documentos producidos. Países como Italia y Estados Unidos destacan por su alta influencia, a pesar de no ser los más productivos en términos de volumen de publicaciones.

Por otro lado, India y el Reino Unido presentan alta productividad, pero baja influencia, lo que indica oportunidades para mejorar la relevancia de sus estudios en la comunidad científica.

Las implicaciones del estudio resaltan la necesidad de continuar explorando la intersección entre digitalización y economía circular, con especial énfasis en la integración de tecnologías disruptivas en modelos de negocio sostenibles. Para futuras investigaciones, se recomienda analizar el impacto socioeconómico de la digitalización en la generación de empleo y la transformación del mercado, así como desarrollar estudios longitudinales que permitan evaluar la evolución y efectividad de las estrategias digitales en distintos sectores productivos.

Finalmente, aunque la digitalización ofrece herramientas clave para avanzar en la economía circular, su implementación debe considerar los desafíos asociados, como la desigualdad en el acceso a tecnologías, la gobernanza de datos y los impactos ambientales derivados del uso de infraestructuras digitales. Un enfoque holístico e interdisciplinario será esencial para maximizar los beneficios de la digitalización en la transición hacia un modelo económico más sostenible.

Referencias

- Ada, E., Sezer, M. D., Kazancoglu, Y., & Khaleel, R. (2023). Towards the Smart Sustainable and Circular Food Supply Chains through Digital Technologies. *International Journal of Mathematical, Engineering and Management Sciences*, 8(3), 374–402. <https://doi.org/10.33889/IJMEMS.2023.8.3.022>
- Adimuthu, R., Muduli, K., Ray, M., Singh, S., & Ahmad, T. S. T. (2022). Exploring Role of Industry 4.0 Techniques for Building a Promising Circular Economy Concept: Manufacturing Industry Perspective. In *Machine Learning Adoption in Blockchain-Based Intelligent Manufacturing: Theoretical Basics, Applications, and Challenges* (pp. 111–124). <https://doi.org/10.1201/9781003252009-7>
- Agrawal, R., Wankhede, V. A., Kumar, A., Luthra, S., Majumdar, A., & Kazancoglu, Y. (2022). An Exploratory State-of-the-Art Review of Artificial Intelligence Applications in Circular Economy using Structural Topic Modeling. *Operations Management Research*, 15(3–4), 609–626. <https://doi.org/10.1007/s12063-021-00212-0>
- Alkaraan, F., Albitar, K., Hussainey, K., & Venkatesh, V. G. (2022). Corporate transformation toward Industry 4.0 and financial performance: The influence of environmental, social, and governance (ESG). *Technological Forecasting and Social Change*, 175. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.121423>
- Alonso-Muñoz, S., González-Sánchez, R., Medina-Salgado, M.-S., & García-Muiña, F.-E. (2023). Technology development as a tool towards circularity: a research agenda. *Economic Research-Ekonomska Istrazivanja*, 36(2). <https://doi.org/10.1080/1331677X.2022.2142636>
- Aria, M., & Cuccurullo, C. (2017). bibliometrix : An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, 11(4), 959–975. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007>
- Asgari, A., & Asgari, R. (2023). Designing circular innovation ecosystems: insights from stakeholders, values,

- and investment policies. *Frontiers in Sustainability*, 4. <https://doi.org/10.3389/frsus.2023.1197688>
- Awan, U., Shamim, S., Khan, Z., Zia, N. U., Shariq, S. M., & Khan, M. N. (2021). Big data analytics capability and decision-making: The role of data-driven insight on circular economy performance. *Technological Forecasting and Social Change*, 168. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.120766>
- Awan, U., Sroufe, R., & Shahbaz, M. (2021). Industry 4.0 and the circular economy: A literature review and recommendations for future research. *Business Strategy and the Environment*, 30(4), 2038–2060. <https://doi.org/10.1002/bse.2731>
- Baas, J., Schotten, M., Plume, A., Côté, G., & Karimi, R. (2020). Scopus as a curated, high-quality bibliometric data source for academic research in quantitative science studies. *Quantitative Science Studies*, 1(1), 377–386. https://doi.org/10.1162/qss_a_00019
- Bag, S., Yadav, G., Dhamija, P., & Kataria, K. K. (2021). Key resources for industry 4.0 adoption and its effect on sustainable production and circular economy: An empirical study. *Journal of Cleaner Production*, 281. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125233>
- Beier, G., Matthess, M., Guan, T., Grudzien, D. I. D. O. P., Xue, B., Lima, E. P. D., & Chen, L. (2022). Impact of Industry 4.0 on corporate environmental sustainability: Comparing practitioners' perceptions from China, Brazil and Germany. *Sustainable Production and Consumption*, 31, 287–300. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2022.02.017>
- Bouillass, G., Saidani, M., Lameh, J., & Yannou, B. (2022). Digital Technologies to Advance Circular Economy at Territorial Level: Challenges and Solutions. 2022 *IEEE 28th International Conference on Engineering, Technology and Innovation, ICE/ITMC 2022 and 31st International Association for Management of Technology, IAMOT 2022 Joint Conference - Proceedings*. <https://doi.org/10.1109/ICE/ITMC-IAMOT55089.2022.10033241>
- Byers, B. S., Raghu, D., Olumo, A., De Wolf, C., & Haas, C. (2024). From research to practice: A review on technologies for addressing the information gap for building material reuse in circular construction. *Sustainable Production and Consumption*, 45, 177–191. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2023.12.017>
- Carlos, R. L., de Souza, E. B., & Mattos, C. A. (2024). Enhancing circular economy practices through the adoption of digital technologies. *Business Strategy and Development*, 7(1). <https://doi.org/10.1002/bsd.2.330>
- Chaouni Benabdellah, A., Zekhnini, K., Cherrafi, A., Garza-Reyes, J. A., Kumar, A., & El Baz, J. (2023). Blockchain technology for viable circular digital supplychains: an integrated approach for evaluating the implementation barriers. *Benchmarking*, 30(10), 4397–4424. <https://doi.org/10.1108/BIJ-04-2022-0240>
- Colombo, B., Boffelli, A., Colombo, J., Madonna, A., & Villa, S. (2023). How Can Digitalisation Support the Circular Economy? An Empirical Analysis from the Manufacturing Industry. In *IFIP Advances in Information and Communication Technology: Vol. 692 AICT* (pp. 72–84). https://doi.org/10.1007/978-3-031-43688-8_6

- De Bernardi, P., Bertello, A., & Forlano, C. (2023). Circularity of food systems: a review and research agenda. *British Food Journal*, 125(3), 1094–1129. <https://doi.org/10.1108/BFJ-05-2021-0576>
- de Pablos, P. O. (2022). Handbook of research on developing circular, digital, and green economies in Asia. In *Handbook of Research on Developing Circular, Digital, and Green Economies in Asia*. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85132952453&partnerID=40&md5=5abf106ee6d0d527908436d22365cd88>
- Derviş, H. (2020). Bibliometric Analysis using Bibliometrix an R Package. *Journal of Scientometric Research*, 8(3), 156–160. <https://doi.org/10.5530/jscires.8.3.32>
- Di Vaio, A., Palladino, R., Hassan, R., & Escobar, O. (2020). Artificial intelligence and business models in the sustainable development goals perspective: A systematic literature review. *Journal of Business Research*, 121, 283–314. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.08.019>
- Donthu, N., Kumar, S., Mukherjee, D., Pandey, N., & Lim, W. M. (2021). How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 133, 285–296. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.04.070>
- Dwivedi, Y. K., Sharma, A., Rana, N. P., Giannakis, M., Goel, P., & Dutot, V. (2023). Evolution of artificial intelligence research in Technological Forecasting and Social Change: Research topics, trends, and future directions. *Technological Forecasting and Social Change*, 192. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.122579>
- Ellen MacArthur Foundation. (2013). *Towards the circular economy: Economic and business rationale for an accelerated transition*. Ellen MacArthur Foundation. <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/towards-the-circular-economy-vol-1-an-economic-and-business-rationale-for-an>
- Espina-Romero, L. (2023). Collaboration and interdisciplinarity in scientific research: fostering synergy to address current challenges. *IPSA Sci Rev Científica Multidiscip*, 8(2), 8–9. <https://doi.org/10.25214/27114406.1627>
- Espina-Romero, L., Noroño Sánchez, J. G., Gutierrez Hurtado, H., Dworaczek Conde, H., Solier Castro, Y., Cervera Cajo, L., & Rio Corredoira, J. (2023). Which Industrial Sectors Are Affected by Artificial Intelligence? A Bibliometric Analysis of Trends and Perspectives. *Sustain.*, 15(16), 12176. <https://doi.org/10.3390/su151612176>
- Fernando, Y., Tseng, M.-L., Nur, G. M., Ikhsan, R. B., & Lim, M. K. (2023). Practising circular economy performance in Malaysia: managing supply chain disruption and technological innovation capability under industry 4.0. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 26(12), 1704–1727. <https://doi.org/10.1080/13675567.2022.2107188>
- Fraga-Lamas, P., Lopes, S. I., & Fernández-Caramés, T. M. (2021). Green IoT and edge AI as key technological enablers for a sustainable digital transition towards a smart circular economy: An industry 5.0 use case. *Sensors*, 21(17). <https://doi.org/10.3390/s21175745>
- Halloui, A., Herrou, B., Santos, R. S., Katina, P. F., & Egbue, O. (2022). Systems-based approach to contemporary business management:

- An enabler of business sustainability in a context of industry 4.0, circular economy, competitiveness and diverse stakeholders. *Journal of Cleaner Production*, 373. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133819>
- Ingemarsdotter, E., Jamsin, E., & Balkenende, R. (2020). Opportunities and challenges in IoT-enabled circular business model implementation – A case study. *Resources, Conservation and Recycling*, 162. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105047>
- Järvenpää, A.-M., Salminen, V., & Kantola, J. (2021). Industrial Symbiosis, Circular Economy and Industry 4.0 - A Case Study in Finland. *Management and Production Engineering Review*, 12(4), 111–121. <https://doi.org/10.24425/mper.2021.139999>
- Jauhar, S., Pratap, S., Lakshay, Paul, S., & Gunasekaran, A. (2023). Internet of things based innovative solutions and emerging research clusters in circular economy. *Operations Management Research*, 16(4), 1968–1988. <https://doi.org/10.1007/s12063-023-00421-9>
- Javeed, S. A., & Akram, U. (2024). The factors behind block-chain technology that boost the circular economy: An organizational perspective. *Technological Forecasting and Social Change*, 200. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.123194>
- Kayikci, Y., Kazancoglu, Y., Gozacan-Chase, N., Lafci, C., & Batista, L. (2022). Assessing smart circular supply chain readiness and maturity level of small and medium-sized enterprises. *Journal of Business Research*, 149, 375–392. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2022.05.042>
- Kedir, F., & Hall, D. M. (2021). Resource efficiency in industrialized housing construction – A systematic review of current performance and future opportunities. *Journal of Cleaner Production*, 286. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125443>
- Khan, F., & Ali, Y. (2022). A facilitating framework for a developing country to adopt smart waste management in the context of circular economy. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(18), 26336–26351. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-17573-5>
- Khan, S. A. R., Piprani, A. Z., & Yu, Z. (2022). Digital technology and circular economy practices: future of supply chains. *Operations Management Research*, 15(3–4), 676–688. <https://doi.org/10.1007/s12063-021-00247-3>
- Kouhizadeh, M., Zhu, Q., & Sarkis, J. (2020). Blockchain and the circular economy: potential tensions and critical reflections from practice. *Production Planning and Control*, 31(11–12), 950–966. <https://doi.org/10.1080/09537287.2019.1695925>
- Kristoffersen, E., Blomsma, F., Mikalef, P., & Li, J. (2020). The smart circular economy: A digital-enabled circular strategies framework for manufacturing companies. *Journal of Business Research*, 120, 241–261. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.07.044>
- Krstić, M., Agnusdei, G. P., Miglietta, P. P., & Tadić, S. (2022). Evaluation of the smart reverse logistics development scenarios using a novel MCDM model. *Cleaner Environmental Systems*, 7. <https://doi.org/10.1016/j.cesys.2022.100099>
- Kumar, R., Singh, R. K., & Dwivedi, Y. K. (2020). Application of industry 4.0 technologies in SMEs for ethical and sustainable operations: Analysis of challenges. *Journal of*

- Cleaner Production*, 275. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124063>
- Kwilinski, A., Lyulyov, O., & Pimonenko, T. (2023). Environmental Sustainability within Attaining Sustainable Development Goals: The Role of Digitalization and the Transport Sector. *Sustainability (Switzerland)*, 15(14). <https://doi.org/10.3390/su151411282>
- Liu, L., Gong, X., Liu, S., Yang, Y., Duan, H., Jin, R., Li, M., Zhang, Y., & Jiang, P. (2023). The impact of Water Ecological Civilization City Pilot on urban green innovation: the case of China. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(27), 70803–70816. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-27264-y>
- Llanos-Encalada, M., Correa-Vaca, A. M., & Calderón-Cisneros, J. (2024). Economía circular y sus prácticas en la región andina. *Revista Venezolana de Gerencia*, 29(107 SE-EN LA MIRA: Sostenibilidad y urbanismo), 1072–1092. <https://doi.org/10.52080/rvgluz.29.107.5>
- Lv, Z., Chen, L., Ali, S. A., Muda, I., Alromaihi, A., & Boltayev, J. Y. (2024). Financial technologies, green technologies and natural resource nexus with sustainable development goals: Evidence from resource abundant economies using MMQR estimation. *Resources Policy*, 89. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2024.104649>
- Lyu, Y., Wang, W., Wu, Y., & Zhang, J. (2023). How does digital economy affect green total factor productivity? Evidence from China. *Science of the Total Environment*, 857. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.159428>
- Makarova, I., Shubenkova, K., & Pashkevich, A. (2018). The Concept of the Decision Support System to Plan the Reverse Logistics in Automotive Industry. 2018 26th International Conference on Software, Telecommunications and Computer Networks (SoftCOM), 1–6. <https://doi.org/10.23919/SOFTCOM.2018.8555760>
- Meyer, D. Z., & Avery, L. M. (2009). Excel as a Qualitative Data Analysis Tool. *Field Methods*, 21(1), 91–112. <https://doi.org/10.1177/1525822X08323985>
- Moparathi, S. S., Gokul Krishna, L., Karyappa, R., & Upadhyay, R. (2024). 3D printed meat and the fundamental aspects affecting printability. *Journal of Texture Studies*, 55(1). <https://doi.org/10.1111/jtxs.12805>
- Nandi, S., Sarkis, J., Hervani, A. A., & Helms, M. M. (2021). Redesigning Supply Chains using Blockchain-Enabled Circular Economy and COVID-19 Experiences. *Sustainable Production and Consumption*, 27, 10–22. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.10.019>
- Nascimento, D. L. M., Alencastro, V., Quelhas, O. L. G., Caiado, R. G. G., Garza-Reyes, J. A., Lona, L. R., & Tortorella, G. (2019). Exploring Industry 4.0 technologies to enable circular economy practices in a manufacturing context: A business model proposal. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 30(3), 607–627. <https://doi.org/10.1108/JMTM-03-2018-0071>
- Nationsonline. (2014). *Nations Online*. Nations Online Project. <https://nationsonline.org/oneworld/sitemap.htm>
- Opazo-Basáez, M., Vendrell-Herrero, F., & Bustinza, O. F. (2018). Uncovering productivity gains of digital and green servitization: Implications from the automotive industry. *Sustainability (Switzerland)*, 10(5). <https://doi.org/10.3390/su10051524>

- Pal, R., & Jayarathne, A. (2022). Digitalization in the textiles and clothing sector. In *The Digital Supply Chain* (pp. 255–271). <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-91614-1.00015-0>
- Parida, V., Sjödin, D., & Reim, W. (2019). Reviewing literature on digitalization, business model innovation, and sustainable industry: Past achievements and future promises. *Sustainability (Switzerland)*, 11(2). <https://doi.org/10.3390/su11020391>
- Patyal, V. S., Sarma, P. R. S., Modgil, S., Nag, T., & Dennehy, D. (2022). Mapping the links between Industry 4.0, circular economy and sustainability: a systematic literature review. *Journal of Enterprise Information Management*, 35(1), 1–35. <https://doi.org/10.1108/JEIM-05-2021-0197>
- Pedrazzoli, P., Sorlini, M., Rovere, D., Lazaro, O., Malò, P., & Fiorello, M. (2022). Challenges and Founding Pillars for a Manufacturing Platform to Support Value Networks Operating in a Circular Economy Framework. *Applied Sciences (Switzerland)*, 12(6). <https://doi.org/10.3390/app12062995>
- Pirrone, L., Bionda, A., & Ratti, A. (2024). How Digital Technologies Can Support Sustainability of the Waterborne Passenger Mobility Ecosystem: A Case Study Analysis of Smart Circular Practices in Northern Europe. *Sustainability (Switzerland)*, 16(1). <https://doi.org/10.3390/su16010353>
- Pranckutė, R. (2021). Web of Science (WoS) and Scopus: the titans of bibliographic information in today's academic world. *Publications*, 9(1). <https://doi.org/10.3390/publications9010012>
- Putinceva, N., Kim, O., Voronina, E., Fugalevich, E., Mikhailova, M., & Ushakova, E. (2020). Introduction of innovative technologies - A factor in the development of the waste management industry in Russia. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 940(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/940/1/012024>
- Quayson, M., Bai, C., Sun, L., & Sarkis, J. (2023). Building blockchain-driven dynamic capabilities for developing circular supply chain: Rethinking the role of sensing, seizing, and reconfiguring. *Business Strategy and the Environment*, 32(7), 4821–4840. <https://doi.org/10.1002/bse.3395>
- Sánchez-Teba, E. M., Gemar, G., & Soler, I. P. (2021). From quantifying to managing food loss in the agri-food industry supply chain. *Foods*, 10(9). <https://doi.org/10.3390/foods10092163>
- Sendros, A., Drosatos, G., Efraimidis, P. S., & Tsirliganis, N. C. (2022). Blockchain Applications in Agriculture: A Scoping Review. *Applied Sciences (Switzerland)*, 12(16). <https://doi.org/10.3390/app12168061>
- Shafique, M. N., Rashid, A., Yeo, S. F., & Adeel, U. (2023). Transforming Supply Chains: Powering Circular Economy with Analytics, Integration and Flexibility Using Dual Theory and Deep Learning with PLS-SEM-ANN Analysis. *Sustainability (Switzerland)*, 15(15). <https://doi.org/10.3390/su15151979>
- Sood, S. K., Rawat, K. S., & Sharma, G. (2022). Role of Enabling Technologies in Soft Tissue Engineering: A Systematic Literature Review. *IEEE Engineering Management Review*, 50(4), 155–169. <https://doi.org/10.1109/EMR.2022.3195923>
- Svensson-Hoglund, S., Russell, J. D., & Richter, J. L. (2023). A Process

- Approach to Product Repair from the Perspective of the Individual. *Circular Economy and Sustainability*, 3(3), 1327–1359. <https://doi.org/10.1007/s43615-022-00226-1>
- Tang, L., Jiang, H., Hou, S., Zheng, J., & Miao, L. (2023). The Effect of Enterprise Digital Transformation on Green Technology Innovation: A Quantitative Study on Chinese Listed Companies. *Sustainability (Switzerland)*, 15(13). <https://doi.org/10.3390/su151310036>
- Torres de Oliveira, R., Ghobakhloo, M., & Figueira, S. (2023). Industry 4.0 towards social and environmental sustainability in multinationals: Enabling circular economy, organizational social practices, and corporate purpose. *Journal of Cleaner Production*, 430. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.139712>
- Toth-Peter, A., Torres de Oliveira, R., Mathews, S., Barner, L., & Figueira, S. (2023). Industry 4.0 as an enabler in transitioning to circular business models: A systematic literature review. *Journal of Cleaner Production*, 393. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136284>
- Trevisan, A. H., Lobo, A., Guzzo, D., Gomes, L. A. D. V., & Mascarenhas, J. (2023). Barriers to employing digital technologies for a circular economy: A multi-level perspective. *Journal of Environmental Management*, 332. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.117437>
- Vann Yaroson, E., Chowdhury, S., Mangla, S. K., Dey, P., Chan, F. T. S., & Roux, M. (2024). A systematic literature review exploring and linking circular economy and sustainable development goals in the past three decades (1991–2022). *International Journal of Production Research*, 62(4), 1399–1433. <https://doi.org/10.1080/00207543.2023.2270586>
- Yin, W. (2023). Does digital transformation matter to green innovation: based on TOE framework and configuration perspective. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(44), 100046–100057. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-29438-0>
- Zheng, P., Wang, Z., Chen, C.-H., & Pheng Khoo, L. (2019). A survey of smart product-service systems: Key aspects, challenges and future perspectives. *Advanced Engineering Informatics*, 42. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2019.100973>
- Zupic, I., & Čater, T. (2015). Bibliometric Methods in Management and Organization. *Organizational Research Methods*, 18(3), 429–472. <https://doi.org/10.1177/1094428114562629>