

## La Economía Circular y los Sistemas de Control de Calidad de Procesos y Productos<sup>1</sup>

Daniela Solís-Muñoz<sup>2</sup>, Juan M. Cogollo-Flórez<sup>3</sup>

### Resumen

El cuidado del medioambiente ha adquirido un creciente interés académico y empresarial debido a los efectos de la contaminación y la inadecuada gestión de los residuos. La Economía Circular (EC) surge como una estrategia para combatir estas repercusiones y cambiar de un modelo lineal a uno circular, con la intención de cerrar ciclos y que la mayoría de los residuos vuelvan a la etapa de producción. Por otro lado, el control de calidad puede ayudar a las empresas a alcanzar la circularidad deseada y garantizar la estabilidad en el logro de sus objetivos de EC usando herramientas adecuadas. El objetivo de este artículo es analizar las prácticas de EC en el contexto de los sistemas de control de calidad de procesos

y productos mediante un análisis bibliométrico y taxonómico. Los resultados muestran que han aumentado el interés investigativo y los aportes en la temática en los últimos cuatro años y que los países con más participación son Italia, España y China. La mayoría de los aportes son prácticos, con propuestas de estrategias enfocadas en empresas o procesos. Según los enfoques, se concluye que los autores tienen un gran interés en aportar modelos de negocios, marcos y estrategias para ayudar a las empresas a abordar prácticas de EC para procesos y productos.

**Palabras clave:** Economía circular, control de la calidad, gestión de procesos y productos, análisis bibliométrico.

1 Artículo de Aspectos Metodológicos derivado del Proyecto de Investigación *Modelado analítico de la gestión de la calidad en cadenas de suministro*, ejecutado en el marco de la Convocatoria Interna del Instituto Tecnológico Metropolitano-ITM. Fecha de realización: año 2020. Financiado por el Instituto Tecnológico Metropolitano.

2 Joven Investigadora. Departamento de Calidad y Producción, Instituto Tecnológico Metropolitano - ITM, Medellín, Colombia. Correo: danielasolis276062@correo.itm.edu.co / ORCID: 0000-0002-7374-4372

3 Profesor Asociado. Departamento de Calidad y Producción, Instituto Tecnológico Metropolitano - ITM, Medellín, Colombia. ORCID: 0000-0002-6101-3134.

**Autor para Correspondencia:** juancogollo@itm.edu.co

Recibido: 13/10/2020      Aceptado: 30/07/2021

\*Los autores declaran que no tienen conflicto de interés

## Circular Economy and Process and Product Quality Control Systems

### Abstract

Environmental protection is of growing academic and business interest because of pollution and inadequate waste management. The Circular Economy (CE) emerges as a strategy to combat these repercussions and change from a linear model to a circular one to close cycles and return most of the waste to the production stage. On the other hand, quality control can help companies achieve the desired circularity and ensure stability in achieving their CE objectives by using appropriate tools. This paper aims to analyze CE practices in process and product quality

control systems through a bibliometric and taxonomic analysis. The results show that research interest and contributions in the issue have increased in the last four years and that the countries with the highest participation are Italy, Spain, and China. Most of the contributions are practical, with proposals for strategies focused on companies or processes. According to the approaches, it is concluded that the authors have a great interest in contributing business models, frameworks, and strategies to help companies address CE practices for processes and products.

**Keywords:** Circular economy, quality control, process and product management, bibliometric analysis.

---

## A Economia Circular e Sistemas de Controle de Qualidade para Processos e Produtos

### Resumo

O cuidado com o ambiente adquiriu um interesse acadêmico e empresarial crescente devido aos efeitos da poluição e de uma gestão inadequada dos resíduos. A Economia Circular (CE) surge como uma estratégia para combater estas repercussões e mudar de um modelo linear para um circular, com a intenção de fechar ciclos e que a maior parte dos resíduos regresse à fase de produção. Por outro lado, o controle de qualidade pode ajudar as empresas a alcançar a circularidade desejada e assegurar a estabilidade na realização dos seus objetivos CE através da utilização de ferramentas apropriadas. O objetivo deste

documento é analisar as práticas de EC no contexto dos sistemas de controle de qualidade de processos e produtos através de uma análise bibliométrica e taxonômica. Os resultados mostram que o interesse pela investigação e as contribuições no assunto aumentaram nos últimos quatro anos e que os países com maior participação são a Itália, Espanha e China. A maioria das contribuições são práticas, com propostas de estratégias centradas em empresas ou processos. De acordo com as abordagens, conclui-se que os autores têm um grande interesse em contribuir com modelos de negócio, quadros e estratégias para ajudar as empresas a abordar as práticas da CE para processos e produtos.

**Palavras chave:** Economia circular, controle de qualidade, gestão de processos e produtos, análise bibliométrica.

## Introducción

El interés general en el cuidado del ambiente se incrementa día a día, debido a que el consumo de los recursos es mayor a lo que el planeta puede brindar y, además, se generan más residuos de los que la naturaleza puede absorber (Rosas Baños & Gámez Anaya, 2019). Estos fenómenos se caracterizan por la rapidez en que se presentan y porque su causa principal es la especie humana (Duarte et al., 2006). Una de las principales estrategias para contrarrestar la mala gestión de los recursos naturales y de los residuos es la Economía Circular (EC), la cual busca cambiar la típica producción lineal de “tomar, usar y desechar” por un enfoque orientado a cerrar el ciclo, basado en que la mayor parte de los residuos generados vuelvan a la etapa de producción propia o de un tercero y, también, que sean ecoamigables y vuelvan a la naturaleza (Cerdá & Khalilova, 2016).

Los impactos ambientales son ejemplos de las falencias del modelo del consumismo que concibe la naturaleza como un material inagotable que está a disposición de los humanos para el crecimiento económico (Casas Jericó & Puigi Bager, 2017). Por otro lado, la EC puede ser una estrategia de crecimiento económico cumpliendo criterios ambientales inteligentes y sostenibles (García, 2016). Este modelo busca encontrar un equilibrio entre la economía y el ambiente, por eso propone la puesta en práctica de los principios 3R (reducir, reciclar y reutilizar) y sus respectivas estrategias (Sanguino et al., 2020). Dentro de estas estrategias se encuentran modelos de negocio innovadores, diseño de productos verdes, implementación

del uso en cascada, remanufactura, reciclaje, el uso compartido, entre otras (Cerdá & Khalilova, 2016).

Un factor que se debe considerar o trabajar en conjunto con las prácticas de EC son los sistemas de gestión para los procesos y productos, sistemas ambientales y de seguridad (Olaru et al., 2014). Las estrategias o metodologías en su mayoría van dirigidas a empresas, procesos y productos, por lo cual es necesario asegurar la calidad de lo que se genera con sistemas de control y certificaciones (Barbaritano et al., 2019), para evitar la pérdida de confianza en lo fabricado a partir de EC y sea fácil de incorporar en el mercado. La inclusión de EC debe tener en cuenta las regulaciones existentes, los requisitos de las partes interesadas, un proceso óptimo y la calidad de los recursos, aplicando un sistema de gestión, indicadores y herramientas de calidad (Urbinati et al., 2018).

Como se mencionó anteriormente, el éxito de las prácticas de EC depende del compromiso para adaptarlas establecido en la política corporativa. Por otro lado, para alcanzar un correcto uso de los recursos naturales se requiere de cambios económicos, sociales y culturales (Rosas Baños & Gámez Anaya, 2019). Desde la política se deben desarrollar regulaciones, controles e indicadores para la EC e impulsar una conciencia ambiental para establecer un control y garantizar la calidad (Wen et al., 2019). Si desde esta línea no existe dicho compromiso, la aplicación de las metodologías y prácticas de EC sería más complicada y se obstaculizaría su desarrollo. Las políticas de sostenibilidad de las empresas para cumplir con las normas ambientales también deben

generar beneficios a los socios, ambiente y usuarios (partes interesadas) (Cuevas Zúñiga et al., 2016).

La actitud de las empresas hacia la EC y la conciencia ambiental de las mismas son las principales generadoras de los impactos negativos en la naturaleza. Por ello, a nivel industrial es fundamental implementar la EC sin dejar a un lado el aseguramiento de la calidad de los procesos, productos o componentes, las regulaciones y requisitos de clientes y consumidores (Urbinati et al., 2018) que cada vez más exigen productos amigables con el ambiente (Cuevas Zúñiga et al., 2016). Para ello, se requiere aplicar la gestión de residuos, el reciclaje de sus desechos y el consumo sostenible de energía. Las organizaciones deben generar bienestar para todas las partes interesadas (Olaru et al., 2014) y tener la responsabilidad social empresarial para lograr el éxito, gestionando el impacto ambiental de sus actividades (González, 2011).

Si las empresas tienen un compromiso y sienten la necesidad de mejorar para cuidar el ambiente y la salud de las personas, serán menos reacias a adoptar la EC. La falta de conciencia es una de las barreras que impiden adecuarse a este modelo y el poco conocimiento impide el desarrollo de las estrategias de EC (Masi et al., 2018). Informar a las compañías de los beneficios de la implementación de EC sirve para combatir este problema y permitir una mejor fluidez de la EC.

Otro tema de gran impacto es la incorporación de las prácticas de EC en los productos sin afectar la garantía de calidad

y el cumplimiento de los requisitos legales o del cliente. Además, en esta parte de la implementación, los fabricantes deben considerar el diseño de productos que al finalizar la vida útil sean fáciles de reciclar o reutilizar y que no sufran deterioro de calidad en el ciclo de vida (Lieder et al., 2017). De esta manera, el desarrollo de nuevos productos aporta a la EC y permite a las empresas remanufacturadas el desempeño óptimo que se requiere, aprovechando así al máximo los componentes y ayudando a reducir su presencia en la naturaleza. Se debe tener presente también los factores que influyen en la actitud de compra de los consumidores y abordarlos para incorporar en el mercado productos amigables con el ambiente (Kuah & Wang, 2020).

En la última línea se encuentran los consumidores, quienes son muy influyentes para avanzar en las prácticas de EC. Si los consumidores no cuentan con una conciencia ambiental, difícilmente se adaptarán y unirán al cambio (Shen et al., 2020). Es importante aprender a identificar las consecuencias de las actividades humanas, relacionando los posibles efectos y recibir una educación para adquirir conciencia ambiental (Casas Jericó & Puigi Bager, 2017). Este último aspecto, junto con un sistema de gestión, el conocimiento de los procesos y certificaciones, puede ayudar a que aumente la confianza en los productos remanufacturados, reparados o en la economía compartida (Milios & Matsumoto, 2019).

Con base en lo anterior, se evidencia que el tratamiento de las prácticas de EC en conjunto con el control de calidad de productos y procesos presenta un enfoque

distintivo que facilita la implementación y logro de los objetivos de la EC. De esta manera, se resalta que la EC puede trabajar de la mano con sistemas de control de calidad y ser abordada con herramientas de calidad e indicadores, para lograr la circularidad en los países, empresas y productos. En el contexto de esta investigación, el concepto de control de calidad referente es el establecido por Juran y De Feo (2010) como un proceso universal de gestión para llevar a cabo las operaciones con el fin de proporcionar estabilidad, donde cada característica del producto o proceso se convierte en un objeto de control; además, el control de calidad parte del establecimiento de los objetivos para, luego, planear cómo cumplirlos, incluyendo la selección de las herramientas adecuadas.

Basado en lo expuesto anteriormente, el objetivo de este artículo es identificar las principales prácticas de Economía Circular en el contexto de los sistemas de control de

calidad por medio de un análisis bibliométrico y taxonómico durante los últimos 20 años. La principal contribución de este artículo es el enfoque diferente (sistemas de control de calidad) que se usa para el estudio de las prácticas de EC, considerando los diferentes aportes de las investigaciones y propuestas de integración de estos conceptos con fines académicos y empresariales. Este artículo está organizado de la siguiente manera: en la siguiente sección se describe la metodología utilizada; luego, se muestran los resultados y discusión y se finaliza con las conclusiones y trabajos futuros.

### Materiales y Métodos

La metodología utilizada en la investigación consistió en cinco etapas (Figura 1): (1) Formulación de preguntas de investigación, (2) Determinación de criterios de búsqueda, (3) Búsqueda en bases de datos, (4) Selección de estudios, y (5) Análisis de estudios.

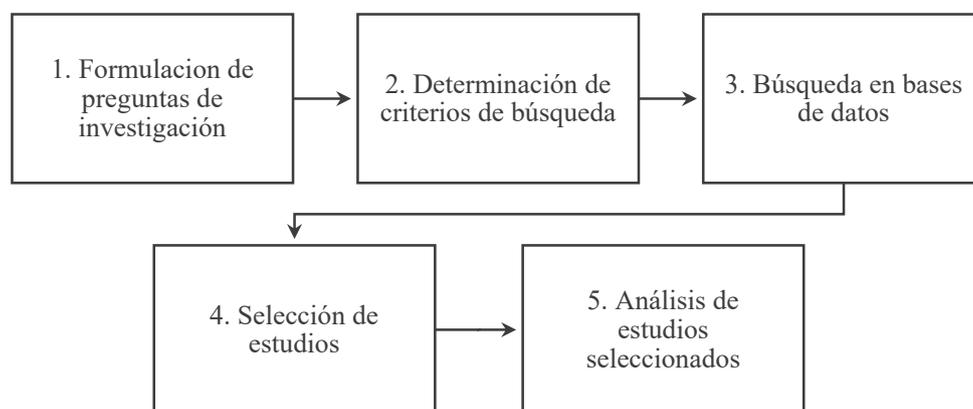


Figura 1. Etapas de la metodología.

## Preguntas de investigación

Con el fin de determinar el estado actual de la investigación sobre prácticas de EC en los sistemas de control de calidad de productos y procesos, se formularon las siguientes preguntas de investigación:

**P1:** ¿Cuál es el estado actual de la investigación de prácticas de economía circular en los sistemas de control de calidad de productos y procesos?

**P2:** ¿Cuáles enfoques, prácticas y metodologías de economía circular se han integrado a los sistemas de control de calidad de productos y procesos?

## Criterios de búsqueda

Las bases de datos seleccionadas para la búsqueda de información fueron *Scopus*, *Taylor and Francis*, *Springer Link*, *IEEE*, *ProQuest* y *Google Scholar*. Posteriormente, se definió la ecuación de búsqueda inicial como “*circular economy*” AND “*quality*” AND “*products*” OR “*process*” y las palabras clave “*circular economy*” AND “*quality*” AND “*process*”, “*circular economy*” AND “*process*”, “*circular economy*” AND “*quality*”, “*circular economy*” AND “*quality control*” y “*circular economy*” AND “*practices*”.

El periodo de tiempo de búsqueda considerado fue entre los años 2000 y 2020. Se establecieron los siguientes criterios de inclusión para la selección de los artículos:

- El documento presenta un aporte teórico sobre las prácticas de Economía Circular (EC) en sistemas de control de calidad de los procesos.

- El documento presenta metodologías para el análisis o implementación de prácticas de Economía Circular (EC) en sistemas de control de calidad.

También, se descartaron aquellos artículos que presentaban uno de los siguientes criterios de exclusión:

- El documento aborda el tema de Economía Circular (EC), pero sin describir alguna metodología basada en sistemas de control de calidad de los procesos.
- El documento aborda el tema de Economía Circular (EC), pero desde un enfoque diferente a los sistemas de control de calidad de los procesos.

## Resultados y Discusión

### Búsqueda en base de datos

Una vez efectuada la búsqueda en las bases de datos indicadas y con la ecuación de búsqueda principal (“*circular economy*” AND “*quality*” AND “*products*” OR “*process*”), se realizó un primer filtro de información, obteniendo un total de 8.168 artículos, de los cuales se extrajeron 1.560 resultados, limitando el periodo de tiempo entre el año 2000 y 2020.

### Análisis de estudios

Aplicando los criterios de inclusión y exclusión, se seleccionó un total de 61 artículos realizando el análisis descriptivo de las frecuencias y el orden de las diferentes publicaciones, previamente, para el análisis bibliométrico usando el software *Vosviewer*®.

En la Figura 2 se muestra el total de artículos publicados por año recuperados en la búsqueda inicial. Se evidencia, a partir del año 2016, un crecimiento significativo en el número de publicaciones relacionadas

con la identificación y análisis de prácticas de EC en sistemas de control de calidad. Este comportamiento también se mantiene en los 61 artículos definitivos, de los cuales el 89% se publicaron entre los años 2016 y 2020.

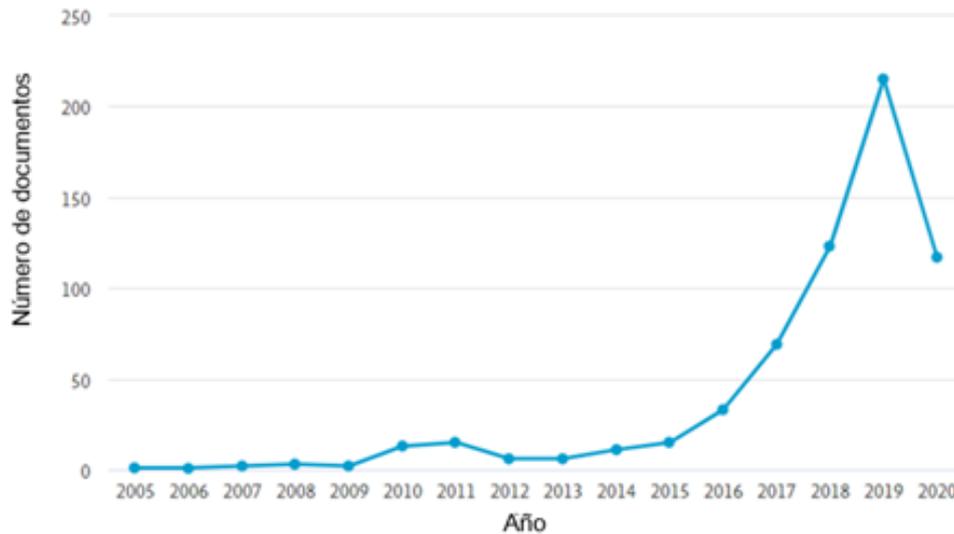


Figura 2. Número de artículos publicados por año, referenciados en Scopus.

En cuanto a la clasificación de los artículos, de acuerdo con los países de origen de los investigadores, se evidencia que la mayoría de los artículos obtenidos con la ecuación de búsqueda principal (“circular economy” AND “quality” AND “products” OR “process”) han

sido publicados en países europeos como Italia, España y China, evidenciándose en estos territorios una gran relevancia e interés en investigaciones y aportes realizados a la identificación de prácticas de EC en los sistemas de control de calidad (Figura 3).

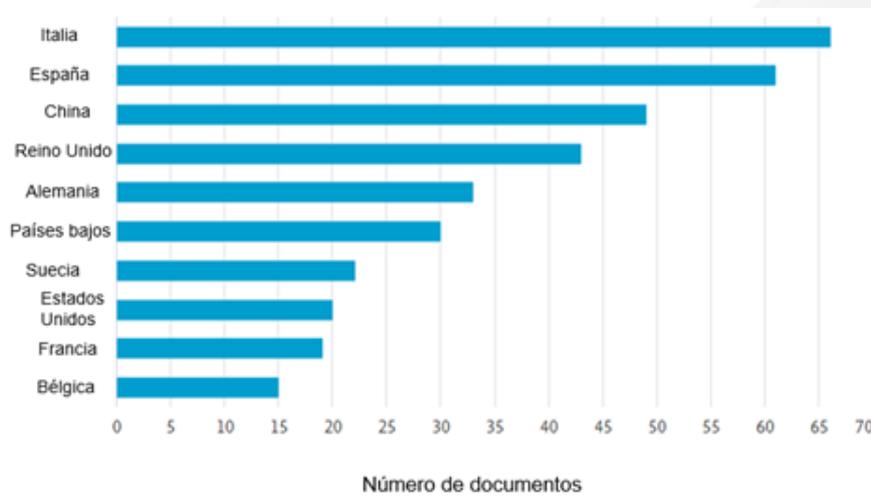


Figura 3. Artículos publicados por país, referenciados en Scopus.

### Análisis bibliométrico

En la Figura 4 se muestra el mapa bibliométrico obtenido usando el software Vosviewer, partiendo de la ecuación de búsqueda inicial “circular economy” AND “quality” AND “process”, clasificando y graficando las palabras clave de gran impacto utilizadas por los diferentes autores y las relaciones existentes entre ellas. Se identifican como clústeres de color por cada palabra clave y cada enlace como la relación existente entre las mismas.

El clúster principal número 1 “circular economy” se relaciona directamente con el clúster número 2 “quality control”, permitiendo identificar su relación con otros clústeres como gestión de residuos, reciclaje, economía industrial y economía. Este clúster cuenta con 17 enlaces con otros clústeres. Dichos clústeres a su vez se enlazan con otros, teniendo un total de 159 enlaces de gran impacto y cuenta con 45 ocurrencias dentro del gráfico.



**Tabla 1.** Aportes de los estudios seleccionados.

ID	Autores	Descripción del aporte
1	(Rusinko, 2005)	Propuesta de herramientas de calidad como puente hacia la Economía Circular (EC), especialmente el ciclo Deming o PHVA. Aborda las similitudes entre ambos temas.
2	(Yong, 2007)	Análisis de las regulaciones chinas existentes sobre EC, sus antecedentes y prácticas comparadas con otros países.
3	(Hai-yan & Cui-xia, 2009)	Estudio del desarrollo de EC enfocado en índices de reducción de recursos, insumos, reciclaje y seguridad ambiental, en investigación y tecnología.
4	(Li & Yu, 2011)	Estudio de las políticas establecidas para garantizar la EC en China, evaluando los impactos ambientales e inversión en investigación.
5	(Sakai et al., 2011)	Evaluación de las políticas 3R y gestión de residuos en la Unión Europea (UE) y otros países como Estados Unidos, China, Japón, Vietnam y Corea.
6	(Olaru et al., 2014)	Propuesta de los sistemas integrados (salud y seguridad en el trabajo, calidad y medioambiente) como una forma de satisfacer las necesidades de todas las partes interesadas.
7	(Xueying & Panke, 2016)	Descripción de los sistemas de calidad, sus estándares y prácticas ambientales o EC, para tener empresas modelo e impulsar a implementar la EC.
8	(Cerdá & Khalilova, 2016)	Propuesta de un plan de desarrollo de regulaciones y del plan de acción europeo, encaminados a las prácticas de EC.
9	(García, 2016)	Propuesta para mejorar una norma de la Unión Europea, con la intención de incluir aspectos sobre conversión de residuos orgánicos, incorporando normas de calidad para productos secundarios.
10	(Bocken et al., 2016)	Propuesta de diseño de productos en el marco de modelos de negocio que implementen estrategias de EC.
11	(Zorpas, 2016)	Propuesta para aplicar criterios de fin de residuos (EWC, por sus siglas en inglés) teniendo en cuenta las regulaciones, leyes y sistemas de gestión como ISO 9001.
12	(Hotta et al., 2016)	Propuesta de indicadores para medir las políticas 3R en algunos países de Asia y el Pacífico.
13	(Diener & Tillman, 2016)	Estudio de caso y estrategias para conocer el flujo de los componentes y en qué parte de la cadena de suministro pasa a su fin de vida.
14	(Shen & Chen, 2016)	Modelo para la predicción del índice macroeconómico, basado en la regresión logística y principios de eficiencia de EC.
15	(Strothman & Sonnemann, 2017)	Reporte de reunión para desarrollar regulaciones sobre EC, considerando la integración con los sistemas y estándares de gestión.
16	(Álvarez & Ruiz-Puente, 2017)	Propuesta de herramienta SymbioSyS como facilitador hacia una EC, permitiendo identificar los desechos de las empresas.
17	(Lieder et al., 2017)	Propuesta de herramienta con diseños y modelos de negocio para productos al final de su vida útil.
18	(Liu et al., 2017)	Análisis de la prevención y control de la generación de residuos por medio de las 3R.
19	(Sakai et al., 2017)	Descripción de las leyes y regulaciones respecto a políticas de 3R para la gestión de residuos en la Unión Europea, China y Japón.
20	(Vogtlander et al., 2017)	Propuesta de modelo creación de valor ecoeficiente proporcionando estrategias para superar las barreras iniciales.

ID	Autores	Descripción del aporte
21	(De Angelis et al., 2018)	Desarrollo de proposiciones teniendo en cuenta los principios de EC para alcanzar una transición hacia la cadena de suministro circular.
22	(Batista et al., 2018)	Análisis de las prácticas de EC en las cadenas de suministro. Se desarrolla una propuesta para la implementación de una cadena de suministro de ciclo cerrado.
23	(Masi et al., 2018)	Análisis del conocimiento de la EC y su práctica en las empresas. Se establecen las principales barreras para adoptar una EC en las organizaciones.
24	(Sinclair et al., 2018)	Herramienta de mapeo de intervención del consumidor, la cual permite tener en cuenta a los usuarios a la hora de un desarrollo de producto con prácticas de EC.
25	(Storino et al., 2018)	Proyecto de Composter- Henhouse (CH) para reducir los desechos orgánicos, teniendo algunos métodos (ISO 6579 e ISO 7251) para garantizar la calidad del compostaje.
26	(Urbinati et al., 2018)	Estudio de caso en empresa italiana sobre la implementación de prácticas de EC desde dos enfoques: red de valor y propuesta e interfaz de valor para el cliente.
27	(Pamfilie et al., 2018)	Estudio estadístico para medir el nivel de influencia de los sistemas de gestión (ISO y OHSAS) como una estrategia para aplicar principios de EC en la industria hotelera de Rumania.
28	(Luciano et al., 2020)	Propuesta para usar materias primas secundarias que pueden reutilizarse en la construcción. Se mencionan algunas barreras como la calidad y falta de confianza en el producto.
29	(Hahladakis & Iacovidou, 2018)	Análisis de los factores que afectan la reciclabilidad y calidad de los productos: las propiedades del material, características de diseño, manejo, cambios durante el uso y reprocesamiento.
30	(Barbudo et al., 2020)	Propuesta del adecuado tratamiento de los desechos de la construcción en una planta en la Unión Europea para la fabricación de áridos para la construcción en lugar de usar áridos naturales.
31	(Barbaritano et al., 2019)	Análisis de la implementación de prácticas de EC en empresas italianas que desarrollan muebles de lujo, considerando la implementación de estándares de calidad y certificación de productos y procesos.
32	(Vaneckhaute, 2019)	Propuesta para usar diseño por la calidad en EC, para garantizar la calidad del producto final, alineados con las regulaciones.
33	(Wen et al., 2019)	Estudio de simulación para medir el impacto de las regulaciones del gobierno para la calidad en cadenas de suministro de remanufactura.
34	(Wang et al., 2019)	Estudio de la estrategia <i>Lean Six Sigma</i> y método Taguchi para implementar mejoras con enfoque de EC en el diseño de un producto.
35	(Singhal et al., 2019)	Análisis de los principales factores de compra en el contexto de EC: beneficio verde percibido, actitud, norma subjetiva, control de comportamiento y riesgo percibidos.
36	(Alamerew & Brissaud, 2019)	Herramienta de decisión multicriterio para la recuperación de productos (PR-MCDT), teniendo en cuenta factores económicos, legales, sociales, técnicos y comerciales.
37	(Ortiz et al., 2019)	Propuesta de solución para la gestión de residuos de cervecería para generar energía térmica que se incorpora a una parte del proceso productivo.
38	(Rigamonti et al., 2019)	Metodología aplicada en el sector de reutilización y remanufactura en Italia, identificando información sobre el embalaje que se recicla o reutiliza.

ID	Autores	Descripción del aporte
39	(Wichai-utcha & Chavalparit, 2019)	Análisis sobre legislaciones y regulaciones para la gestión del plástico en Tailandia, concluyendo que se necesita reunir a las partes interesadas para generar nuevas regulaciones con énfasis en las 3R, mecanismos financieros y legales.
40	(Antoniou & Zorpas, 2019)	Propuesta de un protocolo de calidad para los aceites de pirólisis de neumáticos como alternativa para el Fuel Oil Ligero (LFO).
41	(Iacovidou et al., 2019)	Tipología para analizar la calidad de los componentes y productos de una manera objetiva, teniendo en cuenta las características inherentes.
42	(Chelinho et al., 2019)	Evaluación de la toxicidad de cinco tipos de compost hechos a partir de desechos urbanos, incluyendo pruebas de susceptibilidad biológica para medir los riesgos.
43	(Steinmann et al., 2019)	Propuesta de indicador de calidad para medir la circularidad de los materiales, teniendo en cuenta la calidad del producto reciclado, la funcionalidad de las sustancias y el balance de masa.
44	(Singh et al., 2019)	Análisis de los desafíos y los éxitos que enfrentan las empresas que se dedican al reciclaje en la industria textil y de muebles, identificando barreras como la baja calidad de los productos usados.
45	(Flynn & Hacking, 2019)	Análisis de los estándares del gobierno y de otras corporaciones privadas como la ISO y BSI, apoyando una transición hacia la EC.
46	(Paes et al., 2019)	Revisión de literatura de las prácticas de EC en la gestión de residuos orgánicos.
47	(Avdiushchenko & Zajaç, 2019)	Método para desarrollar indicadores para evaluar el desarrollo de EC a nivel regional en la Unión Europea (UE).
48	(Miliós & Matsumoto, 2019)	Análisis de los conocimientos sobre los productos remanufacturados, por medio de un esquema de certificación para incrementar la confianza en los productos.
49	(Sanguino et al., 2020)	Revisión de literatura sobre prácticas y aplicaciones industriales de EC.
50	(Nandi et al., 2020)	Propuesta de modelos de negocio de economía circular que se pueden implementar a nivel de la cadena de suministro.
51	(de Souza Costa et al., 2020)	Análisis de la implementación de prácticas de ecoeficiencia a través de herramientas de planeación y control de producción.
52	(Lindkvist Haziri & Sundin, 2020)	Modelo de retroalimentación de información con el fin de mejorar la comunicación entre los procesos de diseño y remanufactura.
53	(Smol et al., 2020)	Propuesta de un modelo dirigido a la gestión del agua y las aguas residuales en Europa. El modelo consta de seis etapas: reducir, reclamación, reutilizar, reciclaje, recuperación y replanteamiento.
54	(Tsiliyannis, 2020)	Propuesta de modelo predictivo de <i>stocks</i> , flujos y devoluciones de productos en sistemas de remanufactura.
55	(Roithner & Rechberger, 2020)	Enfoque en la entropía estadística como indicador para medir la calidad del proceso de reciclaje (eficiencia) en la Unión Europea (UE). El indicador permite calcular qué tanto se pudo reciclar con calidad y qué tanto con baja calidad.
56	(Zorpas, 2020)	Estrategia para formular mejores regulaciones y objetivos para la gestión de residuos, que sean alcanzables. Implementa herramientas y sistemas de gestión como ISO 31001.
57	(Johansson & Forsgren, 2020)	Análisis de las legislaciones o regulaciones existentes para la certificación de un material como desecho. Se concluye que la legislación actual obstaculiza los mercados y no permite que muchos materiales sean usados.

ID	Autores	Descripción del aporte
58	(Yadav et al., 2020)	Marco para aplicar <i>Lean Manufacturing</i> en países en desarrollo por medio de la gestión de la calidad, la planeación de los procesos, gestión de los productos y el final de su vida útil y prácticas de EC.
59	(Kuah & Wang, 2020)	Análisis de los factores y barreras que influyen en las decisiones de compra de los consumidores para usar productos electrónicos por medio de la economía compartida, el reciclaje y la remanufactura.
60	(Shen et al., 2020)	Propuesta de un modelo matemático para diferenciar o calcular la diferencia de la calidad de los productos verdes y no verdes, teniendo en cuenta la disposición de los consumidores a pagar.
61	(Gävertsson et al., 2020)	Propuesta de un esquema de etiquetado con el objetivo de favorecer a los remanufacturadores en la industria de las TIC.

Tabla 2. Clasificación taxonómica de los estudios seleccionados.

ID	1. Tipo de aporte			2. Tipo de metodología			3. Metodología de análisis (modelos)			4. Enfoque				
	Práctico	Teórico	Teórico/práctico	Cuantitativo	Cualitativo	Mixto	Matemático	Conceptual/ revisión	Estrategia	Herramienta	Política	Empresa/ proceso	Producto	Consumidor
1	x				x				x			x		
2		x			x			x			x			
3	x			x			x				x			
4		x			x			x			x			
5		x			x			x			x			
6		x			x				x			x		
7		x			x			x				x		
8		x			x			x			x	x		
9		x			x				x		x			
10			x		x				x			x	x	
11		x			x				x			x	x	
12		x			x			x			x			
13	x				x				x				x	
14	x			x			x				x			
15		x			x			x			x			
16	x				x					x		x		
17	x				x				x			x	x	
18		x			x			x			x			
19		x			x				x		x			
20			x		x				x			x	x	
21		x			x				x			x		

ID	1. Tipo de aporte			2. Tipo de metodología			3. Metodología de análisis (modelos)			4. Enfoque				
	Práctico	Teórico	Teórico/práctico	Cuantitativo	Cualitativo	Mixto	Matemático	Conceptual/ revisión	Estrategia	Herramienta	Política	Empresa/ proceso	Producto	Consumidor
22		x			x			x				x		
23	x				x			x				x		
24			x		x					x				x
25	x				x			x						x
26	x				x				x			x		
27	x			x			x					x		
28		x			x			x				x		
29		x			x				x				x	
30	x				x				x			x	x	
31	x				x			x				x		
32		x			x				x				x	
33	x			x			x				x	x		
34	x			x			x		x			x	x	
35		x		x			x							x
36	x				x					x		x	x	
37	x				x				x			x		
38	x					x	x		x			x		
39		x			x				x		x			
40	x				x				x		x		x	
41	x				x				x				x	
42	x				x				x		x		x	
43			x	x			x				x		x	
44			x		x				x			x		
45		x			x			x			x			
46		x			x				x			x	x	
47	x					x	x		x		x			
48	x					x		x						x
49		x			x			x				x	x	
50			x		x				x				x	
51		x			x				x			x		
52	x				x				x			x		
53		x			x				x			x		
54	x			x			x					x	x	
55	x			x			x				x	x		
56		x			x				x		x			

ID	1. Tipo de aporte			2. Tipo de metodología			3. Metodología de análisis (modelos)				4. Enfoque			
	Práctico	Teórico	Teórico/práctico	Cuantitativo	Cualitativo	Mixto	Matemático	Conceptual/ revisión	Estrategia	Herramienta	Política	Empresa/ proceso	Producto	Consumidor
57		x			x				x		x			
58	x				x				x			x		
59	x				x				x					x
60	x			x			x					x	x	
61			x		x			x				x		
<b>Total</b>	28	26	7	10	48	3	9	17	29	3	15	19	5	5
<b>Porcentaje</b>	46%	43%	11%	16%	79%	5%	15%	28%	47%	5%	25%	31%	8%	8%

Se evidencia que el 46 % de los aportes realizados a la temática de estudio son prácticos, 43 % son teóricos y 11 % son teórico-prácticos. En cuanto al tipo de metodología, se encuentra que 16 % son cuantitativos, 79 % son cualitativos y el 5 % son mixtos. Los artículos que proponen un modelo matemático constituyen un 15 %, 28 % son conceptuales-revisión, 47 % de estrategia y 5 % de herramientas, además, el 5% proponen un modelo matemático y una estrategia. Para la categoría de enfoque se tiene que el 25 % está dirigido a la política, el 31 % a empresas o procesos, el 8 % a productos, el 8 % a consumidores, el 8 % van dirigido a política y empresas o procesos, el 5 % a política y producto y, finalmente, el 18 % se dirige a empresa, procesos y productos.

Se resalta que los autores buscan establecer una estrategia, metodología o un modelo práctico que facilite la integración en empresas o procesos. La mayoría de los aportes de los estudios son prácticos (43%), gran parte de ellos establecen una estrategia

(47 %) y en su mayoría están enfocados en las empresas y procesos (31 %).

Con base en el análisis de la información condensada en las Tablas 1 y 2, se da respuesta a la segunda pregunta de investigación sobre los enfoques, prácticas y metodologías de EC que se han integrado a los sistemas de control de calidad de productos y procesos. Se evidencia fuertes relaciones con gestión de residuos, reciclaje, economía industrial y economía. Se encuentra que los territorios en los cuales hay mayor número de publicaciones son Italia, España y China.

### Aportes de los estudios

La mayoría de los estudios se enfocan principalmente en aspectos de políticas, normatividad y regulaciones vigentes, dado que estas son la primera instancia para establecer control y estándares a empresas y productos desarrollados a partir de EC. Otro factor importante es la percepción de los consumidores sobre los productos generados usando prácticas de EC, debido a

que son ellos quienes tienen a disposición el producto o el servicio. A continuación, se describen y discuten de forma general los aportes más representativos de los estudios seleccionados.

### ***Aportes a la política***

Desde la política, se aborda la EC para desarrollar planes de acción que ayuden a lograr la transición de una economía lineal a una circular. Por ejemplo, China ha establecido regulaciones para una EC, sin embargo, se requiere establecer controles e invertir en tecnologías para lograr los objetivos de EC y de las políticas 3R (Li & Yu, 2011), así como promover el desarrollo de indicadores adecuados para medir el impacto ambiental de los países (Hotta et al., 2016).

Por otro lado, García (2016) propone mejorar una norma o regulación europea que permita convertir residuos orgánicos en productos y estos puedan usarse para realizar fertilizantes y que la norma no sea un obstáculo para aprovechar los residuos como una práctica de EC, incluyendo normas de calidad y requisitos que deben tener los desechos orgánicos para dejar de serlo. Por otra parte, Johansson y Forsgren (2020) mencionan que muchas veces las regulaciones vigentes obstaculizan los mercados y no permiten que diversos materiales sean usados y sugiere considerar los riesgos, el cómo y el dónde sin estimar si se clasifican como un desecho o no.

Shen y Chen (2016) proponen un modelo macro basado en el alto ajuste de datos y regresión logística, alineando los principios del grado de eficiencia de economía circular y su calidad respectiva para predecir el índice

macroeconómico. A su vez, Avdiushchenko y Zajaç (2019) plantean un método para medir la circularidad a nivel regional en la Unión Europea, teniendo en cuenta las prácticas de EC que se identificaron e implementan a nivel de Europa con indicadores respectivos, para que cada región seleccione los indicadores que le apliquen y así calcular su circularidad, comparar resultados y contar con indicadores comunes.

Autores como Sakai et al. (2017) sugieren que herramientas para la toma de decisiones, como el análisis de flujo de material y la evaluación del ciclo de vida, pueden ayudar en la formulación de nuevas políticas, aplicadas a un sistema de gestión, región o método específico. Es recomendable evaluar las regulaciones de países en desarrollo y no sólo de los desarrollados, identificando sus dificultades y oportunidades. Flynn y Hacking (2019) discuten cómo los estándares del gobierno y de otras corporaciones privadas como la ISO y BSI, apoyan una transición hacia la EC.

Zorpas (2020) propone una estrategia para formular mejores regulaciones y objetivos para la gestión de residuos que sean alcanzables, implementando herramientas y sistemas de gestión como ISO 31001, para detectar riesgos y oportunidades y ayudando a cumplir metas y objetivos ambientales. Futuras investigaciones pueden estudiar la efectividad de la estrategia enfocada en la gestión del riesgo para formular regulaciones de gestión de residuos y también aplicarla a nivel empresarial para alcanzar la circularidad.

### ***Aportes a la política, la empresa o el proceso***

Este enfoque se centra en tomar las definiciones de las metodologías para la EC y proponer cómo se pueden abordar para la aplicación en empresas, teniendo en cuenta las regulaciones para las prácticas de EC y la gestión de calidad (Cerdá & Khalilova, 2016). Por ejemplo, Wen et al. (2019) realizan una simulación para medir el impacto de las regulaciones en la calidad de las cadenas de suministro de remanufactura y establece la mejor estrategia que debe implementar el gobierno para garantizar la calidad y disminuir los riesgos. También, se ha utilizado el enfoque de la entropía estadística como indicador para medir la calidad del proceso de reciclaje (eficiencia) en la Unión Europea, con el fin de contribuir a cerrar la brecha de falta de indicadores para evaluar criterios de control de calidad en el reciclaje de materiales (Roithner & Rechberger, 2020).

### ***Aportes a la política y los productos***

En este enfoque se destaca la incorporación de aspectos de susceptibilidad biológica a las regulaciones para hacer compost a partir de desechos urbanos y la necesidad de una futura certificación para aumentar la confianza de los consumidores (Chelinho et al., 2019). También, se encuentra la propuesta de un protocolo de calidad para el tratamiento de los aceites de pirólisis de neumáticos (Antoniou & Zorpas, 2019).

Por otra parte, Steinmann et al. (2019) proponen un indicador de calidad para medir la circularidad de los materiales, teniendo en cuenta la calidad del producto reciclado, la funcionalidad de las sustancias

y el balance de masa. El indicador de calidad propuesto, en conjunto con aspectos económicos y legales, puede ayudar a cuantificar mejor la circularidad de la economía, dejando a futuros investigadores complementar el indicador con otros criterios e indicadores adicionales.

### ***Aportes a la empresa y el proceso***

El uso frecuente de encuestas ayuda a identificar las barreras que se presentan a nivel empresarial para implementar prácticas de EC, como la baja calidad de los productos usados, la poca disponibilidad de los mismos y la falta de confianza de los consumidores (Masi et al., 2018). Así, se han estudiado los nuevos desafíos y retos que enfrentan las pequeñas y medianas empresas que se dedican al reciclaje textil y de madera (Singh et al., 2019), dejando para futuras investigaciones la indagación en otros sectores económicos. Similarmente, se ha detectado la necesidad de establecer un sistema de etiqueta para remanufacturadores de las tecnologías de información y comunicación (Gåvertsson et al., 2020).

En el caso de herramientas de calidad para aplicación en EC, se ha demostrado que el uso del ciclo Deming o PHVA favorece la circularidad de los procesos (Rusinko, 2005), así como también la implementación de un sistema de gestión integrado (salud y seguridad, ambiental y calidad) (Olaru et al., 2014). También, se ha estudiado la influencia de los sistemas de gestión (OHSAS e ISO) como estrategia para aplicar la EC en el sector turístico, determinando que la menos influyente es la ISO 14001 (Pamfilie et al., 2018; Rigamonti et al., 2019).

En otros estudios se proponen estrategias de gestión de procesos para dar paso hacia los productos y procesos como modelos de negocio de EC que se pueden implementar a nivel de la cadena de suministro (Nandi et al., 2020). El uso de herramientas informáticas puede aportar al cambio deseado, permitiendo establecer comunicación entre empresas, identificando los desechos que cada una genera y al mismo tiempo identificando qué tipo de desechos sirven como materia prima a otra empresa (Álvarez & Ruiz-Puente, 2017). De Souza Costa et al. (2020) establecieron que usando técnicas de control de producción se pueden implementar las diferentes prácticas ecoeficientes en procesos.

#### ***Aportes a la empresa, el proceso y el producto***

La aplicación de herramientas de calidad como *Lean Six Sigma* y el método Taguchi favorece la determinación, cumplimiento o ajuste del cronograma de fabricación de productos de EC (Wang et al., 2019). Se requiere aplicar estas técnicas en otros procesos y productos hechos a partir de EC, para detectar fallas y mejorar la calidad de ambos.

Se rescata también la aplicación de criterios de fin de residuos a diferentes tipos de desechos, en conjunto con leyes, regulaciones y sistemas de gestión como ISO 9001, garantizando calidad y confianza, a la vez que se evita la generación de residuos (Zorpas, 2016). En esta misma línea, se han desarrollado herramientas de toma de decisiones para diseños y modelos de negocio para productos al final de su vida útil, teniendo en cuenta el tratamiento de

los componentes, la calidad, la cantidad y tiempos de devolución (Lieder et al., 2017).

Otras investigaciones proponen modelos como el del coeficiente de creación de valor, considerando costos, calidad y aspectos ecológicos (Vogtlander et al., 2017) o una herramienta de decisión multicriterio para la recuperación de productos que ayuda a los tomadores de decisiones a elegir las estrategias adecuadas para recuperar productos al final de su vida útil, para reciclar, reutilizar o remanufacturar (Alamerew & Brissaud, 2019). Finalmente, Tsiliyannis (2020) presenta una herramienta para predecir la cantidad esperada y los grados de calidad inminentes de devoluciones de productos reutilizables.

#### ***Aportes a los productos***

En el caso de los estudios orientados a los productos, se han establecido los factores que afectan la calidad y la reciclabilidad de los componentes y productos: las propiedades del material, características de diseño, manejo, cambios durante el uso y reprocesamiento (Hahladakis & Iacovidou, 2018). Estos factores se pueden abordar desde el diseño, invirtiendo en nuevas tecnologías, con el fin de aportar más información acerca de los beneficios y barreras que se presentan para las empresas que reciclan o fabrican productos. Vaneeckhaute (2019) propone aplicar la herramienta de diseño por calidad (*Quality by Design*) para identificar y comprender los atributos de calidad críticos del producto para la EC. Otras estrategias se orientan al análisis de la calidad de los componentes y productos de una manera objetiva, ayudando a identificar aquellos

aspectos que interfieren con el logro de la calidad e impiden la reciclabilidad de los componentes (Iacovidou et al., 2019).

### ***Aportes al consumidor***

Como tipo de aporte final se contempla el objetivo de identificar aquellos factores que influyen en la actitud y decisiones de compra de los compradores para determinar beneficios y riesgos y cómo un esquema de certificación de compra los influenciaría (Milios & Matsumoto, 2019), o para detectar posibles intenciones de cómo usar productos electrónicos por medio de la economía compartida, el reciclaje y la remanufactura (Kuah & Wang, 2020).

Por otro lado, Singhal et al. (2019) estudian los factores que influyen en las intenciones de compra de los consumidores, por medio de un metaanálisis, teniendo como principales influencias el beneficio verde percibido, norma subjetiva, control de comportamiento y riesgo percibidos. También, se han desarrollado modelos matemáticos para calcular la diferencia de calidad de los productos verdes y no verdes, teniendo en cuenta la disposición de los consumidores a pagar, el excedente del consumidor, el impacto ambiental y el bienestar social (Shen et al., 2020).

### **Conclusiones**

El estudio de las prácticas de Economía Circular en los sistemas de control de calidad de procesos y productos presenta un gran auge durante los últimos 20 años, con especial énfasis en el periodo entre 2016 y 2020, evidenciado en el incremento del

número de investigaciones y aportes en las bases de datos consultadas en este trabajo.

El análisis taxonómico desarrollado permitió determinar que una gran parte de los aportes en los estudios seleccionados para la investigación son prácticos (46 %). Con respecto al tipo de metodología, en su gran mayoría son cualitativos (79 %). El modelo que más se presentó en la taxonomía es estrategia (47 %), representando modelos de negocios, marcos y secuencias. Los principales aportes están enfocados a resolver los problemas de empresas y procesos al momento de implementar prácticas de EC.

Este trabajo es derivado de un proyecto de investigación en curso centrado en el desarrollo de modelos de control de calidad de productos y procesos integrados con los principios de EC. Las siguientes etapas de investigación se centrarán en la evaluación de la efectividad e impacto de diferentes estrategias, herramientas y modelos de integración de prácticas de EC y sistemas de control de calidad en sectores económicos específicos.

### **Referencias**

- Alamerew, Y. A., & Brissaud, D. (2019). Circular economy assessment tool for end of life product recovery strategies. *Journal of Remanufacturing*, 9(3), 169–185. <https://doi.org/10.1007/s13243-018-0064-8>
- Álvarez, R., & Ruiz-Puente, C. (2017). Development of the Tool SymbioSys to Support the Transition Towards a Circular Economy Based on Industrial

- Symbiosis Strategies. *Waste and Biomass Valorization*, 8(5), 1521–1530. <https://doi.org/10.1007/s12649-016-9748-1>
- Antoniou, N., & Zorpas, A. (2019). Quality protocol and procedure development to define end-of-waste criteria for tire pyrolysis oil in the framework of circular economy strategy. *Waste Management*, 95, 161–170. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.05.035>
- Avdushchenko, A., & Zajaç, P. (2019). Circular Economy Indicators as a Supporting Tool for European Regional Development Policies. *Sustainability*, 11(11), 3025. <https://doi.org/10.3390/su11113025>
- Barbaritano, M., Bravi, L., & Savelli, E. (2019). Sustainability and Quality Management in the Italian Luxury Furniture Sector: A circular Economy Perspective. *Sustainability*, 11(11), 3089. <https://doi.org/10.3390/su11113089>
- Barbudo, A., Ayuso, J., Lozano, A., Cabrera, M., & López-Uceda, A. (2020). Recommendations for the Management of Construction and Demolition Waste in Treatment Plants †. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(1), 125–132. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-05578-0>
- Batista, L., Bourlakis, M., Liu, Y., Smart, P., & Sohal, A. (2018). Supply chain operations for a circular economy. *Production Planning and Control*, 29(6), 419–424. <https://doi.org/10.1080/09537287.2018.1449267>
- Bocken, N., 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>
- Casas Jericó, M., & Puigi Bager, J. (2017). El impacto ambiental: un despertar ético valioso para la educación. *Teoría de la educación*, 29(1), 101–128. <https://dx.doi.org/10.14201/teoredu2017291101128>
- Cerdá, E., & Khalilova, A. (2016). Economía Circular. *Economía Industrial*, 401, 11–20.
- Chelinho, S., Pereira, C., Breitenbach, P., Baretta, D., & Sousa, J. P. (2019). Quality standards for urban waste composts: The need for biological effect data. *Science of the Total Environment*, 694, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.133602>
- Cuevas Zúñiga, I., Lona Rocha, L., & Soto Flores, M. del R. (2016). Incentivos, motivaciones y beneficios de la incorporación de la gestión ambiental en las empresas. *Universidad & Empresa*, 18(30), 121–141. <https://doi.org/10.12804/rev.univ.empresa.30.2016.06>
- De Angelis, R., Howard, M., & Miemczyk, J. (2018). Supply chain management and the circular economy: towards the circular supply chain. *Production*

- Planning and Control*, 29(6), 425–437. <https://doi.org/10.1080/09537287.2018.1449244>
- de Souza Costa, I., Cardoso de Oliveira Neto, G., & Rodrigues Leite, R. (2020). How does the use of PPC tools/activities improve eco-efficiency? A systematic literature review. *Production Planning and Control*, 32(7), 526–548. <https://doi.org/10.1080/09537287.2020.1743890>
- Diener, D., & Tillman, A. (2016). Scrapping steel components for recycling—Isn't that good enough? Seeking improvements in automotive component end-of-life. *Resources, Conservation and Recycling*, 110, 48–60. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2016.03.001>
- Duarte, C., Alonso, S., Benito, G., Dachs, J., Montes, C., Pardo, M., Ríos, F., Simó, R., & Valladares, F. (2006). *Cambio global: Impacto de la actividad humana sobre el sistema Tierra*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- Flynn, A., & Hacking, N. (2019). Setting standards for a circular economy: A challenge too far for neoliberal environmental governance? *Journal of Cleaner Production*, 212, 1256–1267. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.11.257>
- García, S. (2016). Economía circular: la unión europea impulsa reformas sobre la base de un tema crucial, la gestión de residuos, con el fin de alcanzar mejoras económicas y medioambientales. *Actualidad Jurídica Ambiental*, 57, 26–36.
- Gåvertsson, I., Milios, L., & Dalhammar, C. (2020). Quality Labelling for Re-used ICT Equipment to Support Consumer Choice in the Circular Economy. *Journal of Consumer Policy*, 43(2), 353–377. <https://doi.org/10.1007/s10603-018-9397-9>
- González, C. (2011). Empresas Socialmente Responsables y mercado verde internacional. *Economía Informa*, 366, 59–78.
- Hahladakis, J., & Iacovidou, E. (2018). Closing the loop on plastic packaging materials: What is quality and how does it affect their circularity? *Science of the Total Environment*, 630, 1394–1400. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.02.330>
- Hai-yan, A., & Cui-xia, L. (2009). Synthetic Evaluation on the Development of Agricultural Circular Economy Based on the Principal Component Analysis: A Case of Tailai County in Heilongjiang Province. *2009 International Conference on Management Science and Engineering—16th Annual Conference Proceedings*, 998–1003. <https://doi.org/10.1109/ICMSE.2009.5318192>
- Hotta, Y., Visvanathan, C., Kojima, M., & Pariatamby, A. (2016). Developing 3R policy indicators for Asia and the Pacific region: experience from Regional 3R Forum in Asia and the Pacific. *Journal of Material Cycles and*

- Waste Management*, 18(1), 22–37. <https://doi.org/10.1007/s10163-015-0442-3>
- Iacovidou, E., Velenturf, A., & Purnell, P. (2019). Quality of resources: A typology for supporting transitions towards resource efficiency using the single-use plastic bottle as an example. *Science of the Total Environment*, 647, 441–448. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.344>
- Johansson, N., & Forsgren, C. (2020). Is this the end of end-of-waste? Uncovering the space between waste and products. *Resources, Conservation and Recycling*, 155, 1–2. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104656>
- Juran, J. M., & De Feo, J. A. (2010). *Juran's Quality Handbook: The Complete Guide to Performance Excellence* (6th ed.). McGraw-Hill.
- Kuah, A., & Wang, P. (2020). Circular economy and consumer acceptance: An exploratory study in East and Southeast Asia. *Journal of Cleaner Production*, 247, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119097>
- Li, J., & Yu, K. (2011). A study on legislative and policy tools for promoting the circular economic model for waste management in China. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 13(2), 103–112. <https://doi.org/10.1007/s10163-011-0010-4>
- Lieder, M., Asif, F., Rashid, A., Mihelič, A., & Kotnik, S. (2017). Towards circular economy implementation in manufacturing systems using a multi-method simulation approach to link design and business strategy. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 93(5–8), 1953–1970. <https://doi.org/10.1007/s00170-017-0610-9>
- Lindkvist, L., & Sundin, E. (2020). Supporting design for remanufacturing—A framework for implementing information feedback from remanufacturing to product design. *Journal of Remanufacturing*, 10(1), 57–76. <https://doi.org/10.1007/s13243-019-00077-4>
- Liu, L., Liang, Y., Song, Q., & Li, J. (2017). A review of waste prevention through 3R under the concept of circular economy in China. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 19(4), 1314–1323. <https://doi.org/10.1007/s10163-017-0606-4>
- Luciano, A., Reale, P., Cutaia, L., Carletti, R., Pentassuglia, R., Elmo, G., & Mancini, G. (2020). Resources Optimization and Sustainable Waste Management in Construction Chain in Italy: Toward a Resource Efficiency Plan. *Waste and Biomass Valorization*, 11, 5405–5417. <https://doi.org/10.1007/s12649-018-0533-1>
- Masi, D., Kumar, V., Garza, J., & Godsell, J. (2018). Towards a more circular economy: exploring the awareness, practices, and barriers from a focal firm perspective. *Production Planning and Control*, 29(6), 539–

550. <https://doi.org/10.1080/09537287.2018.1449246>
- Milios, L., & Matsumoto, M. (2019). Consumer Perception of Remanufactured Automotive Parts and Policy Implications for Transitioning to a Circular Economy in Sweden. *Sustainability, 11*(22), 6264. <https://doi.org/10.3390/su11226264>
- Nandi, S., Hervani, A., & Helms, M. M. (2020). Circular Economy Business Models -Supply Chain perspectives. *IEEE Engineering Management Review, 48*(2), 193–201. <https://doi.org/10.1109/EMR.2020.2991388>
- Olaru, M., Maier, D., Nicoară, D., & Maier, A. (2014). Establishing the basis for development of an organization by adopting the integrated management systems: comparative study of various models and concepts of integration. *Procedia-Social and Behavioral Sciences, 109*, 693–697. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.12.531>
- Ortiz, I., Torreiro, Y., Molina, G., Maroño, M., & Sánchez, J. M. (2019). A Feasible Application of Circular Economy: Spent Grain Energy Recovery in the Beer Industry. *Waste and Biomass Valorization, 10*(12), 3809–3819. <https://doi.org/10.1007/s12649-019-00677-y>
- Paes, L., Bezerra, B., Deus, R., Jugend, D., & Battistelle, R. (2019). Organic solid waste management in a circular economy perspective – A systematic review and SWOT analysis. *Journal of Cleaner Production, 239*, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118086>
- Pamfilie, R., Firoiu, D., Croitoru, A. G., & Ioan Ionescu, G. H. (2018). Circular economy—a new direction for the sustainability of the hotel industry in romania? *Amfiteatru Economic, 20*(48), 388–404. <https://doi.org/10.24818/EA/2018/48/388>
- Rigamonti, L., Biganzoli, L., & Grosso, M. (2019). Packaging re-use: a starting point for its quantification. *Journal of Material Cycles and Waste Management, 21*(1), 35–43. <https://doi.org/10.1007/s10163-018-0747-0>
- Roithner, C., & Rechberger, H. (2020). Implementing the dimension of quality into the conventional quantitative definition of recycling rates. *Waste Management, 105*, 586–593. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.02.034>
- Rosas Baños, M., & Gámez Anaya, A. L. (2019). Prevención de la generación de residuos en el marco de una economía ecológica y solidaria: un análisis del manejo de residuos en los municipios de México. *Sociedad y Ambiente, 21*, 7–31. <https://doi.org/10.31840/sya.v0i21.2036>
- Rusinko, C. (2005). Using Quality Management as a Bridge to Environmental Sustainability in Organizations. *International Journal of Sustainability in Higher Education, 6*(4), 340–350. <https://doi.org/10.1108/14676370510623838>

- Sakai, S. I., Yano, J., Hirai, Y., Asari, M., Yanagawa, R., Matsuda, T., Yoshida, H., Yamada, T., Kajiwara, N., Suzuki, G., Kunisue, T., Takahashi, S., Tomoda, K., Wuttke, J., Mährlitz, P., Rotter, V. S., Grosso, M., Astrup, T., Cleary, J., ... Moore, S. (2017). Waste prevention for sustainable resource and waste management. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 19(4), 1295–1313. <https://doi.org/10.1007/s10163-017-0586-4>
- Sakai, S. I., Yoshida, H., Hirai, Y., Asari, M., Takigami, H., Takahashi, S., Tomoda, K., Peeler, M. V., Wejchert, J., Schmid, T., Douvan, A., Hathaway, R., Hylander, L., Fischer, C., Oh, G., Jinhui, L., & Chi, N. (2011). International comparative study of 3R and waste management policy developments. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 13(2), 86–102. <https://doi.org/10.1007/s10163-011-0009-x>
- Sanguino, R., Barroso, A., Fernández-Rodríguez, S., & Sánchez-Hernández, M. I. (2020). Current trends in economy, sustainable development, and energy: a circular economy view. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(1), 1–7. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-07074-x>
- Shen, B., Cao, Y., & Xu, X. (2020). Product line design and quality differentiation for green and non-green products in a supply chain. *International Journal of Production Research*, 58(1), 148–164. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1656843>
- Shen, Y., & Chen, B. (2016). A Novel Macro Micro Economic Index Prediction Model Based on the High Dimensional Data Fitting and Logistic Regression. *Revista Tecnica de La Facultad de Ingenieria Universidad del Zulia*, 39(12), 12–22. <https://doi.org/10.21311/001.39.12.02>
- Sinclair, M., Sheldrick, L., Moreno, M., & Dewberry, E. (2018). Consumer Intervention Mapping—A Tool for Designing Future Product Strategies within Circular Product Service Systems. *Sustainability*, 10(6), 2088. <https://doi.org/10.3390/su10062088>
- Singh, J., Sung, K., Cooper, T., West, K., & Mont, O. (2019). Challenges and opportunities for scaling up upcycling businesses – The case of textile and wood upcycling businesses in the UK. *Resources, Conservation and Recycling*, 150, 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104439>
- Singhal, D., Jena, S. K., & Tripathy, S. (2019). Factors influencing the purchase intention of consumers towards remanufactured products: a systematic review and meta-analysis. *International Journal of Production Research*, 57(23), 7289–7299. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1598590>
- Smol, M., Adam, C., & Preisner, M. (2020). Circular economy model framework in the European water and wastewater sector. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 22(3), 682–697.

- <https://doi.org/10.1007/s10163-019-00960-z>
- Steinmann, Z., Huijbregts, M., & Reijnders, L. (2019). How to define the quality of materials in a circular economy? *Resources, Conservation and Recycling*, *141*, 362–363. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.10.040>
- Storino, F., Plana, R., Usanos, M., Morales, D., Aparicio-Tejo, P. M., Muro, J., & Irigoyen, I. (2018). Integration of a Communal Henhouse and Community Composter to Increase Motivation in Recycling Programs: Overview of a Three-year Pilot Experience in Noáin (Spain). *Sustainability*, *10*(3), 690. <https://doi.org/10.3390/su10030690>
- Strothman, P., & Sonnemann, G. (2017). Circular economy, resource efficiency, life cycle innovation: same objectives, same impacts? *International Journal of Life Cycle Assessment*, *22*(8), 1327–1328. <https://doi.org/10.1007/s11367-017-1344-5>
- Tsilivannis, C. (2020). Prognosis of product take-back for enhanced remanufacturing. *Journal of Remanufacturing*, *10*(1), 15–42. <https://doi.org/10.1007/s13243-019-00071-w>
- Urbinati, A., Unal, E., Y Chiaroni, D. (2018). Framing the Managerial Practices for Circular Economy Business Models: A Case Study Analysis. *Proceedings of 2018 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2018 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe*, 1–7. <https://doi.org/10.1109/EEEIC.2018.8493650>
- Vaneekhaute, C. (2019). Towards Quality by Design and process analytical technology for enhanced nutrient recovery from wastewaters. *Npj Clean Water*, *2*(1), 1–5. <https://doi.org/10.1038/s41545-019-0038-x>
- Vogtlander, J., Scheepens, A., Bocken, N., & Peck, D. (2017). Combined analyses of costs, market value and eco-costs in circular business models: eco-efficient value creation in remanufacturing. *Journal of Remanufacturing*, *7*(1), 1–17. <https://doi.org/10.1007/s13243-017-0031-9>
- Wang, C., Chen, K., & Tan, K. (2019). Lean Six Sigma applied to process performance and improvement model for the development of electric scooter water-cooling green motor assembly. *Production Planning and Control*, *30*(5–6), 400–412. <https://doi.org/10.1080/09537287.2018.1501810>
- Wen, D., Li, J., & Xiao, T. (2019). Impact of quality regulation policy on performance of a remanufacturing supply chain with non-waste returns. *International Journal of Production Research*, *57*(11), 3678–3694. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1553316>
- Wichai-utcha, N., & Chavalparit, O. (2019). 3Rs Policy and plastic waste management in Thailand. *Journal of Material Cycles and Waste*

*Management*, 21(1), 10–22. <https://doi.org/10.1007/s10163-018-0781-y>

Xueying, T., & Panke, N. (2016). Countermeasures and Support Environment for the Development of the Non-governmental Economy in Suzhuo, China. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*, E5, 37–49.

Yadav, G., Luthra, S., Huisingh, D., Mangla, S., Narkhede, B., & Liu, Y. (2020). Development of a lean manufacturing framework to enhance its adoption within manufacturing companies in developing economies. *Journal of Cleaner Production*, 245, 118726. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118726>

Yong, R. (2007). The circular economy in China. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 9(2), 121–129. <https://doi.org/10.1007/s10163-007-0183-z>

Zorpas, A. (2016). Sustainable waste management through end-of-waste criteria development. *Environmental Science and Pollution Research*, 23(8), 7376–7389. <https://doi.org/10.1007/s11356-015-5990-5>

Zorpas, A. (2020). Strategy development in framework of waste management. *Science of the Total Environment*, 716, 131078. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137088>