

Panorama internacional de la economía circular a través del análisis de la producción científica y tecnológica

Gloria Aponte

gloriam.aponte@gmail.com

Universidad Católica Andrés Bello, Caracas, Venezuela

Resumen

El objetivo de este artículo es presentar un análisis sobre las tendencias internacionales relacionadas con la economía circular, mediante el estudio de la literatura publicada en los últimos veinte años (2001-2021), tomando en cuenta los artículos científicos y las solicitudes de patentes a nivel internacional; así como también algunas de las principales fuentes de información a nivel internacional como informes de la Comisión Europea, Organización de las Naciones Unidas y la Ellen MacArthur Foundation. Se utilizó la técnica de revisión bibliográfica y el análisis bibliométrico para obtener las tendencias. Entre los principales resultados obtenidos se tiene que la economía circular está caracterizada por una variedad de definiciones cuya base principal está centrada en tres principios: Eliminar residuos y contaminación desde el diseño, mantener los productos y materiales en uso y regenerar los sistemas naturales. La tendencia de publicaciones así como de las solicitudes de patentes en el periodo analizado, es creciente acelerada sobre todo en los últimos cinco años y los países líderes con mayor cantidad de publicaciones son China, países europeos, India, Australia, Brasil se destaca en Latinoamérica. Con respecto a las áreas de I&D, estas están enfocadas hacia el reciclado y principalmente hacia el reuso de metales, de materiales de construcción, de materia orgánica y de los residuos de los tratamientos de agua. En cuanto a las tecnologías de acuerdo a las solicitudes de patentes, China también lidera ese sector.

Palabras clave: Economía Circular, Tendencias, Producción Científica y Tecnológica.

International overview of the circular economy through the analysis of scientific and technological production

Abstract

The objective of this article is to present an analysis of international trends related to the circular economy, through the study of the literature published in the last twenty years (2001-2021), taking into account scientific articles and patent applications at the international level. international; as well as some of the main sources of information at the international level such as reports from the European Commission, the United Nations Organization and the Ellen MacArthur Foundation. The literature review technique and bibliometric analysis were used to obtain trends. Among the main results obtained, the circular economy is characterized by a variety of definitions whose main basis is centered on three principles: Eliminate waste and pollution by design, keep products and materials in use, and regenerate natural systems. The trend of publications as well as of patent applications in the analyzed period, is growing rapidly, especially in the last five years and the leading countries with the largest number of publications are China, European countries, India, Australia, Brazil stands out in Latin America. . Regarding the R&D areas, these are focused on recycling and mainly on the reuse of metals, construction materials, organic matter and waste from water treatment. In terms of technologies according to patent applications, China also leads that sector.

Keywords: Circular Economy, Trends, Scientific and Technological Production.

Panorama internacional da economia circular por meio da análise da produção científica e tecnológica

Resumo

O objetivo deste artigo é apresentar uma análise das tendências internacionais relacionadas à economia circular, por meio do estudo da literatura publicada nos últimos vinte anos (2001-2021), tomando em consideração artigos científicos e pedidos de patentes em nível internacional; como também algumas das principais fontes de informação a nível internacional, como relatórios da Comissão Europeia, da Organização das Nações Unidas e da Fundação Ellen MacArthur. A técnica de revisão de literatura e análise bibliométrico foram utilizadas para obter as tendências. Entre os principais resultados obtidos, temos que a economia circular é caracterizada por uma variedade de definições cuja base principal está centrada em três princípios: Eliminar resíduos e poluição desde o design, manter produtos e materiais em uso e regenerar sistemas naturais. A tendência de publicações, bem como de pedidos de patentes no período analisado, está crescendo rapidamente, principalmente nos últimos cinco anos e os principais países com maior número de publicações são China, países europeus, Índia, Austrália, Brasil destaca-se na América Latina. No que diz respeito às áreas de I&D, estas centram-se na reciclagem e principalmente na reutilização de metais, de materiais de construção, de matéria orgânica e de resíduos de tratamentos de água. Em termos de tecnologias de acordo com os pedidos de patentes, a China também lidera esse setor.

Palavras-chave: Economia Circular, Tendências, Produção Científica e Tecnológica.

I. INTRODUCCIÓN

En la sociedad actual, el sistema de producción vigente se basa principalmente en un proceso lineal de consumo de recursos; donde los bienes son producidos a partir de las materias primas, luego vendidos, utilizados y finalmente desechados como residuos, lo que ocasiona no solo el agotamiento de los recursos naturales sino también la generación de toneladas de basura [1]. Se estima que alrededor del 40 % de los residuos plásticos no se destina a vertederos controlados o a instalaciones de reciclaje y entre 4,8 y 12,7 millones de toneladas de tales residuos acaban en los océanos cada año como basura marina o partículas de microplástico. [2].

La economía circular es una alternativa de producción y consumo que trata de fomentar el uso de los recursos de manera más eficiente y con una visión protectora del medioambiente. La transición desde una economía lineal hacia una economía circular está directamente asociada con el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) del Acuerdo de París y la Agenda 2030. La aplicación de

estrategias de economía circular en cinco de los sectores industriales más importantes (acero, cemento, plástico, alimentos y aluminio) podría reducir las emisiones mundiales derivadas de la producción de materiales clave en un 40 %, lo que equivale a 3.700 millones de toneladas en el 2050 [3].

En ese sentido el desarrollo de la economía circular es global y está impulsado, fundamentalmente, por actores privados; cuyos principales impulsores del cambio son los avances tecnológicos importantes que disocian el crecimiento económico del consumo de recursos naturales, en particular los combustibles fósiles [4]. Los avances tecnológicos que impulsan hacia una economía circular están estrechamente relacionados con la denominada cuarta revolución industrial, ya que dentro de las soluciones a las que se refiere la economía circular están las tecnologías digitales, tales como las aplicaciones de *block chain*, impresión 3D, automatización, *cloud computing*, y *big data* que se encuentran en la denominada industria 4.0 [5]. Estas tecnologías son consideradas claves para los modelos de negocio circulares ya que permiten utilizar los flujos de información y los

análisis de datos para reducir la generación de residuos y cerrar los ciclos de materiales mediante la reutilización y el reciclaje y la adopción de procesos de fabricación más eficientes y de logística inversa.

En este artículo se presenta un análisis del concepto de la economía circular, así como los sectores industriales con mayor oportunidad de inversión y un panorama internacional sobre la evolución de la economía circular mediante el análisis de las publicaciones científicas y tecnológicas en los últimos veinte años.

II. METODOLOGÍA

Esta investigación se llevó a cabo utilizando la técnica de revisión bibliográfica con la finalidad de seleccionar los artículos más relevantes relacionados con el área de estudio. Adicionalmente se utilizó la técnica de análisis bibliométrico que permitió obtener y analizar las tendencias de publicaciones científicas y tecnológicas más importantes en el área. Se utilizó la base de datos Lens.org, que es un sistema de información de bases de datos que indiza un total de 243.678.281 trabajos académicos y 136.374.361 patentes provenientes de 95 países, que incluye las principales oficinas de patentes del mundo [6].

Para la obtención de la información relacionada con el tema de economía circular se utilizó la frase "economía circular", en inglés "circular economy" restringida al periodo 2001-2021. Para el caso de las publicaciones científicas se acotó a las publicaciones de artículos y la búsqueda se realizó en los campos: Título (TI), Resumen (AB), Palabras clave (KW), y Área de Estudio; mientras que para las patentes de invención se limitó a las solicitudes de patentes publicadas y a los campos de búsqueda título (TI), Resumen (AB) y Reivindicaciones (Claims). Para la obtención de las tendencias de publicación se utilizó la herramienta "Analysis" de la base de datos Lens.org.

III. EVOLUCIÓN DEL CONCEPTO DE ECONOMÍA CIRCULAR

El concepto de economía circular surge en la década de los años 70 con la idea de reducir el consumo de

materias primas en los procesos de producción industrial y que pueda ser potencialmente aplicable a cualquier recurso [4]. A finales de dicha década, Stahel y Reday conceptualizaron una economía cíclica que podría estar en capacidad de limitar el desperdicio, aumentar el empleo y asegurar la eficiencia de los recursos naturales [7]. La economía circular propone un cambio de paradigma de la economía lineal con base en la "extracción-producción-disposición" que utiliza recursos naturales y energía para producir bienes y servicios que finalmente se convierten en desechos [8]. El sistema de economía abierta se convierte en un sistema circular cuando se considera la relación entre el uso de recursos y los residuos del sistema; esto implica que la cantidad de residuos generados en cualquier período debe ser igual a la cantidad de recursos agotados [9].

Estudios realizados por Ghisellini, Cialani & Ulgiati [10], atribuyen el concepto de economía circular a los economistas Pierce y Turner en 1989, quienes exponen que los recursos naturales pueden influir en la economía al proporcionar insumos para la producción y el consumo, así como productos en la forma de residuos. Existe una diversidad de definiciones acerca de la economía circular; en un estudio realizado por Kirchherr, Reike & Hekkert [11], presentan un análisis de la literatura publicada al respecto y logran determinar 114 definiciones relacionadas con dicho término; lo cual es un indicador de la diversidad de definiciones que han utilizado los autores para referirse a la economía circular. También señalan que la definición más utilizada es la de la Fundación Ellen MacArthur, la cual se refiere a la economía circular como "un sistema industrial restaurador o regenerativo por su intención y diseño. Reemplaza el concepto de "fin de vida" por restauración, se desplaza hacia el uso de energías renovables, elimina el uso de productos químicos tóxicos, que perjudican la reutilización, y tiene como objetivo la eliminación de residuos a través del diseño superior de materiales, productos, sistemas y, dentro de este, modelos de negocio"(p.7).

La organización Ellen MacArthur Foundation [12], se refiere a una economía industrial en el que los flujos

de material siguen circulando a un ritmo elevado sin entrar en la biosfera a menos que sean nutrientes biológicos. Una economía industrial que es restauradora por intenciones tiene como objetivo depender de la energía renovable; minimiza, rastrea y elimina el uso de productos químicos tóxicos; y erradica los desechos mediante un diseño cuidadoso "Una economía que proporciona múltiples mecanismos de creación de valor que están desacoplados del consumo de recursos finitos. En una economía circular, el crecimiento viene "desde adentro", aumentando el valor derivado de estructuras económicas, productos y materiales existentes [13].

También la Agencia Ambiental Francesa (ADEME, por sus siglas en francés), define la economía circular como un sistema económico de intercambio y producción destinado a aumentar la eficiencia del uso de recursos en todas las etapas del ciclo de vida de los productos (incluyendo bienes y servicios) [14]. Uno de los objetivos principales de la Economía

Circular es evitar, en la medida de lo posible, la generación del último desperdicio que pueda salir de los procesos de producción. Tal como se muestra en la Figura 1, el ciclo debe permanecer cerrado de manera que todo lo que sea producido a través de la actividad económica debe ser transferido a otro proceso para que sea reutilizado [15]. También muestra que la economía circular no solo debe ser considerada desde la perspectiva de residuos, sino también desde una perspectiva general, incluyendo nuevas técnicas de diseño, hábitos de consumo, economía colaborativa, etc.

La manera de utilizar los recursos en la economía circular, reduce el impacto en el medio ambiente sin afectar, y en ocasiones incluso mejora el bienestar de las personas. La transición a una economía más circular, implica no solamente beneficios medioambientales, sino también reasignaciones de empleo entre actividades intensivas en materiales y nuevas "eco-actividades" [4].



Figura 1: Principios de la economía circular
Fuente: ADEME (2016)

Hasta los momentos se han publicado numerosos estudios relacionados con la economía circular; sin embargo, todavía no representa un modelo económico ya que es un tema que sigue siendo muy debatido por los economistas y la academia. En ese sentido, algunas de las visiones más optimistas ven a la economía circular con un potencial de beneficio mutuo para las tres dimensiones del desarrollo sostenible: económico, medioambiental y social [16]. Idealmente, los flujos físicos de materiales y la energía recuperada en el modelo economía circular permitiría reducir el uso de nuevos materiales vírgenes, insumos energéticos,

costos de gestión de residuos y su producción, entre otros [17]. Por lo tanto, se obtendría una gran cantidad de beneficios en cascada, desde la reducción de los costos de materias primas y energía, hasta la diversificación de la reutilización a lo largo de la cadena de valor [18].

El concepto de economía circular no se remonta a una sola fecha o autor, sino a diferentes escuelas de pensamiento, las cuales han desarrollado y perfeccionado dicho concepto [19]. En la Tabla I se presenta un resumen de los diferentes modelos sobre economía circular, principales características y sus respectivos autores.

Tabla I: Modelos de economía circular

Autor/año	Modelo	Características del modelo
John Lyle/1970	Diseño Regenerativo	Todos los sistemas, a partir de la agricultura, podría ser organizado de forma regenerativa. En otras palabras, que los procesos por sí mismos se renueven o regeneren las fuentes de energía y de materiales que consumen
Walter Stahel; Genevieve Reday/1976	Economía del Rendimiento	Los objetivos de este modelo: la extensión de la vida del producto, los bienes de larga duración, las actividades de reacondicionamiento y la prevención de residuos.
Bill Mollison y David Holmgren/1978	Permacultura	Diseño consciente y mantenimiento de ecosistemas agrícolas productivos, que imitan los patrones y las relaciones de la naturaleza, mientras suministran el alimento, fibras y energía para satisfacer las necesidades locales.
Frosch and Gallopoulos/1989	Ecología Industrial	El objetivo es crear procesos de circuito cerrado en el que los residuos sirven de entrada para otro proceso, eliminando la noción de un subproducto no aprovechable. A este marco de trabajo se le denomina a veces «ciencia de la sostenibilidad», por su carácter interdisciplinario y porque sus principios pueden aplicarse también en el sector de los servicios. Con un énfasis en la restauración del capital natural, la ecología industrial también se centra en el bienestar social.
Michael Braungart; Bill McDonough/90	Cradel to CradleTM (de la cuna a la cuna)	Todo material involucrado en procesos industriales y comerciales son nutriente, de los cuales hay dos categorías principales: técnicas y biológicas. Se centra en el diseño de la eficacia en términos de productos con impacto positivo y la reducción de los impactos negativos del comercio a través de la eficiencia.
Paul Hawken, Amory Lovins y L. Hunter Lovins/1999	Capitalismo Natural	Se refiere a las reservas mundiales de activos naturales, incluidos el suelo, el aire, el agua y todos los seres vivos. Sus cuatro principios son: Incrementar radicalmente la productividad de los recursos naturales; Cambiar a modelos y materiales de producción inspirados biológicamente; Avanzar hacia un modelo de negocio basado en "servicio y flujo" y Reinvertir en el capital natural
Janine Benyus/2009	Biomímesis	Es una nueva disciplina que estudia las mejores ideas de la naturaleza y luego imita estos diseños y procesos para resolver problemas humanos. Se basa en tres principios fundamentales: la naturaleza como modelo, medida y mentor.
Movimiento de código abierto Impulsada por Gunter Pauli en 2012	Economía Azul	Este modelo insiste en soluciones que están determinadas por su entorno local y las características físicas y ecológicas, haciendo hincapié en la gravedad como principal fuente de energía.

Fuente: Elaborado por la autora a partir de: Ellen Macarthur Foundation [20] y Holmgren [21]

En resumen, la economía circular tiene como objetivo redefinir el crecimiento, centrándose en los beneficios positivos para toda la sociedad; ello implica desacoplar gradualmente la actividad económica del consumo de recursos finitos y eliminar los desechos del sistema. Al mismo tiempo, requiere estar respaldada por una transición a fuentes de energía renovables; el modelo circular genera

capital económico, natural y social. El modelo de economía circular se basa en tres principios: eliminar residuos y contaminación desde el diseño, mantener los productos y materiales en uso y regenerar los sistemas naturales. En la Figura 2 se muestra el esquema de la economía circular que ha desarrollado la Fundación Ellen MacArthur [22].

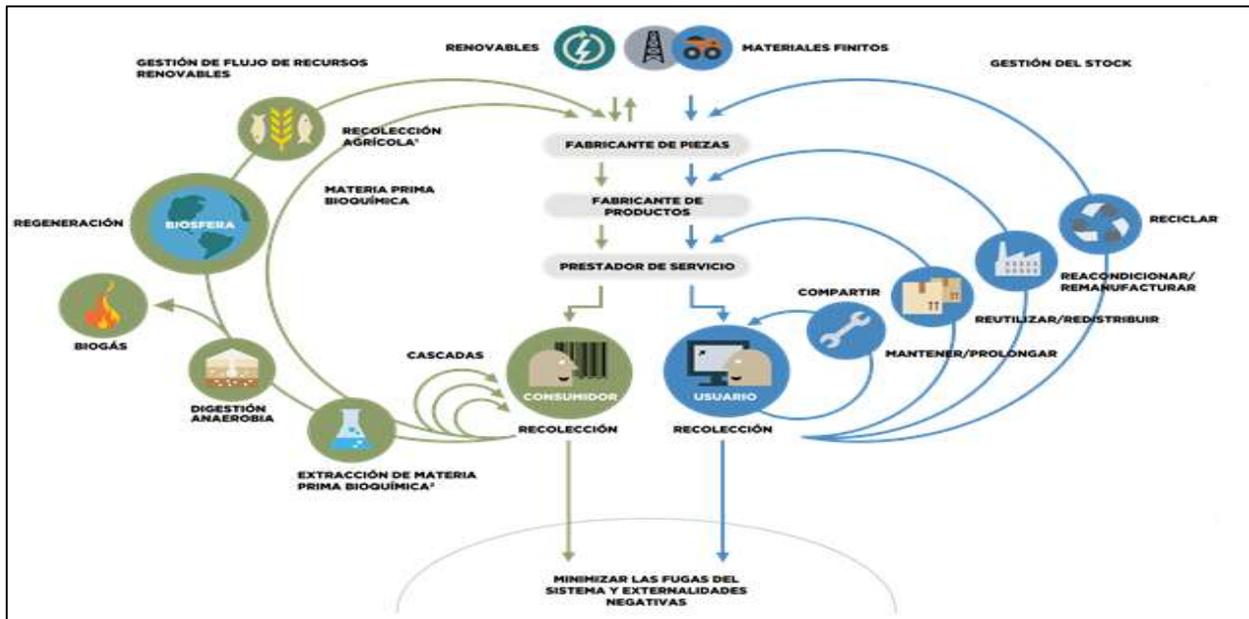


Figura 2: Diagrama de economía circular
Fuente: Ellen MacArthur Foundation [22]

IV. SECTORES CON MAYOR OPORTUNIDAD DE INVERSIÓN EN ECONOMÍA CIRCULAR

Tras el inicio de la pandemia, en el año 2020, provocada por el virus COVID 19, los gobiernos de los países industrializados tienen a disposición billones de dólares para estimular la economía de sus países; ahora tienen en sus manos tomar las mejores decisiones para realizar la inversión de esos fondos. En ese sentido, algunos gobiernos están aprovechando esta oportunidad para estimular un cambio en sus sistemas de tal manera que les permita construir resiliencia a largo plazo y al mismo tiempo los conduzca a una transición hacia una economía próspera y baja en emisiones de carbono. Según estudios realizados por la Ellen MacArthur Foundation [23], los sectores con mayor potencial para lograr ese objetivo son los siguientes: entorno construido (asociado al entorno creado por el hombre que proporciona el escenario para la actividad humana) en las áreas de renovación y mejora de edificaciones, así como en la reutilización y reciclaje de materiales de construcción en infraestructura; movilidad, específicamente, en las áreas de infraestructura para movilidad multimodal y reacondicionamiento, reparación de

automóviles y reparación de infraestructura; envases de plástico específicamente en modelos negocios innovadores para la reutilización de envases de plástico e infraestructura para la recolección, clasificación y reciclaje de materiales plásticos; moda en lo relacionado con modelos de negocio sobre alquiler y venta de ropa usada y en infraestructura para recolección, clasificación y reciclaje de ropa y finalmente en el sector de alimentos, en cuanto a herramientas que permiten a los agricultores cambiar a la producción de agricultura regenerativa e infraestructura para la redistribución y valorización de la recolección de excedentes y subproductos alimentarios. En la Tabla II se muestran algunos aspectos a considerar para la recuperación de la inversión en estos cinco sectores.

Tabla II: Oportunidades en inversión circular

Sector	Área	Recuperación de la inversión	
Ambiente construido	Renovación y mejora de edificaciones	Cada euro invertido en las renovaciones con eficiencia energética puede dar un rendimiento de 5 euros en las finanzas públicas	La modernización de 2 millones de hogares con eficiencia energética podría crear casi 2 millones de nuevos puestos de trabajo
	Reutilización y reciclaje de materiales de construcción en infraestructura	Utilizar acero reciclado o reutilizado para la construcción de edificios podría generar hasta un 25% en material en ahorro de costos por tonelada de acero.	El procesamiento de agregados reciclados en comparación con vírgenes podría reducir las emisiones de GEI en aproximadamente 40%
Movilidad	Infraestructura para movilidad multimodal	Los sistemas de movilidad multimodal podrían traer USD 1,6 billones en beneficios en el 2030 para China, asumiendo que el 42% de todos los kilómetros recorridos fueron hechos por vehículos compartidos.	Los sistemas de movilidad multimodal podrían reducir las emisiones globales de CO2 en un 70% o 0,4 mil millones de toneladas de CO2 en el 2040
	Reacondicionamiento, reparación de automóviles e infraestructura	La re-manufactura de partes de vehículos podría aumentar los requerimientos de mano de obra calificada hasta en un 120%	Se espera que la cantidad de vehículos eléctricos en las carreteras aumente hasta casi 10 millones para finales del 2020 a medida que las ventas aumentan, a pesar de la pandemia.
Envases de plástico	Modelos negocios innovadores para la reutilización de envases de plástico	El reemplazo de solo el 20% de envases de plástico de un solo uso con alternativas reutilizables a nivel mundial ofrece una oportunidad económica por el valor de al menos USD 10 mil millones, mientras se ahorra alrededor de 6 millones toneladas de material.	El mercado de los envases retornables tiene un crecimiento proyectado desde USD 37 mil millones en 2018 a USD 59 mil millones para 2026 (en todas las industrias).
	Infraestructura para la recolección, clasificación y reciclaje de materiales plásticos	El procesamiento de reciclables puede soportar unos 20 veces más trabajos que el relleno sanitario y el en caso de los fabricantes de plástico 100 veces más haciendo uso de materiales reciclados.	La reducción del crecimiento en la producción y consumo de plástico puede evitar un tercio de la generación global de residuos plásticos para el 2040.
Moda	Modelos de negocio sobre alquiler y venta de ropa usada	La comparación entre comprar una prenda nueva y una de segunda mano se estima un ahorro promedio de 1 kg de residuos, 3.040 litros de agua y 22 kg de CO2.	El mercado de segunda mano está proyectado para alcanzar casi dos veces el tamaño de la moda rápida para 2029; con modelos de reventa se espera que impulse el aumento (crecimiento proyectado en 414% en los próximos cinco años)
	Infraestructura para recolección, clasificación y reciclaje de ropa	El valor perdido de los residuos de textil que ascienden a más de USD 100 mil millones anuales podría ser retenidos, mediante la captura y materiales de recirculación.	El 71% de los clientes expresan un mayor interés en modelos de negocio circular, como alquiler, reventa y remodelación, así como inversión en ropa de mayor calidad
Alimentos	Herramientas que permiten a los agricultores cambiar a la producción de agricultura regenerativa	Con un gasto de 78 a 116 mil millones de dólares anual para acelerar la adopción de cultivos regenerativo, podría ahorrar USD 2,3-3,5 billones en costos operativos durante todo el ciclo de vida.	El 72% de los europeos han reportado una mayor disposición para esforzarse en alimentarse de manera más saludable en el futuro
	Infraestructura para la redistribución y valorización de la recolección de excedentes y subproductos alimentarios	Se podría evitar 700 mil millones de dólares por concepto de costos causados por el desperdicio de alimentos creado en el sistema actual	Reducir el excedente de alimentos comestibles y aumentar el compostaje de subproductos no comestibles y residuos verdes podrían ahorrar 1.700 millones de toneladas de CO2 anualmente.

Fuente: Ellen MacArthur Foundation [23]

V. TENDENCIAS EN LA PRODUCCIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA

Para obtener las tendencias de publicación de los artículos científicos en el área de economía circular se utilizó la base de datos Leng.org donde se obtuvo un total de 11972 artículos publicados en el periodo 2011-2021. La evolución de las publicaciones sobre economía circular presenta una tendencia creciente acelerada a partir del año 2015 tal

como se observa en la Figura 3. Este es un indicador de la relevancia que ha venido adquiriendo este tema en el mundo científico y académico y sobre todo en los países desarrollados, específicamente en China, países de la Unión Europea y Estados Unidos, que han estado promoviendo el desarrollo de un futuro sostenible; así como también numerosas empresas que han introducido la economía circular como parte de sus procesos de

manufactura para ahorrar energía y uso de materia prima [24].

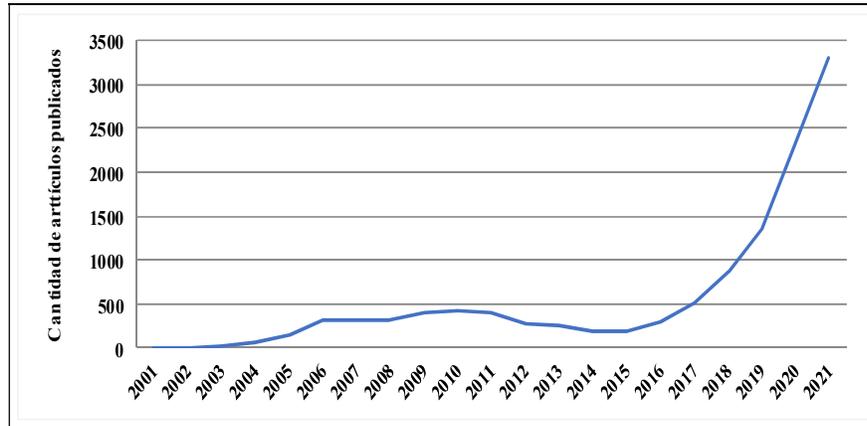


Figura 3: Evolución de las publicaciones
Fuente: elaboración propia

Es importante resaltar la presencia de Brasil por parte de la región de Latinoamérica y el liderazgo de China (ver Figura 4). Así mismo, con respecto a las principales instituciones que han estado realizando trabajos de investigación en el área, se observa que la Delft University of Technology, de los Países Bajos, y la Academia Nacional de Ciencias de

China son las que presentan la mayor cantidad de publicaciones (ver Figura 5). Estas instituciones han estado trabajando principalmente en las áreas de economía circular relacionadas con modelos de negocios, ciencias ambientales, sustentabilidad y desarrollo sostenible.

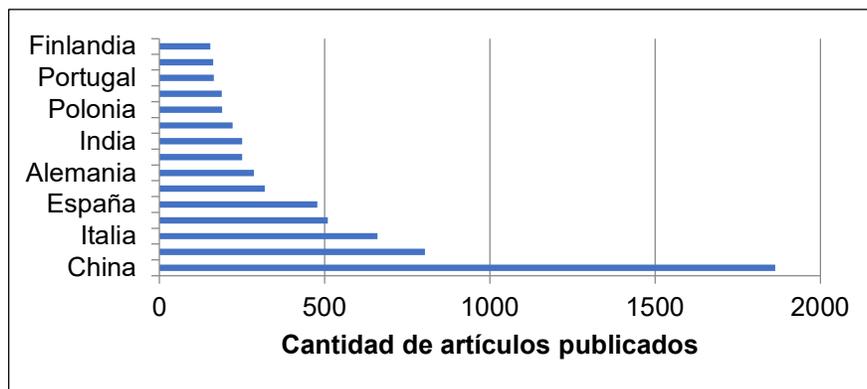


Figura 4: Países con mayor cantidad de publicaciones
Fuente: elaboración propia

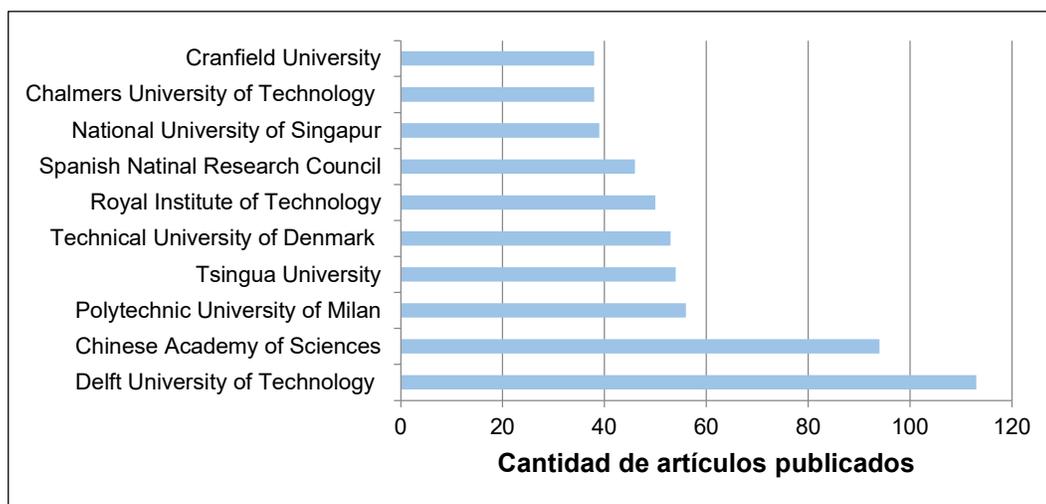


Figura 5: Principales instituciones.
Fuente: elaboración propia

Por otra parte, con respecto a los autores cuyos trabajos han tenido un mayor impacto, se observa que Seeram Ramakrishna (National University of Singapur) presenta la mayor cantidad de publicaciones en el área; sin embargo, el autor cuyos trabajos han tenido el mayor impacto, ya que posee la mayor cantidad de citas (3814) es Nancy

Bocken (Delft University of Technology); en la Tabla III se presentan los autores con mayor cantidad de publicaciones, así como los artículos con mayor relevancia de acuerdo a la cantidad de citas que presenta cada uno de ellos.

Tabla III: Principales autores en el área de economía circular

Autor	Institución/País	Cantidad de publicaciones	Citaciones totales	Artículo más citado/Cantidad de citas/año de publicación
Seeram Ramakrishna	National University of Singapur/Singapur	28	191	Death by waste: Fashion and textile circular economy case (59)/2020
Daniela Cristina Antelmi	Technical University of Denmark/Dinamarca	22	638	Business Model innovation for circular economy and sustainability: A review of approaches (221) /2019
Nancy Bocken	Delft University of Technology /Países Bajos	20	3814	The circular economy: a new sustainability paradigm (1918)/2017
Ana Beatriz Lopes de Sousa Jabbour	Montpellier Research in Management/ Francia	19	837	Industry 4.0 and the circular economy: a proposed research agenda and original roadmap for sustainable operations (308)/2018
Joseph Sarkis	Clark University/ Estados Unidos	18	1683	Towards a national circular economy indicator system in China: an evaluation and critical analysis (442)/2012

Fuente: elaboración propia

Con respecto a la actividad de patentamiento en el área de economía circular, se obtuvo una cantidad de 1294 solicitudes de patentes publicadas en el lapso 2001-2021 relacionadas con el término economía circular. Se observa

una tendencia creciente acelerada a partir del año 2007 (ver Figura 6); donde China es el país con un liderazgo absoluto en esta área como se observa en el Figura 7.

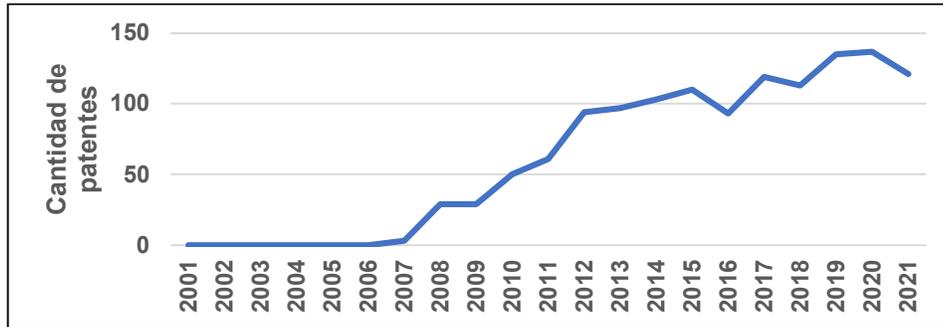
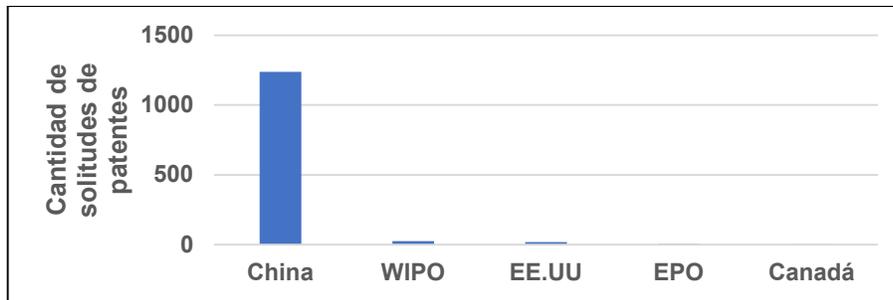


Figura 6: Evolución de las solicitudes de patentes.
Fuente: elaboración propia



WIPO: World International Property Organization; EPO: European Patent Office.
Figura 7: Principales países con solicitudes de patentes en economía circular.
Fuente: Elaboración propia

En cuanto a las principales instituciones con mayor cantidad de solicitudes de patentes en el área, se observa en la Figura 8 que en los tres primeros lugares se encuentran dos universidades chinas y una empresa de Estados Unidos. Ahora bien, con relación a las principales

áreas de investigación y desarrollo con mayor cantidad de patentes, principalmente están enfocadas a tecnologías para el reciclado, reuso, de metales, materiales de construcción, materia orgánica y tratamiento de aguas residuales (ver Tabla IV).

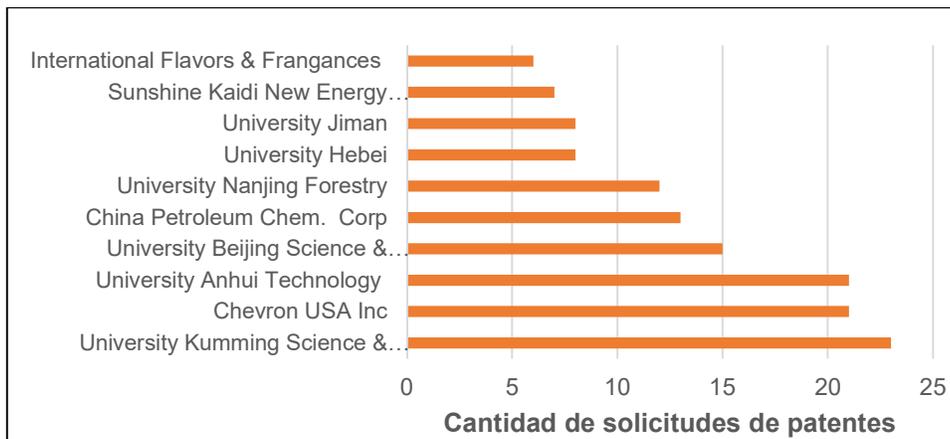


Figura 8: Principales instituciones con solicitudes de patentes en economía circular.
Fuente: Elaboración propia

Tabla IV: Principales áreas de I+D

Área de I+D	Cantidad de patentes
Tecnologías relacionadas con el procesamiento de metales: reciclaje	73
Tecnologías para reusar, reciclar o recuperar materiales de desecho como filtros para morteros o concreto	60
Procesamiento de fracciones bio-orgánicas; producción de fertilizantes a partir de la fracción orgánica de residuos o desperdicios	44
Tecnologías para la producción de combustibles a partir de desechos	34
Tratamiento multietapa de agua, aguas residuales o alcantarillado	28
Tecnologías para producir biocombustibles	27
Propiedades físicas de compuestos inorgánicos	23
Tecnologías para mejorar la eficiencia de los procesos en la industria química	22
Tecnologías relacionadas con la producción de cemento: métodos de mejora	22
Mezclas de uno o más fertilizantes con aditivos que no tengan una actividad especialmente fertilizante	21

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a lo relacionado con las tecnologías más relevantes representadas por aquellas solicitudes de patentes que han tenido la mayor cantidad de citas, las cuales se pueden observar en la Tabla V.

Tabla V: Tecnologías con mayor cantidad de citas

Tecnología/# de patente	Solicitante	Inventor	Cantidad de citas
Método de utilización de recursos para mezclar residuos de desechos industriales y residuos de desechos peligrosos /CN103274658A	Yu Kefu , Lu Kaiyu , Xie Yunding	Yu Kefu , Lu Kaiyu , Xie Yunding	40
Obtención de un Compuesto acondicionador para la remediación de la contaminación del suelo y método para su preparación/ CN101538469A	Inst of Soil and Fertilizer of	Qing uang , Shaohai Yang	35
Proceso para la preparación de hormigón en polvo activo mediante el uso de relaves de hierro/CN 102850011A	Beijing Building Materials Academy Sciences Res.	Zheng Yongchao, Lu Guozhong , Zhou Hong, Zhu Yanchen , Zheng Xuesong	34
Método para preparar carbón activo a partir de tallos de paja/CN101475165A	Univ Donghua	Bin Han, Meihua Zhou , Sifen Wu , Zhiguo hi , Yuanqing Wang, Da Rong	32
Matriz de paja y método de producción de la misma/ CN102010259A	Qianguo County Baihe Agricultural Dev Co Ltd, Qingyu Meng	Qingyu eng, Lirong Jiao	31

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en el resultado de las tendencias tanto de las publicaciones científicas como de las solicitudes de patentes en el área de economía circular, China es el país que presenta el liderazgo en ambos sectores. Sin embargo, en el sector de las publicaciones se observa la presencia de algunos de los países de la Unión Europea, Estados Unidos y Brasil, así como la India y Australia. Esta tendencia creciente en cuanto a las publicaciones y las patentes, en el caso de China también está sustentado por otras medidas de este país en otros sectores, como por ejemplo la aprobación de la Ley de Promoción de la Economía Circular en 2009 [25] y las medidas del país hacia el exterior como la Prohibición de la Importación de Residuos de 2018 que han tenido un gran impacto mundial incluyendo el desvío de flujos de residuos a otros países en desarrollo, las alteraciones en los precios del comercio mundial de la chatarra y un cuestionamiento general de las prácticas de reciclaje de los países desarrollados [25]. En cuanto a Europa, ha adoptado políticas como el Pacto Verde Europeo [26], su primer Plan de Acción para la Economía Circular y más de 60 estrategias y hojas de ruta de circularidad a nivel regional, nacional y local. Estos actores clave están sentando las bases de la transición, e invitan al resto de los países a seguir su ritmo [26].

VI. REFLEXIONES FINALES

Como se expuso en la primera parte de este trabajo, el concepto de economía circular no está representado por una sola definición y el mismo ha evolucionado a través de los años y ha sido desarrollado por diferentes autores; sin embargo, las características principales de un modelo de economía basado en la circularidad toma en cuenta, fundamentalmente, los aspectos de eliminar residuos y contaminación desde el diseño, mantener los productos y materiales en uso y regenerar los sistemas naturales. El auge de la economía circular en los últimos años está sustentado en la urgencia de disminuir la contaminación ambiental auspiciada por las emisiones de gases de invernadero, ya que una economía basada en la circularidad representaría una base firme para consolidar

un desarrollo sostenible de las ciudades y los países y por ende de la sociedad a nivel mundial, contribuyendo con el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible del Acuerdo de París y la Agenda 2030.

En cuanto a los sectores con mayor oportunidad en economía circular están representados por: el sector de la construcción enfocado principalmente hacia la renovación y mejora de edificaciones, reutilización y reciclaje de materiales de construcción en infraestructura y la infraestructura para movilidad multimodal; en el sector movilidad, centrado en la infraestructura para movilidad multimodal y reacondicionamiento, reparación de automóviles e infraestructura; la industria del plástico, hacia modelos negocios innovadores para la reutilización de envases de plástico, infraestructura para la recolección, clasificación y reciclaje de materiales plásticos; la industria de la moda, en modelos de negocio sobre alquiler y venta de ropa usada, infraestructura para recolección, clasificación y reciclaje de ropa y por último el sector de alimentos enfocado en las herramientas que permiten a los agricultores cambiar a la producción de agricultura regenerativa y en la infraestructura para la redistribución y valorización de la recolección de excedentes y subproductos alimentarios.

Con respecto al auge de la economía circular está reflejado en las publicaciones y en las solicitudes de patentes, donde se observa una tendencia creciente acelerada a partir del año 2015 para el caso de las publicaciones y desde el 2007 para el caso de las solicitudes de patentes. En cuanto a la producción de publicaciones, China es el líder en este sector, seguido de algunos países de la Unión Europea. Con respecto a las áreas de I&D, estas están enfocadas hacia el reciclado y principalmente hacia el reuso de metales, de materiales de construcción, de materia orgánica y de los residuos de los tratamientos de agua. El liderazgo de China, tanto en las publicaciones como en la solicitudes en economía circular, también está reflejado en la aprobación de la Ley de Promoción de la Economía circular en el año 2009 y en las medidas tomadas en el año

2018 relacionadas con el desvío de los flujos de residuos a otros países en desarrollo, así como las alteraciones en los precios de la chatarra. Por otra parte, en Europa, han estado respaldando la transición hacia una economía circular mediante la adopción de políticas como el Pacto Verde Europeo y una buena cantidad de estrategias y hojas de ruta de circularidad a nivel regional, nacional y local.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1]. Porcelli, A. y Martínez, A. (2018). Análisis legislativo del paradigma de la economía circular. Recuperado de: <https://www.scielo.br/j/rdgv/a/m7zRYc3BK8WXnCV4CHQyVyK/?format=pdf&lang=es>
- [2]. Worm, B.; Lotze, H.; Jubinville, I.; Wilcox, C. and Jambeck, J. (2017). Plastic as a Persistent Marine Pollutant. Recuperado de: <https://www.annualreviews.org/doi/pdf/10.1146/annurev-environ-102016-060700>
- [3]. Ellen MacArthur Foundation (2019a), Completing the Picture: How the Circular Economy Tackles Climate Change, Recuperado de: https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/Completing_The_Picture_How_The_Circular_Economy_-_Tackles_Climate_Change_V3_26_September.pdf
- [4]. Héry, M. and Malenfer, M. (2020). Development of a circular economy and evolution of working conditions and occupational risks—a strategic foresight study. *European Journal of Future Research*. Research. 8(8). Recuperado de: <https://doi.org/10.1186/s40309-020-00168-7>
- [5]. Chatham House (2020). La economía circular en América Latina y el Caribe Oportunidades para fomentar la resiliencia. Recuperado de: <https://www.chathamhouse.org/sites/default/files/2021-01/2021-01-13-spanish-circular-economy-schroder-et-al.pdf>
- [6]. Lens.org. Open Content Initiatives. Recuperado de: <https://www.lens.org/lens/collective-action/participate#leapInitiative>
- [7]. Zilia, F.; Bacenetti, J.; Sugni, M.; Matarazzo, A. and Orsi, L. (2021). From Waste to Product: Circular. *Economy Applications from Sea Urchin*. Recuperado de: <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/10/5427>

- [8]. Le Moigne, R. (2018). *L'économie circulaire: stratégie pour un monde durable*. Dunod, Paris.
- [9]. Andersen, M. (2007). An introductory note on the environmental economics of the circular economy. Recuperado de: <https://d3pcsg2wj9izr.cloudfront.net/files/6063/articles/15091/art12.pdf> *Sustain. Sci.* 2007, 2, 133–140
- [10]. Ghisellini, P.; Cialani, C.; Ulgiati, S. (2016). A review on circular economy: The expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *J. Clean. Prod.* 2016, 114, 1–47.
- [11]. Kirchherr, J.; Reike, D. & Hekkert, M. (2017). Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. Recuperado de: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0921344917302835?token=BCB90D3FE9FC13855EEDD0C9B01B313681EE50EF6BC9EE127A5C46B3A16F2F9A4A9914D9359208B20302DB7A001D9A0&originRegion=us-east-1&originCreation=20210711165139>
- [12]. Ellen Macarthur Foundation (2013). *Towards the Circular Economy*. Recuperado de: <https://emf.thirdlight.com/link/x8ay372a3r11-k6775n/@/preview/1?o>
- [13]. Ellen Macarthur Foundation (2015). *Delivering the circular economy a toolkit for policymakers* <https://emf.thirdlight.com/link/kewgovk138d6-k5kszv/@/preview/1?o>
- [14]. ADEME (2016). *Preventing wastes*. Recuperado de: https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/preventing-waste_overview2016_010312.pdf
- [15]. Stevens S. (2019) *Closing the loop on the circular economy. Sense & Sustainability*. Document downloadable at: <https://www.senseandsustainability.net/2019/03/07/closing-the-loop-on-the-circulareconomy/>
- [16]. Korhonen, J.; Honkasalo, A.; Seppälä, J. (2018). *Circular Economy: The Concept and its Limitations*. Elsevier 2018, 143, 37–46
- [17]. Korhonen, J.; Von Malmborg, F.; Strachan, P. & Ehrenfeld, J. (2004). *Management and Policy Aspects of Industrial Ecology: An Emerging Research Agenda*. *Bus. Strategy Environ.* 2004, 13, 289–305.
- [18]. Kalmykova, Y.; Sadagopan, M.; Rosado, L. (2018). *Circular economy—From review of theories and practices to development of implementation tools*. Elsevier 2018, 135, 190–201].
- [19]. Wautelet, H. (2018). *The Concept of Circular Economy: its Origins and its Evolution*. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/322555840_The_Concept_of_Circular_Economy_its_Origins_and_its_Evolution
- [20]. Ellen MacArthur Foundation (2017). *Schools of thought*. Recuperado de: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/concept/schools-of-thought>
- [21]. Holmgren, D. (2007). *La esencia de la permacultura*. Recuperado de: https://files.holmgren.com.au/downloads/Essence_of_Pc_ES.pdf
- [22]. Ellen Macarthur Foundation (2019b). *¿Qué es la economía circular?* Recuperado de: <https://foreoeconomicircular.com/la-economia-circular/>
- [23]. Ellen MacArthur Foundation (2020). *The circular economy: a transformative Covid-19 recovery strategy (2020)*. Recuperado de: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/publications/covid-19>
- [24]. Valavanidis, A. (2018). *Concept and Practice of the Circular Economy*. Recuperado de: <https://sharingcitiesalliance.knowledgeowl.com/help/concept-and-practice-of-the-circular-economy>.
- [25]. ONU (2021). *La economía circular: un modelo económico que lleva al crecimiento y al empleo sin comprometer el medio ambiente*. Recuperado de: <https://news.un.org/es/story/2021/03/1490082>
- [26]. Comisión Europea (2015). *COMUNICACIÓN DE LA COMISIÓN AL PARLAMENTO EUROPEO, AL CONSEJO, AL COMITÉ ECONÓMICO Y SOCIAL EUROPEO Y AL COMITÉ DE LAS REGIONES*. Recuperado de: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/HTML/?uri=CELEX:52015DC0614&from=EN>