

## TECNOLOGÍA: ENSAYO

### **Barreras y desafíos para el desarrollo de la economía circular: panorama de la producción científica y tecnológica internacional.**

Barriers and challenges for the development of the circular economy: panorama of international scientific and technological production.

**Edición Nº 39 – Diciembre de 2020**

Artículo Recibido: Octubre 08 de 2020

Aprobado: Noviembre 30 de 2020

#### **Autores**

Décio Estevão do Nascimento  
Doctor en Tecnología y Ciencias del Hombre, de la Université de Technologie de Compiègne (Francia) y Postdoctor en Políticas Científicas y Tecnológicas de la Unicamp. Profesor-investigador en el área de Procesos y Dinámicas de Territorialidad y Sostenibilidad, en la Universidade Tecnológica Federal de Paraná (UTFPR).  
Curitiba, Brasil.

<https://orcid.org/0000-0001-5902-6545>  
Correo electrónico: [decio@utfpr.edu.br](mailto:decio@utfpr.edu.br)

Marilia de Souza  
Doctora en Sciences Mécaniques de la Université de Technologie de Compiègne (Francia). Ejecutiva de los Observatorios del Sistema Federación de las Industrias del Estado de Paraná, conduce proyectos de investigación y prospectiva en el área de desarrollo sostenible, y Profesora-investigadora colaboradora en el área de la Planificación e Gobernanza Pública, en la Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).  
Curitiba, Brasil.

<https://orcid.org/0000-0002-5362-439X>  
Correo electrónico: [marilia.souza@sistemafiep.org.br](mailto:marilia.souza@sistemafiep.org.br)

#### **Resumen**

El objetivo del artículo es presentar una visión general de la discusión científica internacional sobre posibles barreras, tecnológicas y de otros tipos, para el desarrollo de la economía circular. En términos metodológicos, para análisis bibliométrico se consultó la Base Scopus, mientras que para la producción tecnológica se utilizó el portal de búsqueda Patentscope de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual. Como principales resultados, se infiere que los principales obstáculos en el camino de transición

de la economía actual, de carácter lineal, hacia la Economía Circular, son de diferente naturaleza e interdependientes. Los desafíos / barreras para la Economía Circular incluyen la aplicación de enfoques interdisciplinarios, con diferentes tecnologías y métodos, un esfuerzo por diseñar y ofrecer productos y servicios que satisfagan los intereses de un consumidor, un actor que necesita ser consciente del problema, la necesidad de desarrollar una cultura empresarial comprometida y, finalmente, la intervención gubernamental a través de la formulación de políticas para fomentar la adopción e implementación de tecnologías apropiadas.

**Palabras clave:** Economía circular; Bibliometría; Patentes; Agenda de investigación

### **Abstract**

The aim of the article is to present an overview of the international scientific discussion on possible barriers, to the development of the circular economy. In methodological terms, for the bibliometric survey the Scopus Base was consulted, while for the technological production the search portal Patentscope of the World Intellectual Property Organization was used. The main results express that the obstacles in the transition from the current linear economy to the Circular Economy are of different nature and interdependent. The challenges / barriers for the Circular Economy include the application of interdisciplinary approaches, with different technologies and methods, an effort to design and offer products and services that satisfy the interests of a consumer, an actor who needs to be aware of the problem. The need to develop a committed business culture and, finally, government intervention through the formulation of policies to encourage the adoption and implementation of appropriate technologies.

**Keywords:** Circular economy; Bibliometrics; Patents; Research Agenda

### **1. Introducción**

“Cada vez son más voces las que se suman para reclamar un cambio de modelo industrial que desvincule los ingresos del consumo de materias primas y que sea capaz de ofrecer sistemas económicos resilientes: a esto apunta la economía circular” (Porcelli y Martínez, 2018, p. 1069). La “Economía Circular es una estrategia sostenible, regenerativa y restauradora, que busca mantener los productos, componentes y materiales en su más alto nivel de utilidad y valor” (FIEP, 2019), con importantes impactos en las políticas

públicas. China, por ejemplo, ha tenido una economía circular desde 2012 como una estrategia importante para promover el desarrollo sostenible en el país. Este movimiento implica la construcción de un sistema industrial que permite el reciclaje de recursos, el uso económico de la energía, el agua, la tierra y el consumo ecológico; la construcción de un sistema agrícola que promueva la conservación y la reutilización de recursos, la producción limpia, la mejora del entorno ecológico de la China rural y la eficiencia de su agricultura; el desarrollo de la arquitectura y el transporte ecológicos; la transformación del sector de servicios a un modelo ecológico y bajo en carbono (China, 2012).

Asimismo, en el 2015 la Comisión Europea adoptó un plan de acción para apoyar, incluso financieramente, y acelerar la transición de Europa a la Economía Circular. El plan europeo está respaldado por 54 medidas que cubren la producción, el consumo, la gestión de residuos y el mercado de materias primas secundarias. Además, el plan prioriza cinco cadenas de valor: plásticos, desperdicio de alimentos, materias primas esenciales, construcción y demolición, así como biomasa y materiales biológicos. Todo ello en un contexto de cooperación entre países de la Unión Europea, empresas, institutos de investigación y ciudadanos (Comisión Europea, 2019).

En lo que respecta a América Latina, en los distintos países, existe un rumbo político que responde solo a una parte del alcance de lo que se entiende por Economía Circular, que es la preocupación por el reciclaje de residuos sólidos, con un importante sesgo social. Brasil y Chile son dos ejemplos que corroboran esta afirmación. En el año 2010, Brasil, mediante la Ley n° 12.305, del 2 de agosto de 2010, instituyó la Política Nacional de Residuos Sólidos, que reúne el conjunto de principios, objetivos, instrumentos, lineamientos, metas y acciones que deben adoptar los gobiernos federales, provinciales, municipales y privados, con miras a la gestión integral y ambientalmente adecuada de los residuos sólidos (Brasil, 2010). Chile, por su parte, instituyó, el 17 de mayo de 2016, un nuevo marco legal en materia de residuos y promoción del reciclaje, mediante la publicación de la Ley n° 20.920 de Promoción del Reciclaje y Responsabilidad Extendida al Producto, más conocida como Ley REP (Chile, 2016).

Sin embargo, se puede decir que esta región aún no ha logrado implementar políticas más estructuradas y estructurantes como las experiencias de China y Europa. Existe una gran movilización que busca una mayor discusión sobre el tema, a través de foros, congresos, muchos en el ámbito académico, otros promovidos por organizaciones del sector

productivo, como el programa CE100 Brasil. Iniciado en 2015, el CE100 Brasil busca promover “la colaboración y la innovación precompetitiva, reuniendo a actores claves de empresas, gobiernos, universidades y organizaciones afiliadas, [...] para la transición hacia la economía circular en Brasil” (Ellen MacArthur Foundation, 2017, p. 3). Otro ejemplo brasileño de movilización del sector productivo es la Federación de Industrias del Estado de Paraná (FIEP), que realizó un trabajo de inteligencia colectiva, involucrando a representantes de la industria, gobierno y universidades, en torno a la elaboración de una hoja de ruta para la Economía Circular hasta el año 2031 (FIEP, 2019). Es decir, en esta región, la Economía Circular busca diferentes formas e iniciativas para ocupar un lugar 0. En este contexto, el objetivo de este artículo es mirar el tema desde la perspectiva de la ciencia y la tecnología, trayendo un panorama de la producción científica, relacionada con barreras y/o desafíos, demandas y requerimientos tecnológicos para la Economía Circular, y tecnológica, desde el punto de vista de los depósitos de solicitudes de patentes vinculadas a la Economía Circular.

## **2. Procedimientos metodológicos**

Esta investigación se llevó a cabo utilizando diferentes procedimientos metodológicos. Se inició con un análisis bibliométrico en la base de datos Scopus. Con más de 25,100 títulos de más de 5,000 editoriales internacionales, Scopus ofrece una descripción completa de investigaciones en los campos de la ciencia, la tecnología, la medicina, las artes y las humanidades.

Para tener una visión general de la temática, inicialmente, se levantó información sobre la producción científica internacional enfocada en la Economía Circular. Se buscó información sobre la evolución de la producción científica, las principales instituciones productoras de conocimiento, los principales países y sobre las áreas de conocimiento involucradas en los estudios sobre Economía Circular. Para ello, se utilizó la consulta “economía circular” para buscar en títulos, resúmenes y palabras clave de publicaciones indexadas en la Base Scopus hasta el 6 de septiembre de 2020.

En esta misma fase, también se buscó recabar información sobre el desarrollo de tecnologías aplicadas a la Economía Circular, desde el punto de vista de las invenciones dirigidas a este ámbito. Ya que “los documentos de patente son una fuente de información tecnológica de suma utilidad para los inventores, investigadores, empresas y la tarea de formular políticas” (OMPI, 2020). En este caso se utilizó el motor de búsqueda

Patentscope de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI). En Patentscope, se realizó una búsqueda simple, el 6 de septiembre de 2020, en el campo “texto completo”, utilizando también la consulta “economía circular”. Este buscador permite acceder a información sobre (OMPI, 2020):

...solicitudes de patentes en virtud del Tratado de Cooperación en Materia de Patentes, el sistema mundial de patentes gestionado por la OMPI; los documentos de patente de las oficinas regionales de patentes participantes, incluida la Organización Regional Africana de la Propiedad Intelectual (ARIPO), la Organización Euroasiática de Patentes (EAPO) y la Oficina Europea de Patentes (OEP); y los documentos de patente de muchas de las colecciones de patentes nacionales, incluidas las de China, Japón, la República de Corea y los Estados Unidos de América.

En un segundo paso, en posesión de los datos recopilados en la primera fase, se realizó un cruce entre la información del título, las palabras clave y los resúmenes de las publicaciones más relevantes de la base de datos Scopus, según los criterios de clasificación de la propia base, y los resúmenes de los documentos de patente encontrados en el motor de búsqueda de Patentscope. El objetivo es verificar el grado de adherencia entre ambos e, indirectamente, inferir la existencia o no de barreras tecnológicas para la Economía Circular debido a una alineación o desalineación entre oferta y demanda de tecnologías para esta economía.

Como tercera fase de la investigación, se realizó un nuevo análisis bibliométrico en la base Scopus, el 7 de septiembre de 2020, con el objetivo de identificar publicaciones que discutieran el problema de las barreras tecnológicas para la Economía Circular. El objetivo era encontrar publicaciones que incluyeran en el título, resumen o palabras claves, expresiones que hicieran referencia a los desafíos, en principio de carácter tecnológico, para el desarrollo de la Economía Circular.

### **3. Presentación y discusión de resultados**

En este apartado se presentan los resultados encontrados sobre: la producción científica sobre Economía Circular, patentes y barreras tecnológicas para la Economía Circular.

#### **3.1 Producción científica en Economía Circular**

Como se presentó anteriormente en los procedimientos metodológicos, en un principio se buscó la producción científica internacional sobre Economía Circular. En la búsqueda

realizada el 5 de septiembre de 2020, se encontraron 7.229 publicaciones en Scopus que abordaban la economía circular (Figura 1).

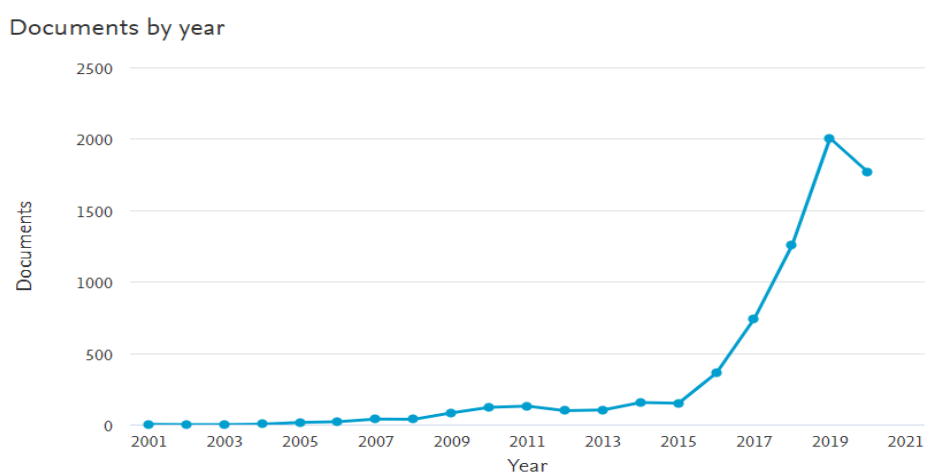
Figura. 1 - Búsqueda de "Circular Economy" en la base de datos Scopus



Fuente: Scopus (2020)

Cabe señalar que el primer artículo que se refería a la Economía Circular fue publicado en 2001, bajo el título *Current status of home electric appliances recycling in Japan*, por el científico K. Ueno, de Mitsubishi Electric Corporation. Después de esta publicación, apenas en el 2004 aparecieron cuatro nuevos documentos. El nivel cuantitativo de publicación ha alcanzado un nivel relevante desde 2015 (150 publicaciones). En 2016 fueron 362 nuevos, 1.258 en 2018, 2.005 en 2019 y en 2020, hasta principios de septiembre, se publicaron 1.768 documentos (Figura 2).

Figura 2 - Documentos por año de publicación



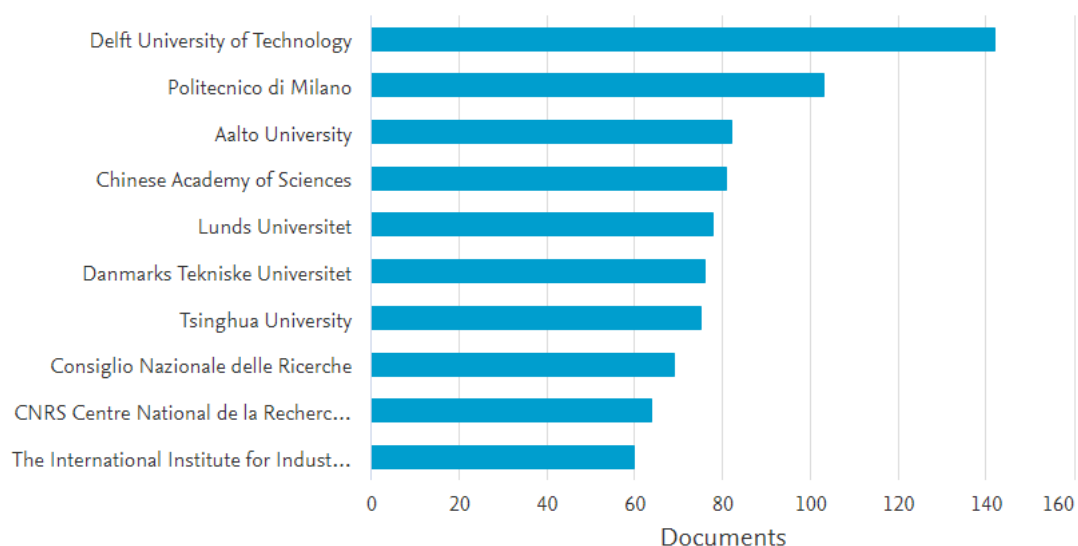
Fuente: Scopus (2020)

En términos de instituciones productoras de conocimiento en el campo de Economía Circular, hay un destaque importante para las universidades e institutos de investigación en Europa. Como se muestra en la Figura 3, la institución que más publica sobre el tema

es la Universidad de Tecnología de Delft, Holanda, con 142 publicaciones. Italia tiene dos de las 10 instituciones más activas en el área de Economía Circular (Instituto Politécnico de Milán y Consejo Nacional de Investigación). En el contexto europeo, se observa un papel protagónico para las instituciones en los países nórdicos. De las diez instituciones principales, cuatro son de países de esa región (Aalto, Lund, Universidad Técnica de Dinamarca y IIIEE-Lund). China, a su vez, tiene dos de las 10 principales instituciones internacionales que publican sobre Economía Circular.

En cuanto a América Latina, la región tiene tres instituciones entre las 100 más importantes: la Universidad de São Paulo (35°), la Universidad Federal de Santa Catarina (64°) y el Instituto Tecnológico de Monterrey (98°).

**Figura 3 - Principales instituciones productoras de conocimiento en Economía Circular**



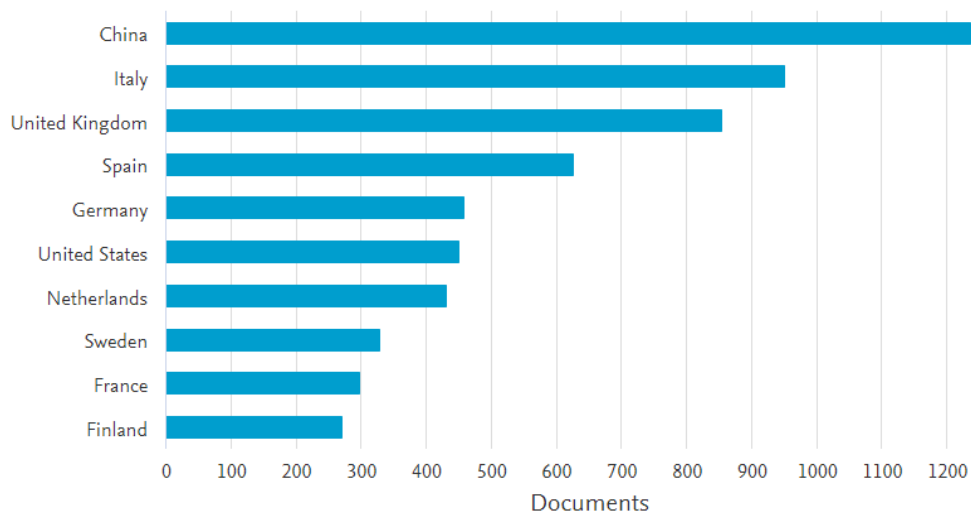
**Fuente: Scopus (2020)**

Buscando una visión en términos de país, China emerge como líder en producción científica en Economía Circular, seguida principalmente por los países europeos (Figura 4). Tomando como referencia, por un lado, el hecho de que China es el líder aislado en números absolutos en la producción científica en el área de Economía Circular, y, por otro lado, que solo cuenta con dos instituciones entre las 10 que más investigan sobre el tema, se infiere que la investigación está más extendida en un número mayor de instituciones chinas. También se observa que hay una gran concentración de investigación, ya que el 80% de toda la publicación proviene de solo 10 países, seis de los cuales se encuentran entre las 10 principales economías del mundo (EE. UU, China, Alemania, Reino Unido, Francia y Italia). En cuanto a América Latina, entre los 100 países más relevantes en la



investigación sobre el tema, Brasil ocupó (6/9/2020) el lugar 14, Chile 31, México 32, Colombia 48, Ecuador 59, Argentina 67, Bolivia 68°, Cuba 75°, Perú - 78°, Costa Rica 90° y Uruguay 95°.

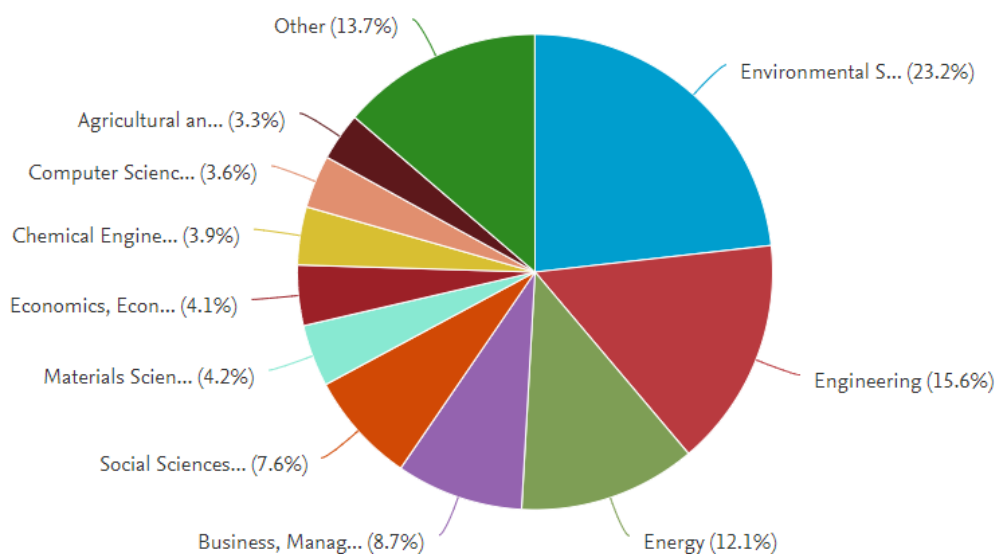
**Figura 4 - Países principales**



**Fuente: Scopus (2020)**

En cuanto a las áreas de conocimiento que más publican sobre el tema de Economía Circular, existe (Figura 5) un liderazgo en el área de Ciencias Ambientales, con casi una cuarta parte del total de publicaciones. Esta área, junto con otras cuatro, ingeniería, energía, manejo/dirección de negocios y ciencias sociales, representa dos tercios de todas las publicaciones indexadas en la base de datos Scopus.

**Figura 5 - Publicación sobre economía circular por área de conocimiento**



**Fuente: Scopus (2020)**



### 3.2 Patentes relacionadas a Economía Circular

En este estudio, la información de los documentos de patente se utiliza como estrategia para evaluar la naturaleza de la oferta de tecnologías en el contexto de la Economía Circular. El análisis se llevó a cabo utilizando el motor de búsqueda en línea Patenscope de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI).

Se encontraron 1.206 documentos de patente que contenían la expresión “economía circular” en algún campo del texto. Un primer resultado relevante se refiere a las oficinas de patentes. La Figura 6 muestra que el 82% de todas las solicitudes se realizaron con la agencia china, también señala que nueve de los 10 principales depositantes son universidades chinas.

**Figura 6 - Principales agencias regionales y solicitantes de patentes**

China	990	KUNMING UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY	19
PCT	88		
United States of America	71	ANHUI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY	12
European Patent Office	30	NANJING FORESTRY UNIVERSITY	9
Australia	15	CHINA PETROLEUM & CHEMICAL CORPORATION	7
United Kingdom	5	SIGNIFY HOLDING B.V.	7
Canada	3	UNIVERSITY OF JINAN	7
India	2	CENTRAL SOUTH UNIVERSITY	6
Mexico	1	FUJIAN AGRICULTURE AND FORESTRY UNIVERSITY	6
Malaysia	1	GUIZHOU UNIVERSITY	6
		UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY REJIING	6

Fuente: OMPI (2020)

Algunos ejemplos de patentes (Tabla 1) orientadas a la Economía Circular (OMPI, 2020):

**Tabla 1 - Ejemplos de patentes orientadas a la Economía Circular**

Título de la invención	Número publicación	Solicitante	País
Método para producir ceramsite de residuos de lixiviación de ácido de laterita y níquel	CN106938895	Tianjin University of Technology	China
Composición polimérica para plásticos de grado mejorado a partir de material reciclado	<u>WO/2020/221747</u>	QCP Holding B.V.	Países Bajos
Planta de recuperación de escoria blanca resultante de un proceso de hierro y acero	WO/2020/058874	Material Handling System Industry	Italia
Un sistema y método de aparatos para extraer minerales y metales del agua	WO/2020/041803	Katz Water Tech, LLC	Estados Unidos
Recuperación de nutrientes y energía de lodos de aguas residuales y abono animal	<u>WO/2019/053327</u>	Teknologian Tutkimuskeskus Vtt oy	Finlandia
Método de tratamiento para la reutilización de efluentes municipales de plantas de tratamiento de aguas residuales como suministro de agua para calderas industriales.	CN101140117	Baoguang Energy-saving Institut Co.	China
Materiales biocompuestos y bioplásticos y métodos de uso	WO/2018/078391	Cambond Limited	Reino Unido
Método para fabricar tejido de punto hilado en color utilizando residuos textiles como materia prima.	111364155	Bros Eastern Co., Ltd.	China
Fórmula para la producción de ladrillos sinterizados a partir de residuos de la construcción	<u>111196712</u>	Sichuan Taotu Building Material Co. Ltd.	China
Método para la preparación de cebo a partir de residuos sólidos de acuicultura	111194826	Dalian Ocean University	China

**Fuente: Autoría propia (2020)**

### 3.3 Relación entre contenidos de producciones científicas y tecnológicas

En este apartado se presentan los resultados de la segunda fase de la investigación, que es una comparación entre los contenidos de producción científica, con información recolectada de títulos, palabras claves y resúmenes de los 2.000 artículos más relevantes (entre los 7.229 encontrados), y de los resúmenes de 1.206 patentes. Esta relación entre el contenido se verificó utilizando el recuento de frecuencia de palabras en estos dos conjuntos de documentos. Palabras como: economía y circular fueron descartadas, ya que en los documentos se buscaron de esta manera, y otros, con tres o más letras, que no tenían relación con el tema, que se caracterizaron como palabras de transición y otras naturalezas de la expresión del idioma escrito.

Figura 7 - Contenidos de patentes y de producción científica

Patentes		Producción Científica	
Filter	Size	Filter	Size
Method	2609	Product	2801
Waste	1914	Waste	2671
Material	1512	Industry	2350
Product	1392	Resource	1952
Water	1314	Model	1947
Process	1313	Material	1726
System	815	System	1619
Device	807	Recycle	1462
Part	794	Business	1141
Treatment	725	Energy	1117
Recycle	688	Process	1113
Heat	646	Design	976



Fuente: Autoría propia (2020) utilizando software WordArt.

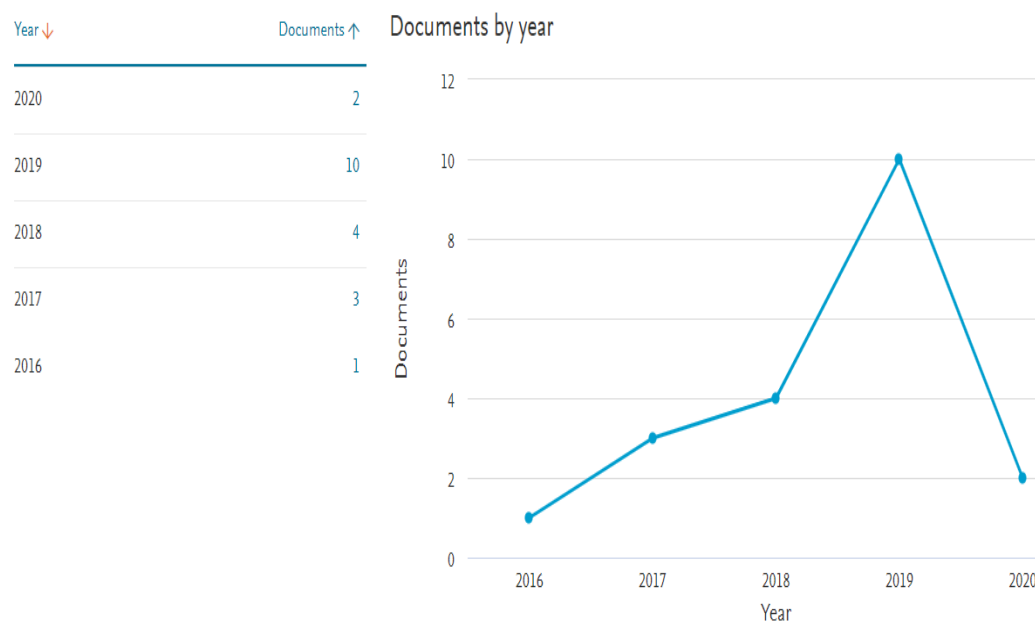
En general, hay una cierta relación entre las palabras más frecuentes en los dos conjuntos de documentos (Figura 7). Tanto la producción científica como las patentes están fuertemente enfocadas en métodos, desechos, productos, procesos, materiales, sistemas y agua. También se encontró que, comparando las 50 palabras más frecuentes de cada grupo, 19 son comunes a ambos. Como era de esperar, hay aspectos que son específicos de la naturaleza de cada actividad. La producción científica, proveniente de diferentes áreas del conocimiento, como se vio anteriormente, presenta su discusión, colocando la Economía Circular en diferentes perspectivas, no solo la aplicación de estudios. En este sentido, los documentos suelen incluir palabras como industria, modelos de negocio,

políticas, valores, diseño y, en algunas situaciones, estudios de casos. Los documentos de patente son objetivos, necesitan mostrar la aplicación y sus insumos, por eso las altas frecuencias de las palabras método, producto, proceso, sistema, dispositivo, material, agua, ácido, entre otros.

### 3.4 Barreras y desafíos para la Economía Circular

Como se describe en la metodología, en un tercer momento de la investigación se intentó verificar hasta qué punto la investigación científica está involucrada en la reflexión sobre eventuales barreras para el desarrollo de la Economía Circular en los diferentes países. Como estrategia de búsqueda, la nueva consulta, también limitada a la base de datos Scopus, utilizó la búsqueda: “circular economy” AND (“technolog\* challeng\*”) OR (“technolog\* demand\*”) OR (“technolog\* requir\*”) OR (“technolog\* barrier\*”). Se encontraron veinte artículos, el primero de los cuales se publicó en 2016 (Figura 8 y Tabla 2).

**Figura 8 - Producción científica sobre barreras y desafíos para la Economía Circular**



**Fuente: Scopus (2020)**

**Tabla 2 - 20 artículos sobre barreras y desafíos a la Economía Circular**

	<b>Título</b>	<b>Autores /Journal</b>
1	State of the art of straw treatment technology: Challenges and solutions forward	Ma, Y., Shen, Y., Liu, Y. / Bioresource Technology 313, 2020

2	Biocatalysis and biomass conversion: enabling a circular economy	Sheldon, R.A / Philosophical Transactions of the Royal Society A. 378, 2020
3	Status of waste tires and management practice in Botswana	Mmerekhi, D., Machola, B., Mokokwe, K. / <u>Journal of the Air &amp; Waste Management Association</u> Volume 69, 2019
4	Evaluation of Simple Amides in the Selective Recovery of Gold from Secondary Sources by Solvent Extraction	Doidge, E.D., Kinsman, L.M.M., Ji, Y., (...), Morrison, C.A., Love, J.B. / ACS Sustainable Chem. Eng., 2019
5	A critical review of organic manure biorefinery models toward sustainable circular bioeconomy: Technological challenges, advancements, innovations, and future perspectives	Awasthi, M.K., Sarsaiya, S., Wainaina, S., (...), Jain, A., Taherzadeh, M.J. / Renewable and Sustainable Energy Reviews 111, 2019
6	Urban regions shifting to circular economy: Understanding challenges for new ways of governance	Obersteg, A., Arlati, A., Acke, A., (...), Wójcik, M., Knieling, J. / Urban Planning, Volume 4, Issue 3, 2019
7	A circular economy approach to plastic waste	Payne, J., McKeown, P., Jones, M.D. / Polymer Degradation and Stability 165, 2019
8	The reuse of load-bearing components	Brütting, J., De Wolf, C., Fivet, C. / IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2019
9	Adapting Stand-Alone Renewable Energy Technologies for the Circular Economy through Eco-Design and Recycling	Gallagher, J., Basu, B., Browne, M., (...), Pilla, F., Styles, D. / Journal of Industrial Ecology Vol. 23 N. 1, 2019
10	Challenges of the Circular Economy: A Material, Metallurgical, and Product Design Perspective	Reuter, M.A., Van Schaik, A., Gutzmer, J., Bartie, N., Abadías-Llamas, A. / Annual Review of Materials Research, 2019
11	Assessment of technology, technological resources and quality in the manufacturing of timber products	Knop, K., Ulewicz, R. / Digitalisation and Circular Economy: Forestry and Forestry Based Industry Implications - Proceedings of Scientific Papers, 2019
12	Business Model Innovation for Resource-efficiency, Circularity and Cleaner Production: What 143 Cases Tell Us	Diaz Lopez, F.J., Bastein, T., Tukker, A. / Ecological Economics 155, 2019
13	Barriers to the Circular Economy: Evidence from the European Union (EU)	Kirchherr, J., Piscicelli, L., Bour, R., (...), Huibrechtse-Truijens, A., Hekkert, M. / Ecological Economics 150, 2018
14	Bio-recycling of metals: Recycling of technical products using biological applications	Pollmann, K., Kutschke, S., Matys, S., (...), Hlawacek, G., Lederer, F.L. / Biotechnology Advances 36, 2018
15	LCA of greywater management within a water circular economy restorative thinking framework	Dominguez, S., Laso, J., Margallo, M., (...), Irabien, Á., Ortiz, I. / Science of the Total Environment 621, 2018
16	Economic aspects of metals recover	Wieczorek, D., Kwaśniewska, D. / Physical Sciences Reviews <u>Volume 3: Issue 4</u> , 2018
17	A new analytical framework of farming system and agriculture model diversities. A review	Therond, O., Duru, M., Roger-Estrade, J., Richard, G. / Agronomy for Sustainable Development, 2017
18	Production of Bioenergy in the Framework of Circular Economy: A Sustainable Circular System in Ecuador	Vega-Quesada, Cristhian, Blanco María, Romero H. / Advances in Biofeedstocks and Biofuels: Biofeedstocks and Their Processing, I, 2017

19	The Scientific Challenges for a Sustainable Consumption and Production Scenario: The Circular Reuse of Materials for the Upgrading and Repurposing of Components	Brissaud, D., Zwolinski, P. / <u>Procedia CIRP</u> Volume 61, 2017
20	Sustainability and in situ monitoring in battery development	Grey, C.P., Tarascon, J.M. / <u>Nature Materials</u> , 2016

**Fuente: Autoría propia (2020) utilizando Scopus.**

Las fuentes encontradas muestran barreras, desafíos, demandas, de distintas índoles a la Economía Circular, no solo tecnológica. Estas fuentes muestran que los desafíos / barreras se pueden dividir en tres dimensiones: tecnológica; estrategia y enfoque y; contextual.

En cuanto a la dimensión tecnológica, Sheldon (2020), por ejemplo, enfatiza la importancia de los procesos catalíticos limpios (la biocatálisis) en una economía de base biológica, mientras que Mmereki, Machola y Mokokwe (2019) recuerdan que los neumáticos de desechos (WT) se caracterizan como un importante desafío ambiental, económico y tecnológico. Doidge y otros (2019), a su vez, destacan el desafío ambiental y tecnológico del reciclaje de metales, incluidos los desechos electrónicos. En realidad, “el reciclaje y la recuperación de materiales sólidos son esenciales para asegurar la continuidad en la cadena de suministro y garantizar el progreso tecnológico y la innovación sin restricciones (Wieczorek y Kwasniewska, 2018, p. 1).

Todavía en el campo de la tecnología, nuevas tecnologías y recursos tecnológicos utilizados para la producción de productos de madera serían necesarios para mejorar la calidad, evitando desperdicios (Knop y Ulewicz, 2019). De manera más incisiva, Grey y Tarascon (2016) argumentan que el desarrollo de baterías recargables mejoradas representa un gran desafío tecnológico para este nuevo siglo. Como desafío transversal, Domínguez y otros (2018) resumen como desafío la disponibilidad de tecnologías de bajo costo y amigables con el medio ambiente, ya Awasthi y otros (2019) recuerda que se necesitan tecnologías de emisión negativa para limitar el calor global por debajo de 1,5 ° C.

Desde la perspectiva de la dimensión estrategia/enfoques del abordaje de problemas relacionados con la Economía Circular, Therond y otros (2017, p.18) señalan que, en el caso de la agricultura, “una comprensión y un desarrollo más completos de los métodos que apoyan la dinámica de la innovación para cada modelo agrícola y su coexistencia



probablemente requerirán el desarrollo de enfoques socioecológicos y transdisciplinarios”. De modo complementario, Vega-Quesada y Blanco María (2017, p. 1) destacan la importancia de “las sinergias entre diferentes tecnologías de producción de bioenergía y reutilización de residuos, así como los requisitos tecnológicos para su implementación dentro de un enfoque sistémico”. En fin, “los enfoques interdisciplinarios, la combinación de diferentes tecnologías, la inclusión de métodos genéticos modernos, [...] la consideración de los recursos naturales existentes, aún inexplorados, impulsarán las innovaciones en el campo del bio-reciclaje de metales (Pollmann y otros, 2018, p.1048).

Con respecto a la tercera dimensión, la contextual, Brissaud y Zwolinski (2017, p. 666), por ejemplo, afirman que, si por un lado, “la nueva tecnología y organización de producción son elementos claves para estructurar el sistema de producción “orientados a la reutilización”, por otro, “la sostenibilidad también proviene de la evolución de las ofertas de productos y servicios para satisfacer la aceptabilidad de la sociedad y la reutilización técnica” (Brissaud y Zwolinski, 2017, p.666). Además de la evolución de esta oferta, el factor institucional también influye. “De cara al futuro, las políticas y la legislación desempeñarán un papel fundamental en la aceleración de la adopción e implementación de [...] tecnología (Payne, Mckeown y Matthew, 2019, p.178).

Aún en la dimensión contextual, Kirchherr y otros (2018) realizaron una extensa investigación en la Unión Europea, a través de entrevistas (47) a especialistas en Economía Circular y una encuesta que involucró a actores (208) del sector privado y los gobiernos de seis países de la región. La pregunta de investigación fue ¿Cuáles son las principales barreras que descarrilan o ralentizan la transición hacia una Economía Circular en la Unión Europea? La conclusión del estudio muestra que “las barreras culturales, en particular la falta de interés y conciencia de los consumidores, como una cultura empresarial vacilante, son consideradas por las empresas y los políticos como las principales barreras de la Economía Circular” (Kirchherr y otros, 2018, p. 264). En realidad, “estos son impulsados por las barreras del mercado que, a su vez, son inducidas por la falta de intervenciones gubernamentales sinérgicas para acelerar la transición a una Economía Circular” (Kirchherr y otros, 2018, p. 264). Nithya, Sivasankari y Thirunavukkarasu (2020, p. 1) corroboran Kirchherr y otros (2018) al investigar el problema específico de los residuos electrónicos, que crece a un ritmo anual de alrededor de 2 millones de toneladas (Mt). Según estos autores, “los residuos se convertirán en el principal recurso de la futura Economía Circular”, pero hay retos que superar. “Los



desafíos incluyen el desprecio del consumidor por la eliminación de desechos electrónicos, el déficit de las empresas de reciclaje y las barreras tecnológicas” (Nithya, Sivasankari y Thirunavukkarasu, 2020, p. 1).

#### 4. Consideraciones finales

El objetivo del artículo fue presentar una visión general de la discusión científica internacional sobre posibles barreras, tecnológicas y de otro tipo, para el desarrollo de la Economía Circular. El diseño de este panorama implicó tres momentos de discusión. Inicialmente, la investigación mostró que existe una densa producción científica, en diferentes áreas del conocimiento, orientada a la Economía Circular, con el dominio de China y la Unión Europea y una participación secundaria de la ciencia producida en América Latina (11 países entre los 100 más importantes). También se constató que existe un número considerable y creciente de invenciones orientadas a la Economía Circular, con un gran protagonismo nuevamente de China y, de fondo, Estados Unidos y Europa.

En segundo lugar, se analizó la relación entre la oferta de conocimiento científico, caracterizada por publicaciones, y la oferta tecnológica, representada por solicitudes de patentes. Se percibe una relación entre ellos. Ambos están fuertemente enfocados en métodos, desechos, productos, procesos, materiales, sistemas y agua. Se observa que China, por ejemplo, tiene una clara determinación de patentar. Este país con el 17% de la producción científica internacional en Economía Circular concentra el 82% de las solicitudes de patentes en el área.

Como resultado del tercer momento, donde se presentó lo que la investigación señaló como desafíos y barreras para el desarrollo de la Economía Circular, se pudo observar que existen tres dimensiones diferentes de barreras interdependientes: tecnológicas; estratégico / enfoque y; contextual.

Relacionando los resultados encontrados en los dos momentos iniciales de la investigación (representada por una abundante producción científica y tecnológica sobre Economía Circular y una relación de contenido entre ambas), con los de la tercera fase (identificación de barreras para la Economía Circular), se infiere que los principales obstáculos en el camino de la transición de la economía actual, de carácter lineal, a la Economía Circular, son de naturaleza diferente e interdependiente, quizás con un poco menos de peso para la dimensión tecnológica. En resumen, los principales desafíos serían

aplicar enfoques interdisciplinarios, con diferentes tecnologías y métodos, el diseño y oferta de productos y servicios que satisfagan los intereses de un consumidor que necesita ser cada vez más consciente sobre el tema, el desarrollo de una cultura Empresarial más comprometidas y, finalmente, la intervención del gobierno en la formulación de políticas para incentivar la adopción e implementación de tecnologías apropiadas.

Como limitaciones de la investigación, debido a su intención de traer solo una visión general sobre el tema, está primero el hecho de que utiliza una sola base de datos, Scopus. Otra limitación son las palabras utilizadas para las búsquedas, que pueden no ser las más adecuadas.

En términos de futuras investigaciones, sería importante buscar tecnologías y publicaciones separándolas en los cinco elementos de la Economía Circular: diseño / fabricación / comercio minorista / consumidores / reutilización, reparación, reciclaje / sector de reciclaje. También sería interesante que nuevos estudios incorporen en los análisis indicadores generales de la producción científica de los países (publicaciones divididas por población, cotizaciones recibidas divididas por el número de publicaciones), comparándolas con los resultados específicos de la Economía Circular. Por fin, nuevas investigaciones podrían analizar la evolución de las tendencias en investigaciones sobre la economía circular.

### Referencias bibliográficas

1. Porcelli, Adriana M, Martínez, Adriana N. Análisis legislativo del paradigma de la economía circular. *Revista Direito GV*, v. 14 n. 3, 1067-1105, set-dez 2018. Disponible em: <https://www.scielo.br/pdf/rdgv/v14n3/2317-6172-rdgv-14-03-1067.pdf>. [Consultado 18-11-2020].
2. FIEP. *Elementos da Economia Circular*. Curitiba: FIEP/PR, 2019. Disponible en: <http://www.fiepr.org.br/observatorios/publicacoes-1-33632-378729.shtml>. [Consultado 20-10-2020]
3. China. *China desenvolverá economia circular*. Noticia 13-10-2012. Disponible en: <http://br.china-embassy.org/por/szxw/t997932.htm>. [Consultado 18-11-2020]
4. Comisión Europea. *Rumo a uma economia circular*. 2019. Disponible en: [https://ec.europa.eu/commission/priorities/jobs-growth-and-investment/towards-circular-economy\\_pt](https://ec.europa.eu/commission/priorities/jobs-growth-and-investment/towards-circular-economy_pt). [Consultado 20-10-2020]

5. Brasil. *Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010*. Disponible en: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm). [Consultado 18-11-2020]
6. Chile. *¿Que ès ley REP?* Disponible en: <https://economiecircular.mma.gob.cl/ley-rep/>. [Consultado 18-11-2020].
7. Ellen MacArthur Foundation. *Uma Economia Circular no Brasil: um abordagem exploratória inicial*. 2017. Disponible en: [https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/Uma-Economia-Circular-no-Brasil\\_Uma-Exploracao-Inicial.pdf](https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/Uma-Economia-Circular-no-Brasil_Uma-Exploracao-Inicial.pdf). [Consultado 18-11-2020]
8. OMPI. 2020 *Patentscope*. Disponible en: <https://patentscope.wipo.int/search/pt/search.jsf>. [Consultado 06-09-2020]
9. SCOPUS. 2020. Disponible en: <https://www-scopus-com.ez48.periodicos.capes.gov.br/search/form.uri?display=basic>. [Consultado 06-09-2020]
10. Sheldon, Roger. Biocatalysis and biomass conversion: enabling a circular economy. *Phil. Trans. R. Soc. A* 378: 20190274, 2020. <http://dx.doi.org/10.1098/rsta.2019.0274>
11. Mmereki, Daniel; Bontle, Machola; Kentlafetse, Nokokwe. 2019. Status of waste tires and management practice in Botswana. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 69:10, 1230 – 1246, 2019  
<https://doi.org/10.1080/10962247.2017.1279696>
12. Doidge, Euan D. y otros. 2019. Evaluation of Simple Amides in the Selective Recovery of Gold from Secondary Sources by Solvent Extraction. *ACS Sustainable Chem. Eng.* 2019, 7, 15019–15029, <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.9b03436>
13. Wiczorek, D., Kwaśniewska, D. 2018. Economic aspects of metals recover. *Physical Sciences Reviews*, Volume 3, Issue 4, 1 April 2018, Article number 20180027, <https://doi.org/10.1515/psr-2018-0027>
14. Knop, Krzysztof., Ulewicz, Robert. 2019. Assessment of technology, technological resources and quality in the manufacturing of timber products. In: *Digitalisation and Circular Economy: Forestry and Forestry Based Industry Implications*. Proceedings of Scientific Papers, pp. 251-256, Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/339849611\\_Assessment\\_of\\_technology\\_technological\\_resources\\_and\\_quality\\_in\\_the\\_manufacturing\\_of\\_timber\\_products](https://www.researchgate.net/publication/339849611_Assessment_of_technology_technological_resources_and_quality_in_the_manufacturing_of_timber_products) >. [Consultado 06-09-2020]

15. Grey, C. P.; Tarascon, J. M. 2017. Sustainability and in situ monitoring in battery development. *Nature Materials*, vol. 16, January. Disponible en: <  
<https://www.nature.com/articles/nmat4777>>. [Consultado 06-09-2020]
16. Dominguez, Sara y otros. 2018. LCA of greywater management within a water circular economy restorative thinking framework. *Science of the Total Environment* 621 (2018) 1047–1056, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.10.122>
17. Awasthi, Mukesh K. y otros. 2019 A critical review of organic manure biorefinery models toward sustainable circular bioeconomy: Technological challenges, advancements, innovations, and future perspectives. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 111 (2019) 115–131. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.05.017>
18. Therond, Olivier y otros. A new analytical framework of farming system and agriculture model diversities. A review. *Agron. Sustain. Dev.* (2017) 37:21, 2017. DOI 10.1007/s13593-017-0429-7
19. Vega-Quezada Cristhian; Blanco María, Romero H. 2017. Production of Bioenergy in the Framework of Circular Economy: A Sustainable Circular System in Ecuador. In: SINGH, Lalit K.; CHAUDHARY, Gaurav. *Advances. Biofeedstocks and Biofuels: Biofeedstocks and Their Processing*, <https://doi.org/10.1002/9781119117322.ch1>
20. Pollmann, Katrin y otros. 2018. Bio-recycling of metals: Recycling of technical products using biological applications. *Biotechnology Advances* 36 (2018) 1048–1062, DOI: [10.1016/j.biotechadv.2018.03.006](https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2018.03.006)
21. Brissaud, Daniel; Zwolinski, Peggy. 2017. The Scientific Challenges for a Sustainable Consumption and Production Scenario: The Circular Reuse of Materials for the Upgrading and Repurposing of Components. In: *24 th CIRP Conference of Life Cycle Engineering*. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.11.148>
22. Payne, Jack; Mckeown, Paul, Jones, Matthew D. 2019. A circular economy approach to plastic waste. *Polymer Degradation and Stability* 165 (2019) 170e181, <https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2019.05.014>
23. Kirchherr, Julian y otros. 2018. Barriers to the Circular Economy: Evidence From the European Union (EU). *Ecological Economics* 150 (2018) 264–272, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.04.028>
24. Nithya, R.; Sivasankari, C.; Thirunavukkarasu, A. 2020. Electronic waste generation, regulation and metal recovery: a review. *Environ Chem Lett*, <https://doi.org/10.1007/s10311-020-01111-9>