



**Universidad**  
Zaragoza

# Trabajo Fin de Grado

## Economía Circular

Autor/es

**Manuel Laiz Murillo**

Director/es

**Domingo Gallego Martínez**

Faculta de Economía y Empresa de Zaragoza

2018

Autor: Manuel Laiz Murillo

Director: Domingo Gallego Martínez

Título del trabajo: Economía Circular / Circular Economy

Trabajo de Fin de Grado en Administración y Dirección de Empresas.

Facultad de Economía y Empresa, Universidad de Zaragoza, 2018.

### **Abstract.**

The challenges of balancing industrial development, environmental and human health, and economic growth in the world are drivers for recent resource use and low-carbon development strategies that include the application of the circular economy concept (CE). A central theme of the CE concept is the valuation of materials within a closed-looped system with the aim to allow for natural resource while reducing pollution or avoiding resource constraints and sustaining economic growth. The objectives of this study are to review the history and current applications of the CE to provide a context for a critical analysis of this concept. The aim of this paper is to create transparency regarding the current understanding of the circular economy concept. The analysis identifies the barriers to a transition to CE. Barriers are financial, structural, operational, attitudinal and technological. The analysis also determines six challenges, for example those of thermodynamics and system boundaries, as limitations that need to be resolved for CE to be able to contribute to global net sustainability.

### **Resumen.**

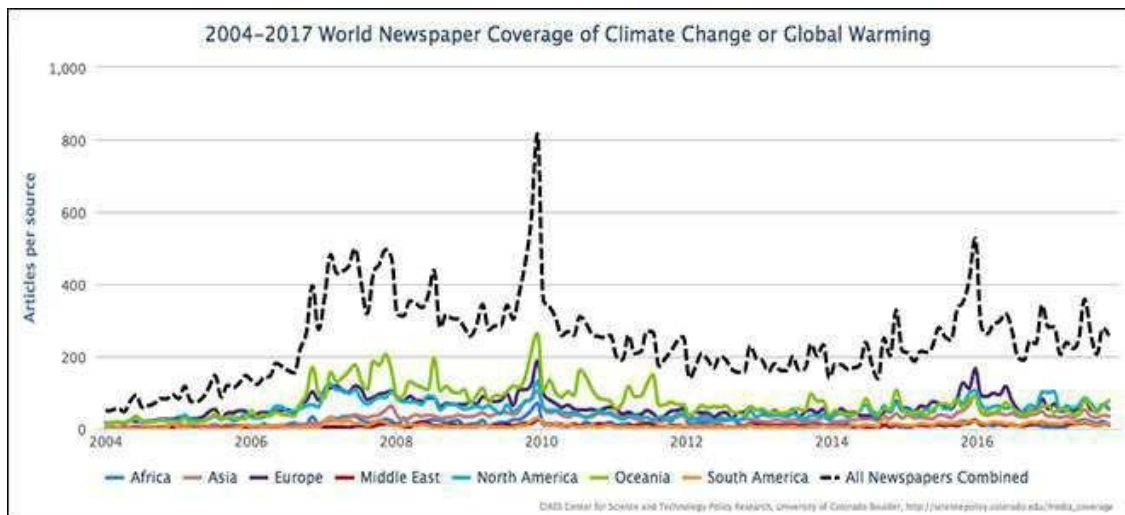
Los desafíos para equilibrar el desarrollo industrial, la salud ambiental y humana, y el crecimiento económico en el mundo son los impulsores del reciente uso de recursos y estrategias de desarrollo bajas en carbono que incluyen la aplicación del concepto de economía circular (EC). El tema central del concepto de EC es la valoración de los materiales dentro de un sistema cerrado, con el objetivo de permitir el uso de los recursos naturales al tiempo que se reduce la contaminación o se evitan las limitaciones de recursos y se mantiene el crecimiento económico. Los objetivos de este estudio son revisar la historia y las aplicaciones actuales de la EC para proporcionar de contexto a un análisis crítico de este concepto. El objetivo de este documento es crear transparencia con respecto a la comprensión actual del concepto de economía circular. El análisis identifica las barreras para una transición hacia la EC. Las barreras son financieras, estructurales, operacionales, actitudinales y tecnológicas. El análisis también determina seis desafíos, por ejemplo, los de la termodinámica y los límites del sistema, como limitaciones que deben resolverse para que la EC pueda contribuir a la sostenibilidad global neta.

# Índice.

<b>1. Introducción.</b>	Pág.4
<b>2. La economía circular vista desde sus aplicaciones.</b>	Pág.8
2.1. Instrumentos políticos y estrategias.	
2.2. Cadena de valor, flujo de materiales y productos.	
2.2. Innovación tecnológica, organizacional y social.	
<b>3. De la práctica a la teoría.</b>	
<b>Conceptualización de la economía circular.</b>	
<b>Análisis de sus definiciones.</b>	Pág. 17
3.1. Principios fundamentales de la economía circular.	
3.2. Objetivos de la economía circular.	
3.3. Facilitadores de la economía circular: productos y consumidores.	
<b>4. Barreras a la economía circular.</b>	Pág. 23
<b>5. Economía circular y sus limitaciones.</b>	Pág. 27
<b>6. Estudios y experiencias a nivel regional. La economía circular en España y Aragón.</b>	Pág. 33
<b>7. Conclusiones.</b>	Pág.37
<b>8. Bibliografía.</b>	Pág.40

# 1. Introducción.

El cambio climático es una realidad entorno a la cual se han tejido diversidad de proyectos y publicaciones como se puede observar en la figura 1. En este trabajo comenzamos comentando un tema del que también se escribe mucho últimamente, la economía del cambio climático y la estimación de los daños derivados en los aumentos en la temperatura media del planeta. Estos conocimientos nos permitirán, más tarde en el trabajo, introducir y entender un nuevo enfoque económico, la economía circular.

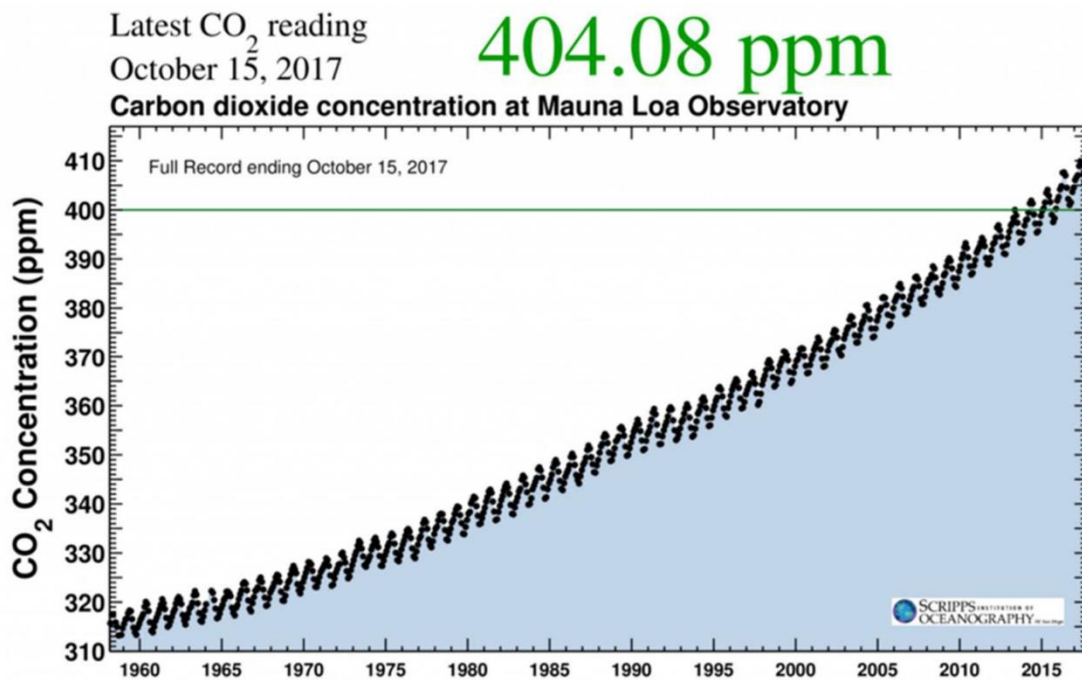


**Figura 1** above shows these ebbs and flows in media coverage – organized into seven geographical regions around the world – from January 2004 through October 2017.

**Fuente:** Media and Climate Change Observatory (MeCCO), 2017.

Desde 1958, el Observatorio de Mauna Loa en Hawai realiza y monitoriza de manera continuada la concentración de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en la atmósfera y su representación en forma gráfica, también conocida como Curva de Keeling, en honor a Charles David Keeling, pionero en esta toma de mediciones.

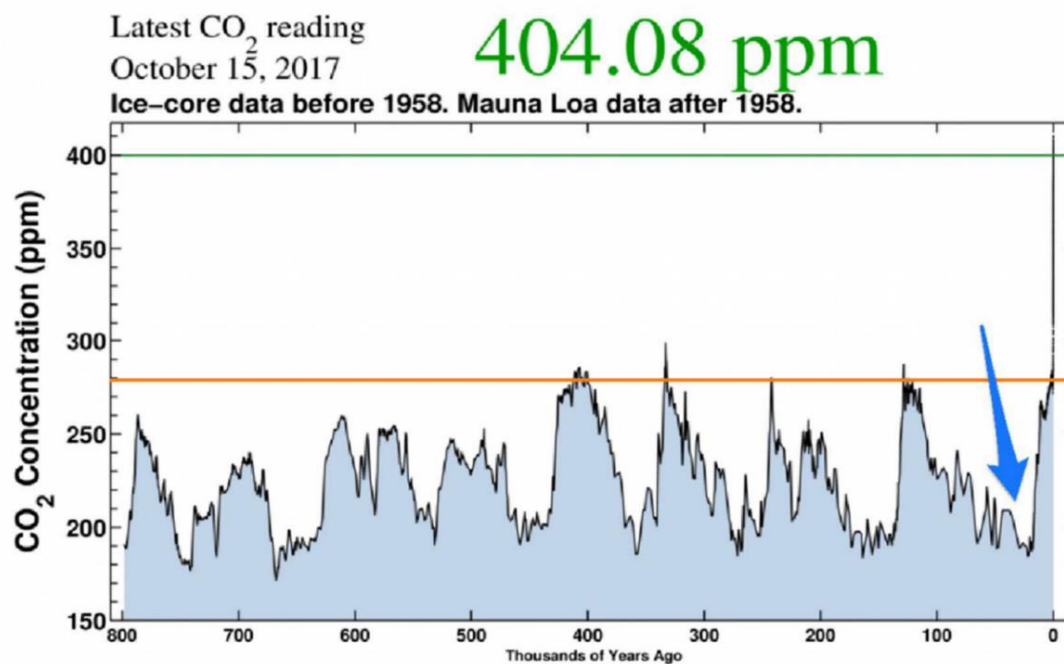
La Curva de Keeling en la figura 2, muestra la tendencia ascendente de la concentración de CO<sub>2</sub> así como las variaciones estacionales. La barrera de los 400ppm (partes por millón) se sobrepasó en mayo de 2013, y en mayo de 2017 se ha alcanzado la máxima concentración, por encima de los 410 ppm.



**Figura 2:** Curva de Keeling (1958-2017)

**Fuente:** Scripps Institution of Oceanography de UC-San Diego.

Por último, la figura 3, representa todos los datos que tenemos hasta la fecha. He marcado el nivel pre-industrial (280ppm), el nivel actual (400ppm) y, con una flecha, el último período glacial, hace unos 20.000 años. En la figura destaca, sobre todo, la línea vertical que representa el nivel de concentración de CO<sub>2</sub> durante el siglo XX (prácticamente en el 0 del eje horizontal). Destaca no sólo por las cotas que alcanza, sino también por la velocidad a la que se ha producido este aumento en la concentración.



**Figura 3.** Concentración de CO<sub>2</sub> en los últimos 800.000 años

**Fuente:** Scripps Institution of Oceanography de UC-San Diego.

Obviamente, el argumento científico es mucho más sofisticado que la mera correlación a la que me refiero aquí, pero no es el momento de entrar en estos detalles y, en mi opinión, las Figuras anteriores son suficientes para que, al menos, consideremos el cambio climático como un tema serio y urgente. De hecho, una de las principales conclusiones del último informe *Emissions Gap Report* de las Naciones Unidas en 2017 es la necesidad urgente de acelerar las acciones para que se puedan alcanzar los objetivos del Acuerdo de París. Y eso que estos objetivos sólo suponen un tercio del esfuerzo que se necesita para mantener el aumento en la temperatura por debajo de los 2°C.

Economistas e investigadores coinciden en la seriedad del problema y la necesidad de formular una solución al respecto. Sin embargo, difieren en relación a la urgencia y más específicamente, en las políticas adecuadas sobre mitigación de los daños.

A la vista de esta serie de desafíos a los que nos enfrentamos, la sostenibilidad torna como principal concepto de la investigación global y la agenda política. Sin embargo, la simultánea maximización de ecología, y fines económicos y sociales ha sido contrastada como un desafío súper exigente. Esto se debe parcialmente a la disparidad de interpretaciones y aplicaciones de la sostenibilidad (Munda, 1997; Neumayer, 2003).

Varios conceptos surgen pues, de la investigación, política pública y sector privado, como son la Economía Circular, La Economía Verde y la Bioeconomía, todas ellas proponiendo la adaptación o transformación del actual modelo económico hacia uno más sostenible.

Pero el término al que vamos a dedicar nuestra atención de ahora en adelante es el concepto de economía circular. No existe una evidencia clara sobre el origen de este concepto, pero podemos nombrar al profesor americano John Lyle, su colaborador William McDonogh; el alemán Michel Braungart y el arquitecto y economista Walter Stahel, como precursores del término.

El concepto de EC está entrelazado con diferentes conceptos como el de simbiosis industrial. Además está relacionado con distintas materias como la termodinámica y economía ecológica. Este concepto evolucionó de manera diferente dependiendo del entorno cultural económico y social en el que nos encontrásemos. En Alemania a principio de los 90 el término se introdujo como una política con el intento de contabilizar los problemas asociados al uso de materias primas y recursos naturales, para el mantenimiento del crecimiento económico. En China, a finales de los 90, los primeros parques industriales ecológicos fueron promovidos, a mediados de la década de los 2000 la aplicación fue introducida en línea con el concepto de Hu Jintao de “Sociedad Armoniosa” que más tarde sería implementada a través del énfasis del reciclado, post consumo y el desarrollo de círculos cerrados de desechos (Geng, 2008). La EC fue aplicada en Reino Unido, Dinamarca, Suiza y Portugal con propósito de gestión de residuos principalmente, aunque también surgieron algunos modelos de empresa sobre la aplicación de flujos de materiales circulares (Costa I., 2010). En Norte América y el resto de Europa se aplica el concepto de EC con el objetivo de impulsar la reducción, reutilización, programas de reciclado y el estudio de los ciclos de vida del producto. (Hunt, Franklin, 1996).

A continuación estudiaremos en profundidad este concepto a través de sus definiciones y proponiendo una caracterización de término basándonos en la normativa europea. Describiremos sus aplicaciones que se dividen en instrumentos políticos, aplicaciones sobre la cadena de valor, flujo de materiales y productos y aplicaciones de innovación tecnológica. Discutiremos también las dificultades de aplicación de la economía circular. Realizaremos un análisis crítico de la misma, analizaremos sus barreras y limitaciones, como por ejemplo, barreras de actitud y conocimiento, de integración, de la estructura de la cadena de valor, barreras financieras y tecnológicas y por último, echaremos un vistazo

al panorama de la EC en España y Aragón para terminar con un apartado de conclusiones en el que desarrollaremos puntos como la necesidad de regulación de la EC, la disparidad de criterio frente al concepto, los desafíos a los que se enfrenta o el impacto real de estas actividades.

## 2. La Economía Circular vista desde sus aplicaciones.

Como hemos comprobado en la introducción de este trabajo, los niveles de emisiones de gases de efecto invernadero a la atmosfera son altísimos. Este camino de crecimiento y consecuente daño medioambiental, sus efectos sobre la salud humana derivados de esta contaminación, y los problemas de justicia social están conduciendo a los países a desarrollar estrategias basadas en la disminución de combustibles fósiles, e incluyendo la aplicación del concepto de economía circular.

Este concepto se popularizo en China a lo largo de la década de los 90 en respuesta al trade-off entre crecimiento y limitación de recursos económicos. La principal característica del concepto de Economía Circular es recalcar el sistema de reciclado de materiales y el encontrar el equilibrio entre desarrollo económico y medioambiental con el del uso de los recursos disponibles.

En este apartado podemos enumerar tres categorías principales utilizadas por la literatura económica. Los resultados incluyen, Instrumentos políticos, cadenas de valor, flujo de materiales y aplicaciones y por último, Innovación tecnológica, organizacional y social.

### **2.1. Instrumentos políticos y estrategias.**

Estas políticas son instrumentos económicos de regulación llevados a cabo para lograr un efecto que no ocurriría en caso de ausencia de intervención gubernamental. En esta sección presentaremos distintas aplicaciones del concepto de EC junto con los objetivos principales, ideas, actores y prácticas para las cuales es esencial el componente político.



Parques Eco-industriales, redes eco-industriales y simbiosis industrial:

Algunas de las iniciativas de los parques Eco-Industriales son el intercambio de agua, energía, información, y o materiales para minimizar el uso de estos recursos, reducir la generación de desechos y la construcción de relaciones sobre un crecimiento sostenible, ecológico y social. Las redes eco-industriales y la simbiosis industrial también evocan la misma idea que los parques tecnológicos pero cubriendo una dimensión geográfica mayor dentro de una región, provincia o país. En algunas ocasiones estos conceptos se toman como sinónimos, y aunque comparten objetivos, existen sinergias potenciales para cada iniciativa en concreto. Un aspecto clave a tener en cuenta es la relación espacial, como por ejemplo la distancia entre industrias, la influencia energética y del uso de recursos entre entidades.

Los parques eco-industriales son la primera manifestación de simbiosis industrial, y se desarrollaron por primera vez en la década de 1960 en Dinamarca. Muchas de las iniciativas sobre esta clase de parques son apoyadas por políticas que favorecen el intercambio de material e información, sin embargo algunos de estos parques surgieron sin ninguna clase de regulación. El eco parque de Kalundborg en Dinamarca (Jacobsen NB., 2006), ejemplifica esta clase de intercambios.

La mayoría de estas iniciativas son autorreguladas pero son, por el contrario, inspiradas y promovidas por políticas. Un ejemplo lo encontramos en Italia en el año 1997 bajo el Acta de Area Produttiva ecológicamente attrezzata, Ley no. 57/1997 (artículo 26) en la que existía el compromiso de distintas regiones a desarrollar iniciativas sobre zonas industriales equipadas con infraestructura y sistemas que garantizaron la salud seguridad y protección medioambiental.

Otros parques similares se desarrollaron en Estados Unidos (Baltimore, Brownsville y Cape Charles) y Holanda (Moerdijk). En definitiva podemos concluir que para que estos parques tengan éxito, es muy importante tanto la participación gubernamental como de la comunidad y la concienciación de los beneficios generados del uso compartido de los recursos. (Heeres et. al, 2004).

Merece la pena destacar el caso de China como promotor del concepto de economía circular como un modelo económico viable. En China las iniciativas relacionadas con EC se implementan a tres distintos niveles: el empresarial, a nivel de parques eco-industriales y a nivel social. Los parques son en parte dirigidos por el gobierno a través de tres

ministerios, el de Protección Medioambiental, el de Comercio y el de Ciencia y Tecnología, (Shi L. Yu B. 2014). También cabe resaltar que China fue el primer país en promover áreas de desarrollo económico y tecnológico en 1984 y parques de alta tecnología en 1988.

A día de hoy, los parques eco-industriales actúan como plataformas de innovación para la gestión medioambiental. Con la llegada de estos parques, el interés sobre la evaluación del ciclo de vida de los productos y el análisis de los flujos de materiales nos proporcionan una oportunidad para la mejorar de la cadena de valor del producto.

## **2.2. Cadena de valor, flujo de materiales y productos.**

En esta sección vamos a revisar la aplicación del concepto de EC sobre sistemas más específicos. Adicionalmente, analizaremos las propuestas de la Comisión Europea a través de una comunicación al parlamento europeo, al consejo, al comité económico y social europeo y al comité de las regiones, en el que se expresa la intención de una transición hacia una economía circular, donde se extienda el valor de productos, materiales y recursos y en la que se reduzca la generación de residuos. Todo ello encaminado a lograr una economía sostenible, hipo-carbónica, competitiva y eficiente en el uso de recursos.

La EC, dice la Comisión Europea, impulsará la competitividad de la Unión Europea, y protegerá a empresas contra la escasez de productos y la volatilidad de los precios, y a crear nuevas oportunidades de negocio así como puestos de trabajo favoreciendo la integración y cohesión social. Al mismo tiempo, ahorrará tiempo y energía y contribuirá a evitar los irreparables daños en lo relativo al clima y biodiversidad, contaminación de suelos y agua, y más especialmente, en emisiones de dióxido de carbono.

El papel fundamental de la UE es garantizar la disposición de un marco normativo adecuado a las necesidades del mercado único y la de transmitir señales claras a los agentes involucrados respecto a los residuos, así como del conjunto de acciones que se llevaran a cabo antes de 2020. La UE impulsará inversiones, velará por la justa competencia y suprimirá los obstáculos derivados de la legislación europea o de su inadecuada aplicación.

El plan recoge compromisos globales sobre distintos campos que a continuación revisamos:

## 1. Producción:

La EC comienza desde las primeras fases del ciclo de vida de un producto. Tanto el diseño, como los procesos de producción tienen un impacto sobre la obtención, utilización de los recursos y generación de desechos.

### 1.1 Diseño del producto:

Una mejora en el diseño de los productos repercutirá en su duración, reparación, actualización o reelaboración. Podría mejorar las labores de reciclaje y de desmonte con el fin de recuperar valiosos componentes. Sin embargo, las señales del mercado parecen insuficientes debido principalmente a la diferencia de intereses entre productores y consumidores. Por lo tanto es imprescindible promover mejoras en el diseño de productos, al mismo que tiempo que favorecer la competencia e innovación.

De especial importancia son los recursos electrónicos, por su tasa de reparación y por su contenido en materiales preciosos. Hasta la fecha los requisitos sobre diseño ecológico habían centrado su objetivo en la eficiencia energética; en el futuro, se analizará sistemáticamente la separabilidad, durabilidad, posibilidad de actualización o reciclabilidad entre otras cuestiones.

### 1.2 Procesos de producción:

Incluso en el caso de productos diseñados de manera inteligente, el uso inadecuado de los recursos en los procesos de producción puede dar lugar a pérdidas o a una generación excesiva de residuos.

Las materias primas, incluso en economía circular, seguirán teniendo un papel muy importante dentro del ciclo de producción. En este contexto, se hará hincapié en aspectos como la repercusión medioambiental y social tanto a nivel europeo como mundial. Por lo cual, la Comisión promueve una obtención sostenible de materias a través de diálogos políticos y de su política comercial y de desarrollo. Además, considera de importancia el promover actividades de innovación como la simbiosis industrial que permita que residuos o subproductos de una industria se conviertan en inputs de otra.

## 2. Consumo.

Las decisiones o hábitos de consumo de millones de personas acarrearán una repercusión indudable en apoyo o detrimento de la EC. Dichas decisiones vendrán influenciadas tanto por la información a la que tienen acceso los consumidores como por la variedad y precios

de los productos en el mercado. Esta fase cobra especial importancia para la prevención, reducción y generación de residuos domésticos.

Algunas de las medidas puestas en marcha por la Comisión son la profusión de etiquetas o declaraciones medioambientales, como el etiquetado de eficiencia energética de productos relacionados con energía, como electrodomésticos, los cuales ayudan a un comportamiento más eficiente por parte de los consumidores.

El precio es otro factor clave en el proceso de decisión de compra, por lo que se incita a los Estados a ofrecer incentivos o a utilizar instrumentos como la fiscalidad para garantizar que los precios reflejen mejor el coste medioambiental de los productos.

Conforme a la reducción de la cantidad de residuos domésticos, las campañas de sensibilización y los incentivos económicos (pago por generación de residuos) han demostrado ser especialmente eficaces.

Cabe destacar también un sistema en auge durante los últimos años, la economía colaborativa, la cual favorece el desarrollo de la economía circular a través de prácticas como, por ejemplo, compartir el uso de productos o infraestructuras. La Comisión apoya estas nuevas empresas y modelos de consumo mediante su programa Horizonte 2020 y a través de fondos de la política de cohesión.

Por último, la contratación pública puede representar hasta un 20% del consumo europeo. Por tanto, también puede desempeñar un papel crucial en la economía circular. En este caso, la Comisión adoptará medidas para la contratación ecológica.

### 3. Gestión de residuos.

La gestión de residuos juega un papel fundamental en la EC, toda vez que determina la manera en que se pone en práctica la jerarquía de los residuos. Esta jerarquía establece un orden de prioridad desde la prevención, preparación, reutilización, reciclado y recuperación de energía hasta la eliminación como, por ejemplo, a través del depósito en vertederos. Este principio tiene como fin el alentar las soluciones que mejoren el resultado medioambiental. A través de altas tasas de reciclado podemos retornar materiales valiosos para la economía, mientras que, por el contrario, si los residuos acaban en vertederos o incineradoras, conseguiremos efectos potencialmente dañinos para el medioambiente e importantes pérdidas económicas.

En la actualidad solamente se retorna el 40% de los residuos generados en los hogares de la UE. Aunque esta cifra aloja grandes diferencias entre comunidades. Algunas de las propuestas de la UE frente a la gestión de residuos incluyen, objetivos concretos de materiales envasados. Para que los niveles de reciclado alcancen una calidad óptima, es necesario mejorar la recogida y clasificación de residuos. También se abordarán cuestiones conformes a las tasas de reciclado, algo crucial para la elaboración de estadísticas de garantías.

Adicionalmente, hay que prestar atención a los obstáculos que podemos encontrar en el terreno. En algunas ocasiones, las tasas de reciclado se ven limitadas por la capacidad administrativa o falta de inversión en infraestructuras.

Por último, se fomentará el reciclaje de alta calidad por medio de instalaciones de tratamiento determinadas, por ejemplo, de componentes electrónicos o plásticos.

En el caso de que no se puedan recuperar estos materiales, será preferible la recuperación de su contenido energético en lugar de depositarlos en vertederos. Esto puede tener un papel importante y crear sinergias en materia de política climática y energética de la UE.

#### 4. De residuos a recursos.

En una EC, las materias primas pueden reincorporarse al ciclo económico, aumentando así la seguridad del suministro. Del mismo modo que resulta posible la comercialización de dichas materias primas.

El principal escollo al que se enfrentan estos materiales es la incertidumbre que genera la calidad de las mismas. En ausencia de una escala específica, puede resultar complejo determinar los niveles de impureza o idoneidad del producto. La elaboración de un conjunto de normas al respecto se antoja crucial para aumentar la confianza sobre estos productos. Asimismo, es importante legislar un conjunto de normas que impidan la clasificación de materiales secundarios como residuos y aclarando las normas vigentes sobre final de vertido. De este modo, se favorece la certidumbre y la competencia equitativa.

Otro asunto de especial relevancia es la escasez de recursos hídricos que algunos países han sufrido recientemente, un problema que se ha acentuado en los últimos años y que trae consigo graves efectos tanto económicos como medioambientales. Medidas de eficiencia, reutilización de aguas residuales y reducción sobre los recursos sobreexplotados son los puntos principales de actuación.

## 5. Áreas prioritarias.

Una determinada serie de sectores se encuentran sujetos a retos específicos en materia de EC, debido a características especiales de sus productos o cadenas de valor, a su huella medioambiental o a la dependencia de materiales provenientes de otros países.

### 5.1. Plásticos.

Es bien sabido que el uso de plásticos ha crecido de manera constante durante los últimos años, pero solamente se recicla el 25% del plástico recogido y en torno al 50% se deposita en vertederos. Sin mencionar la gran cantidad que acaba en los océanos en forma de basura marina. Por tanto acometer medidas se antoja esencial para la transición a una economía circular.

Así pues, se debe contar con sistemas de recogida y clasificación inteligentes, para desviar plásticos reciclables de los vertederos. Se debe fomentar a su vez, la aparición de plásticos innovadores, que podrían favorecer, por ejemplo, una mejor conservación de alimentos o la reducción de peso en materiales utilizados en automoción.

Los plásticos, además, constituyen entre el 20 y el 30% en volumen del ciclo de residuos municipales, lo que resulta en un consumo anual medio de 40kg per cápita (Panda AK, 2010). Varias iniciativas se han puesto en marcha para el reciclado y reutilización de plásticos. Este es el caso del estudio, en el que se examina de manera crítica el uso de materiales con los que se fabrican el plástico en Europa y Dinamarca, el mantenimiento o descenso de la calidad y la prevención del riesgo de contaminación. (Lee J. Pedersen et. al, 2014).

### 5.2. Residuos alimentarios.

Este punto supone una creciente preocupación a nivel mundial. Tirar alimentos aun comestibles, repercute de manera directa en el medio ambiente y ocasiona pérdidas financieras a productores y consumidores.

Los residuos alimentarios se producen a lo largo de toda la cadena de valor: durante la producción, distribución en tiendas, restaurantes, supermercados y en casa. Por lo tanto, resulta difícil cuantificar dichos residuos y por ende, evaluar la escala, origen y tendencia del problema.

Las principales medidas que se pueden tomar serían la elaboración de una metodología común, cooperación entre estados y las partes interesadas. También la sensibilización a todas las escalas y divulgación de buenas prácticas en materia de prevención.

### 5.3. Materias primas críticas.

A menudo presentes en dispositivos electrónicos, su extracción supone una repercusión medioambiental. Esto unido a una baja tasa de reciclado significa la pérdida de oportunidades económicas e implica la necesidad de abordar el tema en la agenda de la EC.

Es imprescindible la aplicación de reciclado de alta calidad que garantice, la recogida, desmontaje, y reciclado, mejorando así la viabilidad económica.

El obstáculo principal es el insuficiente intercambio de información entre productos y recicladores, la ausencia de normativa y la falta de datos relativos al potencial de estas materias primas.

La industria química también juega un papel fundamental en economía, sin embargo, son pocos los estudios relacionados con la cadena de valor en la literatura económica. Podemos destacar el carbono como elemento base de infinidad de compuesto químicos orgánicos. (Tian et al. 2014) concentró su estudio sobre el metabolismo y eficiencia del carbono en parques industriales en China, ofreciendo mejoras con el objetivo de incrementar la eficiencia energética, la regulación medioambiental y el intercambio físico de productos químicos.

### 5.4. Construcción y demolición.

En cuanto al volumen se refiere, la construcción y demolición se encuentran entre las mayores fuentes de desechos en Europa y entre los principales retos encontramos la identificación de materiales valiosos en el proceso de reciclado.

Considerando la longevidad de las edificaciones es crucial impulsar mejoras en el diseño que disminuyan el impacto medioambiental así como incrementar su durabilidad.

### 5.5. Biomasa y bioproductos.

Materiales basados en recursos biológicos como la madera, los cultivos o las fibras, pueden emplearse en infinidad de sectores. Por lo tanto, proporciona una alternativa a productos derivados del petróleo, contribuyendo así a la EC.

Estos materiales son especialmente interesantes en un uso en cascada, con varios ciclos de reutilización y reciclado.

Además, cabe mencionar la madera o el papel, para los cuales, todos conocemos el gran consumo energético de la industria forestal y papelera. Algunas de las simbiosis potenciales serían que la industria compartiese electricidad y calor con plantas energéticas municipales. Algunos estudios han evaluado esta posibilidad como en caso de Sokka et al. 2011, en Finlandia, con la simbiosis entre una planta energética, una depuradora de agua y una planta de tratamiento de residuos. Esta planta demuestra reducciones en la emisión de gases de efecto invernadero.

Conforme a los metales, la industria metalúrgica, como la del hierro y el acero pueden intercambiar energía, agua y residuos con otros sectores. Esta clase de simbiosis se encuentran en Suecia, Australia, Corea del Sur, Japón y más ampliamente en China.

Para terminar, destacamos algunas otras categóricas igualmente importantes dentro de esta sección como:

- **Productos agrarios y residuos:** Es el caso de China o Vietnam donde se incluyen la reutilización y el reciclaje de materiales farmacéuticos, fertilizantes y agrarios para reducir y gestionar los residuos e incrementar los ingresos anuales.
- **Agua:** todos los estudios concluyen que el ciclo del agua dentro de un sistema de círculo cerrado es posible si los materiales añadidos al agua para su uso y reutilización consideran las aplicaciones potenciales del agua en el largo plazo y su calidad.
- **Terrenos:** Cabe destacar la importancia de la tierra como fuente básica de biomasa, energía, y reservas naturales.

### **2.3. Innovación tecnológica, organizacional y social.**

La innovación puede ser estimulada por gobiernos y actores industriales, a través de economía geográfica y cadenas de valor. En la mayoría de los casos, las barreras a su implementación son técnicas y económicas, y en otros casos debido a la falta de involucración de las partes interesadas, como se puede ver reflejado, por ejemplo, en la industria del automóvil eléctrico (Despeisse M, 2015).

La fundación Ellen MacArthur desarrollo una lista de estudios prioritarios para la inclusión de la innovación de productos y materiales en procesos biológicos y técnicos, modelos



económicos y de negocios, la posibilitación de las condiciones y sistemas en el sector energético y por último sobre los modelos usados para la evaluación de iniciativas relacionadas con economía circular.

### 3. De la práctica a la teoría. Conceptualización de la economía circular. Análisis de sus definiciones.

El concepto de economía circular ha ganado popularidad en los últimos años. Sin embargo, existen críticos que señalan que este término tiene diferente significado dependiendo de a quién se pregunte. En esta sección del trabajo se proveerá de evidencia para tal crítica. El objetivo pues, es crear un entendimiento claro del concepto de economía circular. Para tal proceso analizaremos distintas definiciones del término encontradas a lo largo de la literatura económica.

Como acabamos de mencionar, el concepto de economía circular se ha convertido en tendencia durante los últimos años entre la comunidad económica. Como ejemplo, las mayores corporaciones de consultoría como Accenture, Deloitte o McKinsey&Co. todas ellas haciendo publicaciones al respecto durante los últimos dos años (Gartner, 2016; Hannon et al., 2016).

El concepto de EC despierta tal interés porque es visto como el conjunto de operaciones llevadas a cabo por empresas con el fin de implementar el tan buscado crecimiento sostenible. Un marco de trabajo será necesario para una evaluación sistemática de los resultados.

Describiremos a continuación, los conceptos centrales, objetivos y facilitadores que servirán como herramienta de estudio de la economía circular. Como concepto central distinguimos dos elementos principales: Los marcos de trabajo basados en las R's (King et al., 2016; Brennan et al., 2015; Ghisellini et al., 2016) y la perspectiva del sistema.

Así pues, utilizaremos el marco de las 4R's, elemento central de Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo sobre los residuos (European Commission, 2008),

introduciendo “Recuperación” como la cuarta R debido a que muchas de las definiciones incluyen el término.

Respecto a la perspectiva del sistema, y tras la revisión de varios artículos, podemos encontrar que la transición hacia la EC tiene que ocurrir a tres niveles, el macro, el meso y el micro. (Fang et al., 2007; Sakr et al., 2011 and Jackson et al., 2014). Mientras que la perspectiva de los sistemas macro ensalzan la necesidad de ajustar la estructura y composición industrial de toda economía, los sistemas meso normalmente se centran en el funcionamiento de parques eco- industriales por eso, en alguna ocasión, son denominados sistemas regionales (Li et al., 2010 o Geng et al., 2009). Por último, la perspectiva de los sistemas micro considera el producto en la empresa individual y cuáles son las necesidades para mejorar su circulación. (Sakr et al., 2011 and Jackson et al., 2014).

Otro de los aspectos que más frecuente se encuentran a lo largo de la literatura económica, como ya hemos mencionado, es el desarrollo sostenible, que se convierte en el objetivo principal de la Economía Circular. En general, este término es visto como guía principal para el desarrollo y abarca tres miras que deben de ser acometidas simultáneamente: Calidad medioambiental, prosperidad económica, y calidad social (Taylor, 2016; Fulton, 2012; Elkington, 1997; WCED, 1987). Por lo tanto, deberemos considerar también estas tres dimensiones en el estudio del concepto de EC.

Además, La Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, resalta el componente intergeneracional de estas tres dimensiones y razona que deben confluir sin comprometer la habilidad de futuras generaciones. Este motivo, nos lleva a incluir una dimensión temporal por separado como código de estudio.

Adicionalmente, consideramos los modelos de negocios como facilitadores en el estudio. Podemos encontrar referencias a ellos en textos de Brennan et al., (2015) o de la fundación Ellen MacArthur (2012) que ensalzan que la EC requerirá de nuevos modelos de negocios, así como el papel principal de estos como favorecedores de la transmisión de la EC.

Teniendo en cuenta todos estos aspectos, la definición de economía circular se puede leer como:

“La Economía Circular describe un sistema económico basado en modelos de negocios que reemplazan el concepto de fin de vida del producto por reducción, reutilización alternativa, reciclaje y recuperación de materiales in la producción, distribución y procesos

de consumo. Por consiguiente, operando a nivel micro (productos, compañías, consumidores), nivel meso (parques eco-industriales) y nivel macro (ciudades, regiones, naciones) que tienen como objetivo la consecución de un desarrollo sostenible, el cual implica la creación de calidad medioambiental, prosperidad económica e igualdad social para el beneficio de futuras generaciones.” (Kirchherr, 2017).

En la muestra de artículos que nos lleva a esta definición se refleja que nos encontramos ante “un término joven” (Murray et al., 2017), pues el 75% de las definiciones se encuentran en un rango de hace cinco años. Mientras tanto, se observa también que la gran mayoría han sido publicadas en revisiones a publicaciones de otros autores lo que nos lleva a concluir que existe una carencia clara de definiciones precisas del término de EC por los autores.

Algunas de estas definiciones son como la de la fundación Ellen MacArthur (2012, p.7) que se lee:

“[EC] es un sistema industrial que es restaurativo y regenerador por intención y diseño. Reemplaza el concepto de fin de vida del producto por el de restauración, cambiándolo por el uso de energías renovables, eliminando el uso de químicos tóxicos que afectan a la reutilización y mira por la eliminación de desechos a través del diseño, productos, sistemas y en definitiva, modelos de negocios.”

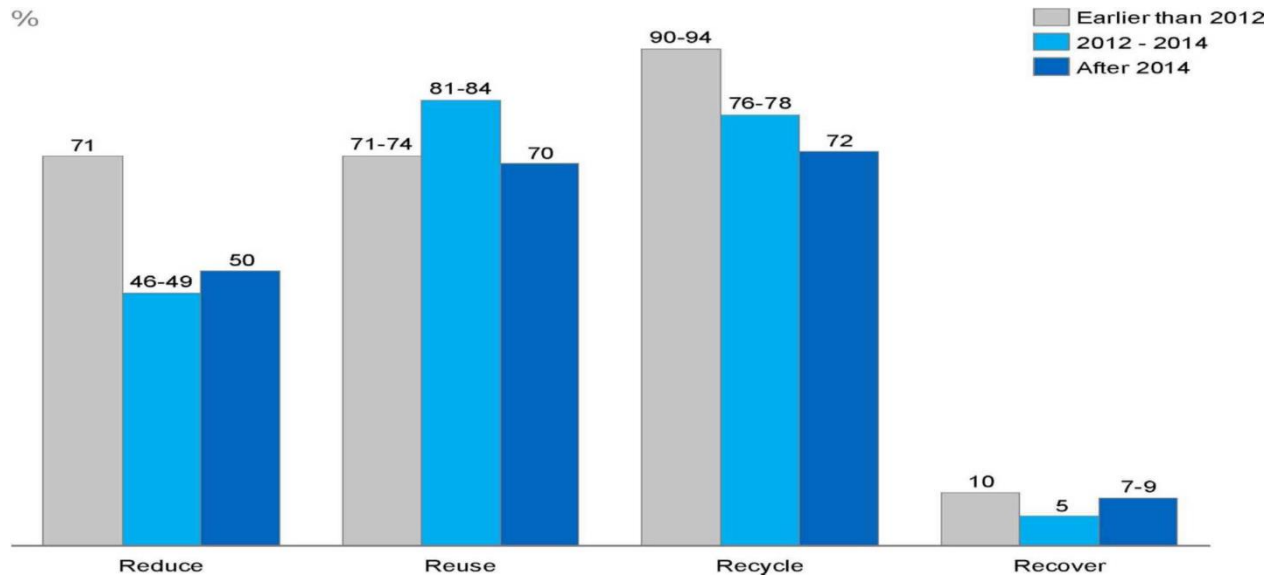
### **3.1. Principios fundamentales de la economía circular.**

En este apartado vamos a examinar el grado de diferencias conceptuales dentro de las definiciones recogidas en la literatura económica.

Atendiendo a la frecuencia del marco de las 4R's, la teoría dice que la EC estaría en torno a la reducción, reutilización, reciclaje y recuperación, pero sin embargo, muchas de las políticas han sido orientadas únicamente en potenciar la tercera de ellas, el reciclaje. (Ghisellini et al. (2016, p.16)). Esto la convierte sin lugar a dudas en el componente principal de las definiciones dentro de la literatura económica.

Dentro de las combinaciones de 4R's, reducción, reutilización y reciclaje conforman el marco más comúnmente empleado. Esto se puede observar en la definición de Jiao and Boons (2014, p.21), en la describen la “EC como el concepto holístico que cubre actividades como la reducción, reutilización y reciclaje en procesos productivos, de circulación y consumo.”

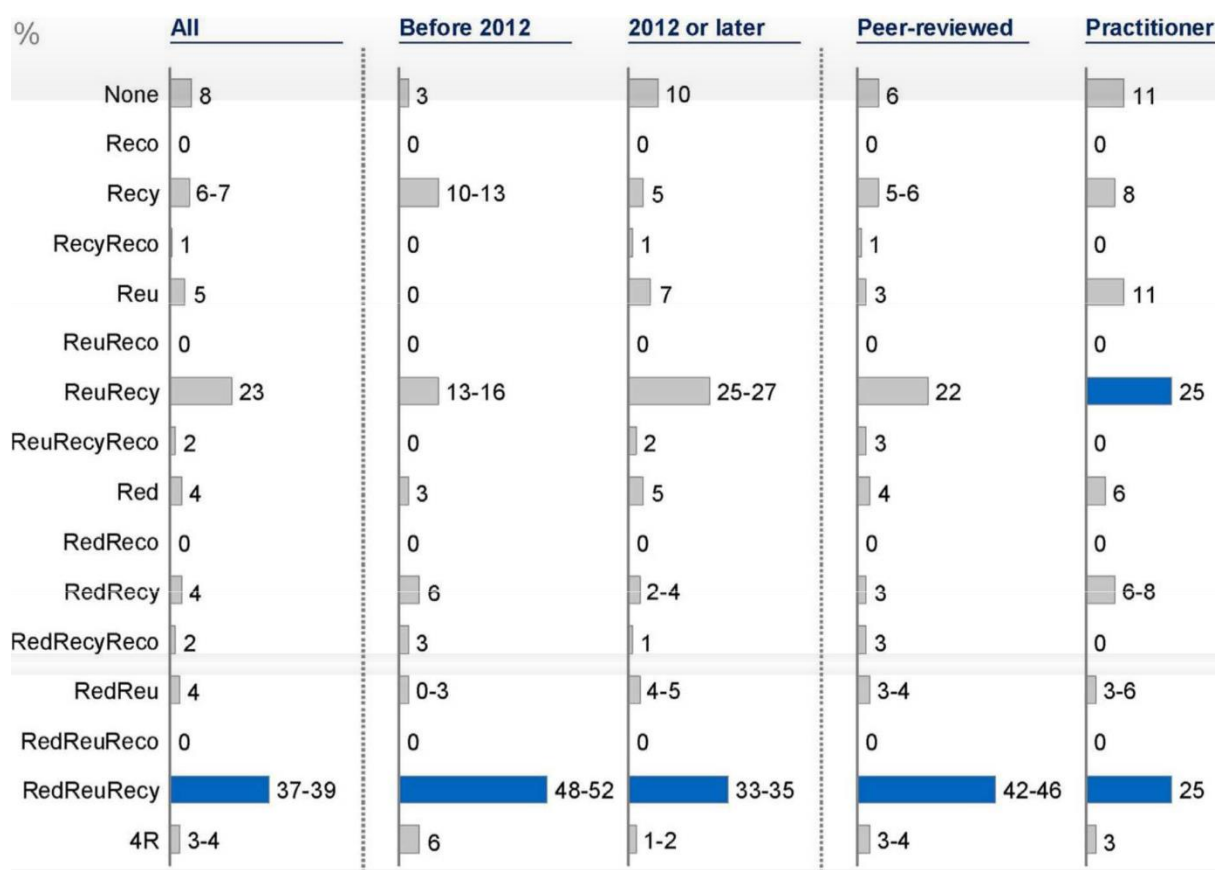
La figura 4 nos permite observar el desarrollo de la definición de EC durante el tiempo.



**Figura 4.** Development of Circular Economy Definitions over time.

**Fuente:** Kirchherr, 2017.

El marco de trabajo de las 4R's, visto desde el punto de vista del marco normativo de la UE respecto a la EC, solamente se refleja entre un 3-4% de las definiciones. Quizás, incluso más sorprendente es hecho de que entre un 6-7% se describa la EC como una mera política de reciclaje, lo cual difiere mucho del concepto de economía circular desde mi punto de vista. En la figura 5 podemos ver de manera gráfica el uso de los términos dentro de las definiciones.



**Figura 5.** Definiciones codadas en el marco 4R.

**Fuente:** Kirchherr, 2017.

*Note:* Reco=Recover; Recy=Recycle; Reu=Reuse; Red=Reduce; 4R= Reduce, reuse, recycle, recover.

Otro hallazgo es el hecho de que solamente un 30% de las definiciones examinadas contemplan el concepto de jerarquía de desechos, con Son et al. (2015, p.200) escribiendo, por ejemplo, “si la reutilización o la reparación no es posible, [los productos] pueden ser reciclados o recuperados de la cadena de desechos.” Es necesario pues, proveer de una guía a aquellos interesados en aplicarla, ya que las corporaciones podrían reducir su resistencia a la aplicación de EC, como es el caso de aquellas que solo aplican medidas de reciclaje y por tanto solo afectando una pequeña parte de sus operaciones. Particularmente, la implementación de EC basada en definiciones que no destacan la reducción como actividad prioritaria, pueden subvertir en causa de un modelo de negocio insostenible.

### **3.2. Objetivos de la economía circular.**

Ya hemos destacado al inicio de este capítulo, que la EC es en muchas ocasiones vista como un mecanismo operacional dentro de las empresas para desarrollar un crecimiento sostenible.

Desafortunadamente, solo un 12% de las definiciones incluyen nociones sobre crecimiento sostenible. Podemos encontrar alusiones en Geissdoerfer et al. (2017, p.765), que clama porque rara vez los autores toman un punto de vista holístico respecto a calidad medioambiental, prosperidad económica, y equidad social, como dimensiones de la sostenibilidad. También esto es confirmado a través de que solamente el 13% de las definiciones hacen referencia a estos tres aspectos, convirtiéndose en un punto problemático sobre el entendimiento de la EC y conduciéndonos a una aplicación no sostenible, por ejemplo en ausencia de la consideración social.

Diversos autores como Geissdoerfer et al. (2017) y Lieder and Rashid (2016), contemplan además una discusión en torno a que la EC debería centrarse más en aspectos como calidad medioambiental, con un 46% de las definiciones haciendo mención a la prosperidad económica seguido por un 37% referidas a calidad medioambiental.

Además, algunos autores como Sauve et al. (2016, p.54), Murray et al. (2017, p.369) y Moreau et al. (2017), denuncian también que el concepto de EC abandona la igualdad social. Esto se confirma en el que este término es considerado entre un 18-20% de las definiciones.

Por último, respecto a las referencias a futuras generaciones, componente fundamental en el desarrollo sostenible, esta vez Geissdoerfer manifiesta, que esta dimensión temporal es excluida de la mayoría de las definiciones sobre EC. Para ser más exactos solo se ha encontrado una mención al respecto, Geng et al. (2013). En un estudio de consultoría realizado por uno de los autores, arrojaba la información de que las empresas perdían interés en la EC debido a la dificultad de materializar estas iniciativas en el corto plazo. Vendiendo en término, no como una ganancia inmediata sino como proyecto a largo plazo, podría ayudar a aquellos que se dan por vencidos y asegurar el interés por la adopción de prácticas de economía circular.

### **3.3. Facilitadores de la economía circular: productos y consumidores.**

Algunos autores como Lewandoski (2016) declaran que los modelos de negocios circulares son generalmente vistos como núcleo de la EC. En sus palabras “son la fuerza en el cambio hacia una EC” (EUKN, 2015). Sin embargo, se ha diagnosticado una falta de discusión respecto a modelos de negocios dentro del discurso económico, con solo un 11% de menciones. Por lo tanto, mucho más énfasis es necesario en el futuro si consideramos el sector privado como supuesto líder de la transición hacia una economía circular.

Además, Ghisellini et al. (2016, P.19) apunta que el aumento de la responsabilidad de los consumidores es crucial en EC, mientras que Lieder and Rashid (2016, p.45) también destacan que las cadenas de distribución circulares no deben considerar solo producción y distribución sino hábitos de consumo también. Por el contrario solo encontramos un 19% de menciones al consumo. Esta falta de publicación podría explicar el vacío en la investigación del consumo.

Borrello et al. (2017, p.1) cita, “muy poco es conocido sobre la voluntad de los consumidores en participar de la economía circular”. Los autores excluyendo a los consumidores y por ende, centrándose en el punto de vista de la cadena de distribución, se arriesgan en desarrollar modelos de negocios que son inviables por la falta de demanda por parte del consumidor. El consumidor es el principal facilitador de los modelos económicos circular y por lo tanto debería ser considerado una cara en la moneda de los modelos de negocios de la economía circular.

## **4. Barreras a la economía circular.**

Un desarrollo sostenible requiere cambios e innovación radicales. La integración entre sostenibilidad y desarrollo sostenible es necesaria y los modelos de economía circular nos la ofrecen. Sin embargo, la EC es, en muy pocas ocasiones, implementada en la práctica.

Nuevos modelos de negocios e innovaciones en la organización han recibido reciente la atención como caminos económicamente viables como alternativa al actual sistema de orientación al producto. Administrar estos cambios dentro de la corporación es un desafío que necesitará nuevas estructuras y procesos. Sin duda los caminos deseados son aquellos que apuestan por innovaciones sostenibles: un desarrollo sostenible en el que se reduzca el uso de consumo de recursos por el producto mientras permita a las empresas generar

ingresos. Será de vital importancia para la sociedad, si las compañías pueden acometer estas medidas y proporcionar valor a sus consumidores, incrementando sus ingresos, y reduciendo su consumo de recursos.

En resumen, la EC sugiere el mantener los materiales disponibles en vez de desecharlos y así, cerrar el círculo dentro de la vida del producto, para reducir el consumo y la demanda energética. El desarrollo económico dentro de una lógica circular no será nunca más logrado a través de la producción masiva de productos sino por mantener éstos disponibles durante un mayor periodo de tiempo. (Amui, L.B.L., Jabbour, C.J.C., Kannan, D., 2017)

El movimiento hacia una EC requiere por lo tanto, un cambio fundamental a lo largo de las organizaciones y sus grupos de interés, y está fuertemente relacionada con la capacidad de innovación de las empresas.

Definiremos innovación como el conjunto de procesos de creación y realización de nuevos valores para los consumidores. Cualquier empleado puede convertirse en fuente de innovación, aunque por otro lado, no se trata de un proceso individual y debe ser gestionado. Así pues, frecuentemente se considera a la innovación como un proceso flexible y creativo pero requiere una sistemática dirección. Los directivos son de este modo, los responsables que conduzcan estas iniciativas y dispongan el escenario propicio para su desarrollo. Por lo tanto, para que una organización pueda extender esta clase de proposiciones a sus sistemas de producción y servicios, es necesaria una integración entre las distintas funciones dentro de la empresa y esto solo puede ser logrado a través de una estrecha colaboración interdepartamental.

La toma de riesgos es otro punto fundamental en materia de innovación. Y es que en la mayoría de ocasiones, sólo tomando ciertos riesgos, podemos conseguir un cierto nivel de novedad. Requiere además de un giro en la dinámica de trabajo caracterizado por la voluntad de aprender y desaprender, de romper con las tradicionales maneras de pensar y de disputar principios fundamentales. Sin embargo, el cuestionamiento subyacente de los modelos de negocios es conocido como una de las tareas más complicadas, ya que se convierte en un asunto de mentalidad. (Ahuja, G. and Lampert, C.M., 2001).

A continuación, identificaremos y analizaremos las principales barreras que encuentra la EC para su aplicación. Estas barreras son financieras, estructurales, operacionales, relacionadas con la actitud, y tecnológicas. Son un gran número de barreras y la mayoría



conectadas entre sí, lo que demuestra la complejidad de la EC y lo necesario para la transición hacia ella.

#### Actitud y conocimiento:

Como la economía circular no está todavía establecida como modelo en la industria, podemos encontrar que para una gran mayoría, este concepto no es familiar y tienen un limitado entendimiento de su significado. En general, existe una predisposición positiva hacia la EC, aunque un mayor conocimiento podría dar distintas percepciones y actitudes. Claramente, esto supone una barrera organizacional lo que impide un cambio evolutivo hacia la EC. Otra barrera relacionada con la actitud, posiblemente la más prominente, es la generalizada aversión al riesgo y a la toma de pequeños pasos para el desarrollo de la organización. Se puede identificar una inercia en la consideración de nuevos modelos de negocios o sostenibilidad como problemas estratégicos así como una dominante orientación al producto/servicio.

#### Integración entre funciones:

Existe una concepción en la cual, los problemas de sostenibilidad son asunto de un departamento específico dentro de la empresa. Hay también quienes claman que la EC es demasiado compleja como para ser abordada por un sólo departamento y que es todavía incierto cómo esta responsabilidad tiene que ser gestionada dentro de las organizaciones. Además se puede observar como el grado de integración entre las diferentes áreas de la empresa es bajo. Esta falta de integración unida a la jerárquica es otra clara barrera a la transición a una EC.

#### Estructura de la cadena de valor:

Otras barreras han sido encontradas también con relación al rol que las compañías juegan conforme a sus cadenas de valor así como una dominante lógica de cómo transmitirla al mercado. En el caso de empresas que por ejemplo vendan sus productos a través de comercializadores, pierden el control de sus productos en el punto de venta y esto se puede identificar como una barrera en los sistemas de distribución.

#### Financieras:

Existe una incertidumbre sobre cómo, a través de la innovación y trabajos de desarrollo, se puede generar ingresos. Además, otras barreras financieras más concretas están relacionadas con la percepción que un cambio hacia la EC supondría de cambios a lo largo de toda la organización e influenciaría a todos los departamentos desde el modelo de negocios hasta aspectos técnicos, de relación con clientes, distribuidores, proveedores,

sistemas de producción, etc. Estos cambios toman tiempo e inversión desde la lógica financiera, normalmente centrada en el rápido retorno de inversión y reducción de costes, lo que dificulta el convencimiento de los propietarios en estrategias a largo plazo.

#### Tecnológicas:

Las barreras tecnológicas están relacionadas con la percepción de la necesidad de grandes cambios en productos y producción y en las dudas de si funcionarían y cuál sería su coste. También existe una preocupación sobre la calidad, si el rediseño para una mejor circularidad o el contenido de materiales reciclados, afectaría a la calidad percibida del producto.

Todas estas barreras tienen en común que están referidas, en efecto, con la transición hacia la EC y todas tienden a estar relacionadas con la integración de las diferentes perspectivas y dominios.

El pequeño desarrollo de la perspectiva del sistema supone otra barrera de integración, donde para las empresas, únicamente el servicio/producto es considerado para la creación de valor. El hecho que la sostenibilidad es vista como responsabilidad única de un departamento dentro de las empresas ilustra que la sostenibilidad no está integrada a lo largo de las organizaciones. Esto es un asunto de todas las funciones y constituye definitivamente una barrera a la EC.

Más concretamente, se pueden observar diferencias entre la perspectiva de directivos y niveles operacionales en el que ambos niveles esperan a que el otro tome responsabilidad respecto a la transición hacia la EC.

Finalmente, existe una clara falta de integración a lo largo de la cadena de valor. Se necesitará una relación más cercana entre proveedores y productores, y entre productores y consumidores si se quieren encontrar posibles soluciones para los sistemas de materiales cerrados.

Adicionalmente a las barreras de integración, las conectadas con el conocimiento deben ser dirigidas. Un mayor entendimiento de la EC podría desarrollar una actitud más positiva respecto a ella, podría llenar la falta de consciencia hacia las oportunidades de las EC y solucionar otra de las barreras actitudinales, la aversión a tomar el riesgo.

# 5. Economía circular y sus limitaciones.

En esta sección del trabajo identificaremos seis desafíos para el concepto de economía circular en términos de sostenibilidad medioambiental (Korhonen, 2018).

## Primero: Límites termodinámicos.

El trabajo de Georgescu-Roegen (GR) (1971) en el campo de la termodinámica y ciencias económicas, puede que sea la principal fuente de conocimiento en el que se basa la ecología económica. Esto es la unión entre ciclos de materiales y energía por un lado, y de los ciclos monetarios e intercambio de valor, por otro, en el que ambos tienen influencia sobre la economía y toma de decisiones.

Sin embargo, uno de los argumentos de GR, también conocida como “la cuarta ley” es la que más problemas implica para la EC. En esta ley GR declara la imposibilidad de, incluso teórica, un proceso de reciclaje completo. Georgescu-Roegen señaló que debido a la segunda ley termodinámica, la entropía, el proceso de reciclaje requerirá siempre de energía y además será incompleto en la generación de residuos y productos secundarios. Lo cual, es totalmente cierto, ya que es indudable la disipación de materiales perdidos en los ecosistemas y la imposibilidad de su recuperación.

Debido a la entropía, todos los procesos promovidos en economía circular, como reciclado, reutilización o recuperación, en los que intervienen materiales y energía conducen de manera última pues, a niveles de agotamiento de recursos, polución, y generación de residuos. Otros han rebatido la cuarta ley basándose en el hecho de que la tierra recibe un flujo infinito de energía solar que podría, en teoría, surtir estos procesos que acabamos de mencionar. Esta última conjetura resulta, en mi opinión, demasiado optimista al señalar, aunque sea teóricamente, que el problema del aumento de la entropía generado por los procesos de producción y consumo está solucionado. Por mucho que se reduzca, reutilice, recicle, y se recupere en estos procesos, la economía circular necesitara de flujos de recursos externos, que deberían proceder plenamente de flujos y no de fondos limitados para que la circularidad fuera completa. Como línea de tendencia este punto es razonable, pero la circularidad plena es inviable, siempre existirá linealidad (entradas y salidas) y el consiguiente aumento de la entropía o dispersión de la materia, (Korhonen et al. 2018).

Pero a pesar de los posibles límites establecidos por la entropía y por las especulaciones teóricas del reciclado total, es cierto que en el actual sistema global de mercados de producción y consumo lineales, se requieren una serie de cambios radicales para solamente contemplar cambios hacia los modelos cíclicos.

Así pues, los flujos de materiales cíclicos y basados en energías renovables se presentan como una gran oportunidad hacia un modelo económico más sostenible. Pero, caso a caso ha de ser analizado, ya que el simple hecho de ser flujos cíclicos no asegura un resultado sostenible.

Como por ejemplo, en la utilización de desechos forestales como fuente renovable de energía y sustitutiva de energías fósiles, donde partes de árboles, como la corteza o las ramas, ricas en nutrientes, son retiradas de los ecosistemas, donde son soporte de la salud, biodiversidad y crecimiento forestal. Además, esta actividad requiere de maquinaria y energía para su uso, por lo que una vez más, cada caso debe de ser analizado individualmente.

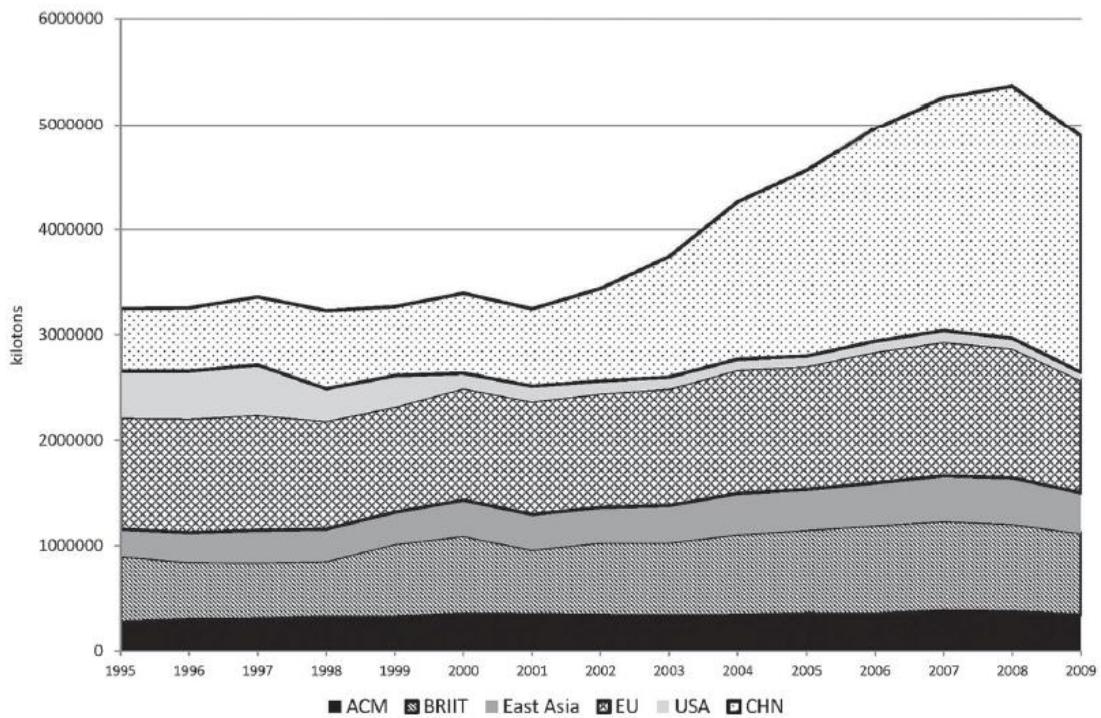
Podemos concluir que en términos termodinámicos, reciclado, reutilización o remodelado son las opciones más deseadas. El caso del reciclado por el valor único de las materias primas y la combustión por energía deberían ser evitados y el depósito en vertederos, la última opción.

#### Segundo: Límites temporales y espaciales del sistema.

Aproximadamente el 75% de la producción energética global está basada en combustión intensiva de materiales fósiles y no renovables, lo cual no se adapta a los ciclos naturales de reproducción de la biosfera. Y, aunque es un objetivo global, proyectos del tipo de la economía circular están siendo implementados a nivel local o regional y no a nivel global.

Cada proyecto de EC debe considerar su contribución a la sostenibilidad global. Uno de los principales retos a la hora de abordar estos proyectos, en términos de sostenibilidad global neta, son las limitaciones espaciales del sistema, las limitaciones geográficas, administrativas, en el flujo de materiales físicos y la energía entre organizaciones. Por lo que asuntos como el desplazamiento o el movimiento de problemas se debe reducir al mínimo. Existen muchos casos en los que eficiencias y ganancias medioambientales y sociales en economías locales han tenido como resultado, directa o indirectamente, problemas en otras localizaciones.

En este sentido, la globalización juega un papel muy importante en la relocalización de actividades carbónico-intensivas en las áreas menos desarrolladas. (Rosa Duarte, Vicente Pinilla & Ana Serrano (2018): Factors driving embodied carbon in international trade: a multiregional input–output gravity model, Economic Systems Research). Algunos de los resultados de este estudio, el primero en combinar modelos de input-output multi-regionales como centro para abordar el estudio de los determinantes del intercambio de carbono en la cadena global de suministro, son, por ejemplo, que el incremento de emisiones de dióxido de carbono en China entre 1995 y 2009 fue altamente influenciado por los cambios en la demanda los Estados Unidos, que incrementaron durante este periodo sus tasas de consumo e inversiones y que simultáneamente tendieron a externalizar sus industrias intensivas en CO2. (Figura 6)



**Figura 6.** CO2 emissions embodied in exports by world regions, 1995-2009.

**Fuente:** Own elaboration from Timmer et al. (2015) and Genty et al. (2012).

*Note: ACM: Australia, Canada and Mexico; BRIIT: Brazil, Russia, India, Indonesia and Turkey; East Asia: North Korea and Japan; EU: European Union; USA: United States and CHN: China. Source: Own elaboration from Timmer et al. (2015) and Genty et al. (2012).*

Podemos destacar algunos factores que explican el contenido de CO<sub>2</sub> en acuerdos de comercio bilaterales como:

1. El nivel de población, en el que en un contexto de hábitos sofisticados de la demanda y en el que los países que tienden a poseer mercados que producen gran cantidad de productos diferenciados intensivos en contenido de CO<sub>2</sub>, los países con mayores economías domésticas impulsan el incremento de intercambios de emisiones de CO<sub>2</sub>.
2. El nivel de riqueza, o PIB per cápita, en el que a medida que los ingresos de un país exportador crecen, el nivel de emisiones de CO<sub>2</sub> se reduce. Esto se puede explicar a través de la sensibilidad medioambiental y el nivel tecnológico de los países en mayor grado de desarrollo. En otras palabras, a mayores ingresos, las economías dependerán en mayor medida de emisiones extranjeras, lo que sugiere un desplazamiento de la carga de CO<sub>2</sub> y que muestran que la Paradoja del Cielo Contaminado, en inglés, ‘pollution heaven’ hypothesis (PHH), es cierta, pudiendo asegurar pues, que el nivel de desarrollo económico mantiene una relación inversa con la exportación y directa con la importación de emisiones.
3. Las variables de control geográfico, que muestran que la distancia afecta negativamente al comercio internacional y por ende, al intercambio de CO<sub>2</sub>. Esto se puede explicar a través de los altos costes asociados al transporte de mercancías. Una frontera común, potenciará las emisiones resultantes del comercio.

Los límites del sistema también están relacionados con la dimensión temporal de los proyectos de EC iniciados. Los flujos de energía y materiales movilizados por el ser humano crean un impacto medioambiental tanto a corto como a largo plazo y esto tiene que tenerse siempre en cuenta a la hora de diseñar proyecto de reciclado o reutilización. En concreto, un problema relacionado con una cuestión de limitación temporal podría aparecer en la fase de planificación de la durabilidad de los productos en EC. La durabilidad del producto es una propiedad deseada dentro de la EC pues mantiene la funcionalidad y el valor económico en circulación durante más tiempo. Sin embargo, debido al hecho de que los impactos generados de flujos de materiales movidos por el ser humano, son todavía inciertos, al extender el tiempo de vida de los productos se podrían crear estructuras organizativas y económicas con riesgos de insostenibilidad en el futuro.

### Tercero: Límites del crecimiento económico físico.

Todos los incrementos económicos en eficiencia esta sujetos al efecto rebote, (Berkhout et al., 2000), “la paradoja de Jevon” (Mayumi et al., 1998; Jevons, 1990) y al efecto boomerang (Mayer et al., 2005). Cuando la eficiencia en la producción incrementa, los costes disminuyen, los precios de los productos finales bajan, y finalmente esto potencia el consumo. Así pues, la ganancia total del crecimiento económico, podría compensar más que de sobra, las ganancias creadas por una mejor eficiencia. Para el caso de la ecoeficiencia, este rebote podría ser incluso perjudicial, la entropía podría dañar la sostenibilidad si la escala física de la economía no es comprobada. La escala física es medida por materiales físicos y su huella energética y no en términos de PIB, por lo que hay que considerar que la industria de manufacturación está sujeta a las leyes termodinámicas y sus efectos en crecimiento económico.

Mayer et al. (2005), por otro lado, argumenta que en un sistema económico global, en el que un país rico aumenta sus áreas de protección natural y su eco-eficiencia a través de políticas nacionales, una producción nociva puede ser transferida a países fronterizos más pobres. Este efecto boomerang se produce cuando la reducida biodiversidad del país pobre reduce la migración de ciertas especies hacia los países ricos. La protección natural de un país rico no logrará su objetivo porque las áreas de biodiversidad disminuirán debido a los bajos niveles de migración de especies desde los ecosistemas de un país pobre.

### Cuarto: Dependencia de ruta y bloqueo.

Cuando una innovación es lanzada al mercado, comienza un proceso inmediato que determina el poder de influencia de esta. Por lo general la primera idea aceptada logra entrar en los mejores mercados. Retornos a escala y efectos en el aprendizaje hacen que la primera innovación sea más fuerte en el mercado que futuras innovaciones. Este fenómeno es conocido como la dependencia de ruta y bloqueo (Norton et al., 1998), o coloquialmente, la “supervivencia del primero”. En EC esto supone que innovaciones, modelos y sistemas diseñados para la reutilización de productos por ejemplo, tengan que competir en el mercado con el reciclado tradicional y sistemas de utilización de materias primas de baja calidad y soluciones de combustión energética.

Esto puede ocurrir incluso cuando estas iniciativas fueran económicamente, ecológicamente y socialmente superiores a sus antecesoras tecnologías. En otras palabras la industria del reciclado tradicional, ha establecido estructuras y rutinas operaciones y

culturales. Por lo que iniciativas como la reutilización de productos de gran valor, re-manufacturación o remodelado tendrán que competir con esa cultura y modelos de gestión establecidos.

Sin embargo, en la práctica, una larga tradición de ciencias económicas en el estudio de la dependencia de ruta y el bloqueo tecnológico, muestran que la superioridad tecnológica, o incluso superioridad en la gestión no garantiza el éxito a largo plazo de negocios y mercados. Esto es porque las tecnologías y modelos de negocios que han logrado una posición líder no adoptarán ninguna nueva tecnología. Las empresas tenderán a mantener su antigua manera de hacer las cosas antes que aventurarse a un futuro desconocido.

#### Quinto: Estrategia y gestión Intra-organizacionales vs Inter-organizacionales.

Los flujos físicos de materiales y energía extraídos de la naturaleza viajan a través de muchas partes interdependientes dentro del sistema de producción-consumo antes de terminar desechos o emisiones al ecosistema. Estos flujos no entienden de quién los produce o define, ni de administraciones, aspectos geográficos, sectoriales ni de límites o barreras organizacionales. Nuevos modelos de negocios que están utilizando modalidades como el leasing o renting en sus productos mientras mantienen su propiedad han sido propuestos en EC (Rashid et al., 2016). Todos ellos requieren una gestión sostenible inter-organizacional, entre proveedores y clientes aunque la mayor dificultad en esta gestión sostenible inter-organizacional, está en dar respuesta a cuestiones como, quién es el líder de la red, de quién es la máxima responsabilidad, quién pierde si el proyecto no es logrado o quién asume los mayores riesgos, etc.

#### Sexto: Definición de flujos físicos.

Historia, cultura, comunidades y sociedad han decidido y lo seguirán haciendo qué flujos de materiales son buenos y cuales malos. La definición será siempre cambiante y dinámica. La definición, naturalmente, decide que flujos están dirigidos en gobiernos, políticas y dirección estratégica. Aunque en las estadísticas usadas globalmente por las administraciones medioambientales, nos encontramos con una gran carencia de categorías de flujos de materiales desde un punto de vista de EC. En los países occidentales podemos destacar la utilización de residuos en reciclado convencional y recuperación de energía como las categorías más comunes. Por el contrario, reutilización de producto o reelaboración no son definidas como categorías en estas estadísticas. Así pues, resulta



complicado definir, implementar políticas y legislar oficialmente actividades de economía circular.

La definición de flujo de material es temporal, espacial y cultural. Por lo tanto, toda iniciativa de economía circular debe ser emplazada y considerada en tal contexto.

## 6. Estudios y experiencias a nivel regional. La economía circular en España y Aragón.

Hasta este momento en el trabajo nos hemos centrado en una caracterización y posterior análisis de la EC de un punto de vista principalmente teórico. En este punto, vamos a poner la atención en aspectos de tipo empresarial y espacial relacionados con el despliegue efectivo de la economía circular, más concretamente en la que vivimos en la sociedad española y en el de nuestra comunidad autónoma, Aragón.

A nivel territorial, la EC juega un papel relevante como arma estratégica de la economía, ya que a través de ella podemos prevenir el deterioro medioambiental, preservando recursos naturales escasos y generando un circuito de materiales dentro del sistema económico (Geng y Doberstein, 2008).

Podemos afirmar que precisamente el desarrollo del modelo de EC a nivel regional dependerá, de la capacidad de absorción, de innovación, y de los perfiles industriales y empresariales de las diferentes regiones y ciudades. (Coats y Benton, 2015; Walendowski et al., 2014).

A nivel nacional, COTEC Fundación para la innovación, ha presentado el primer informe a nivel estatal en el que se evalúa la situación de la EC en España en el que se propone un sistema integrado de indicadores para evaluar, medir y permitir realizar un seguimiento de la economía circular.

En el caso de España, podemos considerar las iniciativas de EC como incipientes y hasta la fecha enfocadas, principalmente, en las políticas medioambientales de la fase final del

ciclo económico, como la gestión de residuos, a través de un Plan Estatal Marco de Gestión de Residuos (PEMAR, 2016-2022) a medio plazo y por otro lado con la Estrategia Española de Bioeconomía Horizonte 2030.

En consecuencia, todavía no se dispone de una metodología suficientemente elaborada y consensuada para el seguimiento y evaluación de los procesos de EC, por lo que, en la situación actual, solamente se pueden presentar una serie de iniciativas vinculadas a otras estrategias de sostenibilidad y políticas ambientales más desarrolladas.

En un contexto Nacional, es evidente que la recesión económica provocó ciertos cambios en los procesos productivos y que podrían aprovecharse para iniciar una transición hacia una economía más sostenible.

A continuación, repasaremos los principales sectores económicos que tienen una incidencia relevante en procesos de economía circular en España. (COTEC, 2017).

- El consumo nacional de materiales (CNM) con datos oficiales del MAGRAMA, se ha reducido casi un 50% entre 2008 y 2012.
- El consumo de energía final en España mantiene una trayectoria decreciente desde el año 2005. La intensidad de la energía es una forma útil de evaluar la eficiencia energética, y esta se redujo entorno al 20% entre los años 2000-2013.
- El sector de la industria mantiene algunas de las principales presiones asociadas a la actividad industrial, como el consumo de energía, y las emisiones de dióxido de carbono que aumenta, empeorando así la tendencia hacia la ecoeficiencia. La crisis económica quebró la tendencia positiva sobre inversión ambiental, lo cual no indica una posición favorable para reducir el impacto ecológico del sector. Sin embargo, uno de los subsectores más dinámicos, es el de la Industria Ecológica, siendo éste clave en la mejora de la sostenibilidad. En este sentido encontramos tendencias favorables en sectores como los de las energías renovables, el tratamiento de agua y de residuos y la calidad del aire y las emisiones.
- El sector del Turismo tiene un importante reto en la mejora de la ecoeficiencia y sostenibilidad medioambiental. Siendo eje estratégico de la economía española suponiendo más de un 11% del PIB y del empleo. La ecoinnovación en las estrategias del todavía modelo convencional de sol y playa podría reportar beneficios sociales, económicos y ambientales.

- En el sector agrario, no podemos hablar de mejoras de ecoeficiencia en términos generales. El análisis del sector refleja un alto grado de asociación entre crecimiento de la producción y presiones ambientales que esto ejerce. Las mayores aportaciones pueden provenir de las innovaciones tecnológicas del sector de la agroindustria española. También cabría destacar los avances de la agricultura y ganadería ecológicas, siendo España uno de los primeros lugares de la UE en número de hectáreas dedicadas a este sector.
- Cabe destacar el subsector de la biomasa, dentro de una cadena agroalimentaria donde se genera una amplia gama de subproductos procedentes de la transformación y comercialización de alimentos o de los procesos de aprovechamiento de los recursos forestales.
- Por último, la generación de residuos municipales mantiene una tendencia generalizada de descenso, que llegó al 31.8% en el periodo 2000-2013

Con respecto al nivel territorial, en la Comunidad Autónoma de Aragón se observa un incremento de experiencias locales en las cuales se aplican algunos de los principios o actividades de la EC a pequeña escala en distintas localidades. Por ejemplo en Monzón (Pidre Bocado, 2016) y en Comarcas como la de Cariñena (Europa Press, 2014) con un proyecto en el que se convierte los residuos de la vid en biomasa con mejoras en términos de huella de carbono y aprovechamiento energético. Además, resultan interesantes algunas iniciativas para la difusión de la EC entre las empresas llevadas a cabo por la Cámara de comercio de Zaragoza, así como actividades de formación e investigación derivadas de acuerdos entre instituciones como por ejemplo el Máster ofertado en Economía Circular Aplicada por la Universidad de San Jorge.

A nivel autonómico, cabe destacar que la estrategia RIS3 para Aragón (Gobierno de Aragón, 2015) podría dar lugar a diversas iniciativas de EC, ya que supone un instrumento de acción del Gobierno de Aragón en la aplicación de los Fondos Europeos de Desarrollo Regional (FEDER) y Agrícolas de Desarrollo Rural (FEADER) y hacer realidad el objetivo de convertir Aragón en un territorio inteligente, sostenible e integrador.

A partir del estudio dirigido por María Pilar Portillo Tarragona, (Portillo et al., 2017), Nivel de implantación de la economía circular en Aragón, podemos concluir que el grado de penetración de los principios de EC en Aragón es todavía limitado y en fase incipiente de implementación. Sin embargo, existe el optimismo por parte de los expertos en el sector

conforme a su penetración a nivel regional, haciéndose efectivas las principales actividades de EC en el medio y largo plazo.

Podemos afirmar que la EC está implantada a nivel de administración pública en Aragón en lo que se refiere al sector de tratamiento de residuos, aunque se aboga para una introducción explícita de todos los principios de circularidad planteados desde la UE, escasamente contemplados en las políticas regionales.

Cabe mencionar una de las observaciones más recurrentes por parte de los expertos respecto a la baja densidad de población en Aragón, lo que podría representar una oportunidad más que un inconveniente, para este tipo de economía. Por este motivo, se requiere de la puesta en funcionamiento de un plan específico para la promoción de la EC en la Comunidad Autónoma y así, mejorar el grado de penetración en la sociedad aragonesa.

Parte del éxito va a depender del cumplimiento de un conjunto de acciones consideradas clave para la implementación de modelos de economía circular como, rediseñar los productos con el fin de recuperar componentes y materiales, la promoción de nuevos modelos de negocio y la implantación de soluciones de logística inversa que retornen los productores de consumidores a la cadena de suministro.

A nivel micro, podemos afirmar que el reciclado de residuos en las empresas aragonesas podría alcanzar índices de aplicación de interés en Aragón, también aún cierto consenso entre los expertos la idea de que los avances tecnológicos favorecerán la implantación de la EC en el futuro, aunque su adopción será muy paulatina.

A nivel social, podemos concluir que el nivel de penetración del concepto de EC en la sociedad aragonesa es bajo, lo que supone la necesidad del lanzamiento de campañas de concienciación divulgando la EC y lo que esta plantea. Parece evidente que en la economía de los servicios, en la cual se favorece el alquiler de electrodomésticos, vehículos, etc., que suponen un uso poco intensivo en los hogares, irá aumentando muy lentamente y en el largo plazo. No obstante, supone un importante reto para una sociedad mediterránea en la que la propiedad privada marca indudablemente los hábitos de los hogares.

# 7. Conclusiones.

El concepto de EC ha influenciado políticas e innovación en algunas de las economías más grandes como la china, la alemana, la japonesa o la inglesa. Se ha puesto de manifiesto que todas estas iniciativas tienen que ser bien diseñadas y evaluadas regularmente. Mientras muchos proyectos fracasan, otros muchos han operado por décadas. Instrumentos políticos apropiados contribuyen al éxito, innovación y desarrollo de sinergias que ayudan a los actores involucrados a lograr sus objetivos y políticas que apoyen la estandarización del uso y reciclaje de productos es imprescindible para animar a la industria a adoptar el concepto de Economía Circular.

Sin embargo, queda de manifiesto que, en ausencia de un marco de regulación por parte de la industria o la comunidad, las iniciativas de EC no son sostenibles. En muchos estudios podemos observar barreras a la circulación por parte de flujos de materiales que no cumplen con las demandas, por transporte o infraestructura o por intercambio energético.

La innovación social que promueva el compromiso de la comunidad, la educación y la difusión en los medios es esencial para las iniciativas que aplican el concepto de EC. Además una exitosa implementación de este concepto requiere que los participantes tengan una idea clara de los beneficios económicos potenciales, de la reducción de residuos, de la carga medioambiental que esto genera y de la reutilización de materiales.

Existen barreras potenciales a nivel de utilización de producto y su reutilización, incluyendo una falta de información sobre productos específicos y de los riesgos percibidos asociados a la renovación o reutilización de materiales como plásticos y desechos alimenticios. A pesar de ello, existe una evidencia en la que el consumidor demanda un mercado de esta clase de productos por lo que un dialogo entre productores y procuradores podría dar base a un modelo de negocio para este mercado y que fuese sostenible. Un desafío clave en el uso y reutilización de materiales es la calidad percibida a lo largo del tiempo.

Adicionalmente, se puede observar una falta crítica de estudios sobre la aplicación y evaluación de sistemas biológicos, químicos y plásticos.

En el segundo apartado hemos comprobado como La EC es un concepto en tendencia de cual se está hablando mucho últimamente. Estos conceptos al alza, tienden a tener un significado difuso y son muchos los que apuntan a que este es el caso de la EC.

Hemos definido la EC como un sistema económico que reemplaza el concepto de fin de vida del producto por la reducción, reutilización alternativa, reciclaje y recuperación de materiales en procesos de producción, distribución y consumo. Opera a nivel macro (ciudades, regiones, países), meso (parques eco-industriales) y micro (productos, empresas, consumidores) con el objetivo de lograr un desarrollo sostenible y que, simultáneamente, cree calidad medioambiental, prosperidad económica e igualdad social, para el beneficio de presentes y futuras generaciones. Todo esto llevado a cabo por novedosos modelos de negocios y consumidores.

El análisis a través de sus definiciones nos provee como primera evidencia que la EC tiene un significado distinto dependiendo de a quien se pregunte. Y que, algunos autores, parecen no tener una idea clara de lo que este concepto supone. Por ejemplo, encontramos algunos autores relacionan por completo EC y reciclaje mientras que una conceptualización mayor está basada en el conjunto formado por reducción, reutilización y reciclaje.

Preocupante es que, sólo un tercio de las definiciones explican la jerarquía de residuos. Considero que la falta de inclusión de este concepto en la EC puede resultar en compañías implementando solamente mínimos cambios en sus modelos actuales de negocio, como aumentando los niveles de reciclado y declarándose parte de la economía circular. Por lo tanto, la EC debe ser entendida como un cambio fundamental y sistemático del modelo actual en lugar de un mero cambio del status quo para garantizar su impacto. Como dato solo un 40% de los textos recogen la EC desde la perspectiva de cambio de modelo.

Entre tanto, autores declaran que la conexión entre EC y desarrollo sostenible es débil. La mayoría de ellos ve en la EC el camino hacia la prosperidad económica, mientras que revisiones en la literatura sobre EC han argumentado que debería estar más enfocada en objetivos medioambientales. No es de sorprender que la prosperidad económica, sea particularmente destacada como objetivo principal por las definiciones entre profesionales. Por último, cabe destacar que existe una cierta duda sobre los modelos de negocios como principales favorecedores de la EC, cuando muy pocas definiciones se refieren a estos de manera explícita. Del mismo modo, solo una de cada cinco definiciones consideraba a los consumidores como actores favorecedores de la EC.

Además, tras el estudio del apartado tercero, podemos concluir que la EC es atractiva para aquellas empresas que adopten una crítica integración de los asuntos de sostenibilidad y desarrollo del negocio. En mi opinión, la transición a una EC necesitará cambios radicales e innovación así como la habilidad de las empresas para gestionarlos. Las barreras más comunes que nos encontramos son financieras, estructurales, operacionales, actitudinales, y tecnológicas. Todas ellas barreras de integración a la sostenibilidad en general, sin embargo revelan incluso una mayor dificultad dentro de las perspectivas empresariales para ser integradas. Por ejemplo, la integración entre:

- Perspectiva sobre la sostenibilidad y el desarrollo empresarial.
- Perspectiva sobre el producto, servicio y sistema.
- Diferencias en dominios funcionales (departamentos/funciones).
- Diferencias a nivel jerárquico.
- De los actores involucrados a lo largo de la cadena de valor desde materias primas hasta el consumidor final.

Por último, la economía circular parece ser un concepto prometedor, ya que es capaz de atraer a la comunidad empresarial hacia el trabajo por el desarrollo sostenible. Es de sentido común, que si extraemos un recurso de una fuente natural y empleamos un duro trabajo de transformación en un producto que tiene un valor económico, podamos utilizar ese valor muchas veces y no solamente una. Sin embargo, existen muchas limitaciones y desafíos del concepto de EC teniendo en cuenta la sostenibilidad medioambiental. Todos estos desafíos están relacionados con los impactos reales de estas actividades de EC. Estas limitaciones sirven también como líneas de investigación y propuestas de proyecto a científicos, legisladores, y actores empresariales que estén interesados en hacer progresos en desarrollo sostenible a través de la economía circular. La EC tiene una gran fuerza inspiracional y está equipada de los mecanismos críticos de evaluación tan importantes para la sostenibilidad global neta.

## 8. Bibliografía.

**Ahuja, G. and Lampert, C.M., 2001.** Entrepreneurship in the Large Corporation.

**Amui, L.B.L., Jabbour, C.J.C., Jabbour, A.B.L, Kannan, D., 2017.** Sustainability as a dynamic capability: a systematic review and future agenda toward a sustainable transition.

**Barbier, E., 2012.** The green economy post Rio+20.

**Berkhout, P.H.G., Muskens, C., Velthuisen, J.W., 2000.** Defining the rebound effect.

**Borrello, M., et al., 2017.** Consumers' perspective on circular economy strategy for reducing food waste.

**Brennan, G., Tennant, M., Blomsma, F., 2015.** Business and production solutions: closing loops and the circular economy.

**Coats, E., Benton, D., 2015.** Unemployment and the circular economy in Europe: a study of opportunities in Italy, Poland and Germany.

**Costa I., Massard G., Agarwal A., 2010.** Waste management policies for industrial symbiosis development: case studies in European countries.

**D. D'Amato, N. Droste, B. Allen, M. Kettunen, K. Lahtinen, J. Korhonen, P. Leskinen, B.D. Matthies, A. Toppinen, 2018.** Green, circular, bio economy: A comparative analysis of sustainability avenues.

**Despeisse M, Kishita Y, Nakano M, Barwood M., 2015.** Towards a Circular Economy for End-of-Life Vehicles: a Comparative Study UK-Japan.

**Duarte R., Pinilla V., Serrano A., 2018.** Factors driving embodied carbon in international trade: a multiregional input–output gravity model, Economic Systems Research.

**Elkington, J., 1997.** Cannibals with Forks: Triple Bottom Line of 21st Century Business.

**Ellen MacArthur Foundation, 2012.** Towards the Circular Economy: Economic and Business Rationale for an Accelerated Transition.

**Ellen MacArthur Foundation, 2015.** Towards the Circular Economy. Opportunities for the Consumer Goods Sector.

**EUKN, 2015.** The Circular City: Lessons from Europe.



**Europa Press, 2014.** Cariñena, pionera en España con un proyecto de economía circular que convierte residuos de la vid en biomasa.

**European Commission, 2008.** Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on Waste and Repealing Certain Directives.

**Fang, Y., Côté, R.P., Qin, R., 2007.** Industrial sustainability in China: practice and prospects for eco-industrial development.

**Fulton, S.C., 2012.** Twenty years after the rio earth summit: what is the agenda for the 2012 United Nations Conference on Sustainable Development? Proceedings of the Annual Meeting (American Society of International Law) 91–94.

**COTEC, Fundación para la Innovación, 2017.** Situación y evolución de la economía circular en España. Madrid (España).

**Gartner, 2016.** Market Share Analysis: Consulting Services, Worldwide, 2015.

**Geissdoerfer, M., et al., 2017.** The circular economy – a new sustainability paradigm.

**Geng Y., Doberstein B., 2008.** Developing the circular economy in China: challenges and opportunities for achieving leapfrog development.

**Geng, Y., 2013.** Measuring China's circular economy.

**Genty, A., I. Arto and F. Neuwahl, 2012.** Final Database of Environmental Satellite Accounts: Technical Report on Their Compilation.

**Georgescu-Roegen, N., 1971.** The Entropy Law and the Economic Process.

**Georgescu-Roegen, N., 1975.** Energy and economic myths.

**Ghisellini, P., Cialani, C., Ulgiati, S., 2016.** A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems.

**Gobierno de Aragón, 2015.** Estrategia Aragonesa de Investigación e Innovación para una Especialización Inteligente RIS3 Aragón.

**Hannon, E., Kuhlmann, M., Thaidigsmann, B., 2016.** Developing Products for a Circular Economy.

**Heeres RR, Vermeulen WJ. De Walle FB., 2004.** Eco-industrial part initiatives in the USA and The Netherlands.

**Hunt RG, Franklin WE, Hunt RG., 1996.** LCA - How it came about. Int. J Life Cycle Assess.

- Jackson, M., Lederwasch, A., Giurco, D., 2014.** Transitions in theory and practice: managing metals in the circular economy.
- Jacobsen NB., 2006.** Industrial symbiosis in Kalundborg, Denmark: a quantitative assesment of economic and environmental aspects.
- Jevons, F., 1990.** Greenhouse - a paradox.
- Jiao, W., Boons, F., 2014.** Toward a research agenda for policy intervention and facilitation to enhance industrial symbiosis based on a comprehensive literature review.
- Kirchherr, J. Reike, D., Hekkert, M., 2017.** Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions.
- Winans, K., Kendall, A., Deng, H., 2017.** The history and current applications of the circular economy concept.
- King, A.M., 2006.** Reducing waste: repair, recondition, remanufacture or recycle?
- Korhonen, J., Honkasalo, A., Seppala, J. 2018.** Circular Economy: The Concept and its Limitations.
- Lee K, Pedersen AB, Thomsen M., 2014.** The influence of resource strategies on childhood phthalate exposure - the role of reach in a zero waste society.
- Lewandowski, M., 2016.** Designing the Business Models for Circular Economy Towards the Conceptual Framework.
- Li, H., et al., 2010.** Energy conservation and circular economy in China's process industries. **Lieder, M., Rashid, A., 2016.** Towards circular economy implementation: a comprehensive review in context of manufacturing industry.
- Mayer, A., Kauppi, P., Angelstam, P., Zhang, Y., Tikka, P., 2005.** Importing timber, exporting ecological impact.
- Mayumi, K., Giampietro, M., Gowdy, J., M., 1998.** Georgescu-Roegen/Daly versus Solow/Stiglitz revisited.
- Moreau, V., 2017.** Coming full circle: why social and institutional dimensions matter for the circular economy.
- Munda, G., 1997.** Environmental economics, ecological economics, and the concept of sustainable development.
- Murray, A., Skene, K., Haynes, K., 2017.** The circular economy: an interdisciplinary exploration of the concept and application in a global context.

**Neumayer, E., 2003.** Weak versus Strong Sustainability: Exploring the Limits of Two Opposing Paradigms, second ed. Edward Elgar, Cheltenham, UK.

**Norton, B., Costanza, R., Bishop, R., C., 1998.** The evolution of preferences - why 'sovereign' preferences may not lead to sustainable policies and what to do about it.

**Panda AK., Singh RK., Mishra DK., 2010.** Thermolysis of waste plastics to liquid fuel: a suitable method for plastic waste management and manufacture of value added products - a world perspective.

**Pidre Bocardo, J.R., 2016.** Economía Circular en el ámbito rural.

**Portillo Tarragona, P., Scarpellini, S., Llana, F., Aranda-Uson, A., 2017.** Nivel de implantación de la economía circular en Aragón

**Rashid, A., Farazee, M. Asif, Krajnik, P., Nicolescu, C., 2013.** Resource conservative manufacturing.

**Ritzen, S., 2017.** Barriers to the Circular Economy – integration of perspectives and domains.

**Sakr, D., 2011.** Critical success and limiting factors for eco-industrial parks: global trends and Egyptian context.

**Sauvé, S., Bernard, S., Sloan, P., 2016.** Environmental sciences: sustainable development and circular economy: alternative concepts for trans-disciplinary research.

**Shi L., Yu B., 2014.** Eco-industrial parks from strategic niches to develop mainstream: the cases of China. Sustainability.

**Sokka L., Pakarinen S., Melanen M., 2011.** Industrial symbiosis contributing to more sustainable energy use, an example from forest industry in Kymenlaakso, Finland.

**Song, Q., Li, J., Zeng, X., 2015.** Minimizing the increasing solid waste through zero waste strategy.

**Taylor, S.J., 2016.** A Review of Sustainable Development Principles.

**Tian J. Liu W, Lai B, Li X, Chen L., 2014.** Study of the performance of eco-industrial park development in China.

**Timmer, M.P., E. Dietzenbacher, B. Los, R. Stehrer and G.J. de Vries, 2015.** An Illustrated User Guide to the World Input–Output Database: the Case of Global Automotive Production.

**United Nations, 2014.** Towards a circular economy: A zero waste programme for Europe.

**Walendowski, J., Roman, L., Miedzinski, M., 2014.** Regional Innovation Monitor Plus. Regions in transition towards a circular economy.

**Wen Z, Meng X., 2015.** Quantitative assessment of industrial symbiosis for the promotion of circular economy: a case study of the printed circuit boards industry in China's Suzhou New District.