



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Departamento de Economía y Ciencias Sociales
Programa de Doctorado en Economía Agroalimentaria

La Economía Circular en las organizaciones: estrategias e indicadores. Análisis de casos

TESIS DOCTORAL

Ana Palanca Roig

Directores:
Francisco Mas Verdú
Norat Roig Tierno

Valencia, Abril, 2023

Als meus pares pel seu suport i amor incondicional

Agradecimientos

En primer lugar, y de forma especial, quiero dar las gracias a Ausiàs, mi compañero de vida, y a mi hija Aitana, mi revolución y motivación permanente que nació durante el desarrollo de la tesis, por permitirme dedicar tiempo y energía.

A mis padres, Pepi y Vicent, por los tremendos esfuerzos que han hecho a lo largo de toda su vida, los cuales han sido esenciales en mi desarrollo como persona.

A todos aquellos amigos y familiares que me han acompañado en el viaje y han sido inspiración y vitamina.

También quiero expresar mi más profundo agradecimiento a mis directores, los Profesores Francisco Mas Verdú y Norat Roig Tierno, por su dedicación, conocimientos y orientaciones ya que sin ellos esta tesis nunca habría sido posible.

Finalmente, dar las gracias a todas las personas entrevistadas de las once organizaciones por su disponibilidad, amabilidad e implicación, mostrándome su experiencia y conocimientos en el campo del apasionante mundo de la economía circular.

Resumen/Abstract/Resum

Resumen

Los retos sociales y medioambientales a los que nos enfrentamos en el siglo XXI han sido el motor de la investigación en economía circular (EC). La EC se define como un sistema económico que minimiza la entrada y el desperdicio de recursos, las emisiones y las fugas de energía del sistema mitigando los impactos negativos sin poner en peligro el crecimiento y la prosperidad (Geissdoerfer et al., 2018).

Esta tesis persigue proporcionar un marco conceptual con el fin de analizar el esfuerzo requerido para implementar estrategias de EC en las organizaciones, así como el impacto que genera y la forma en que se mide su grado de avance.

Para ello se han realizado los siguientes estudios: (1) análisis bibliográfico del concepto de la EC, estrategias e indicadores; (2) análisis bibliométrico; (3) estudio del caso y análisis comparativo.

Esta investigación profundiza en la forma en que la aplicación de la EC está impactando en las organizaciones de la triple hélice: sector académico, empresarial y administración (Ranga et al., 2015), enfatizando los desafíos y lecciones aprendidas. De modo que se puedan identificar las oportunidades, fortalezas,

debilidades y barreras que está teniendo la aplicación real de la EC en las organizaciones.

Con dicho fin, se han seleccionado once organizaciones que han sido entrevistadas y analizadas siguiendo los criterios de diversidad (representación internacional pero también una fuerte presencia de la Comunidad Valenciana en el modelo de innovación de triple hélice), autenticidad y relevancia (grado de conocimiento del concepto de EC en para analizar un entorno heterogéneo con diferentes niveles de experiencias, oportunidades, fortalezas, debilidades en el campo de la EC e indicadores.)

Los desafíos comunes identificados para todas las organizaciones analizadas son la monitorización de la EC, la heterogeneidad en la aplicación y monitorización de las estrategias EC, la dimensión social, el involucramiento de todos los actores de la sociedad y la pandemia COVID-19. Por otro lado, las lecciones aprendidas comunes a todos los casos de estudio son la cooperación en proyectos de I+D+i financiados, el impacto económico positivo en las cadenas de valor circulares y la formación permanente. Finalmente, los indicadores que son empleados por todas las organizaciones analizadas se centran en el carácter medioambiental (huella de carbono, LCA) o el carácter general (KPI) de los indicadores.

Palabras clave: economía circular, indicadores, triple hélice, desafíos, lecciones aprendidas

Abstract

The social and environmental challenges that we face in the 21st century have been the engine of the circular economy (CE) research. The CE is understood as an economic system that minimizes the resource input and waste, emissions and energy leakage from the system mitigating negative impacts without jeopardizing growth and prosperity (Geissdoerfer et al., 2018).

This thesis aims to provide a conceptual framework to be able to analyse the effort required to implement CE strategies in organizations, as well as the impact generated and the way in which its degree of progress is measured.

With the described purpose, the following studies have been carried out: (1) bibliographical analysis of the CE concept, strategies, and indicators; (2) bibliometric analysis; (3) case study and comparative analysis.

This research delves into the way in which the application of CE is impacting on the triple helix organization: scientific, industrial and administration sector (Ranga et al., 2015), emphasizing points for improvement and lessons learned. So that we can understand the opportunities, strengths, weaknesses, and challenges that the real application of CE is having in the organizations.

For this purpose, there have been selected eleven organizations that have been interviewed and analysed following the diversity criteria (international representation but also a strong presence of the Valencian Community in the triple helix innovation model), authenticity and relevance (degree of knowledge of the -concept of CE to analyse a heterogeneous environment with different levels of experiences, opportunities, strengths, weaknesses in the field of CE and indicators).

The common challenges identified for all the organizations analysed are the monitoring of CE, the heterogeneity in the application and monitoring of CE strategies, the social dimension, the involvement of all actors of society and the COVID-19 pandemic. On the other hand, the common lessons learned are cooperation in funded R&D projects, the positive economic impact on circular value chains, and continuous training. Finally, the indicators that are used by all the organizations analysed focus on the environmental character (carbon footprint, LCA) or the general character (KPI) of the indicators.

Keywords: circular economy, indicators, triple helix, challenges, lessons learnt

Resum

Els reptes socials i mediambientals als quals ens enfrontem en el segle XXI han sigut el motor de la investigació en economia circular (EC). La EC es defineix com un sistema econòmic que minimitza l'entrada i el desaprofitament de recursos, les emissions i les fugides d'energia del sistema mitigant els impactes negatius sense posar en perill el creixement i la prosperitat (Geissdoerfer et al., 2018).

Aquesta tesi persegueix proporcionar un marc conceptual per a poder analitzar l'esforç requerit per a implementar estratègies de EC en les organitzacions, així com l'impacte que genera i la forma en què es mesura el seu grau d'avanç.

Per a això s'han realitzat els següents estudis: (1) anàlisi bibliogràfica del concepte de la EC, estratègies i indicadors; (2) anàlisi bibliomètrica; (3) estudi del cas i anàlisi comparativa.

Aquesta investigació aprofundeix en la forma en què l'aplicació de EC està impactant en les organitzacions de triple hèlice: sector acadèmic, empresarial i administració (Ranga et al., 2015), emfatitzant els desafiaments i lliçons apreses. De manera que es s'identifiquen les oportunitats, fortaleeses, febleses i barreres que està tenint l'aplicació real de la EC en les organitzacions.

Amb aquesta fi, s'han seleccionat onze organitzacions que han sigut entrevistades i analitzades seguint els criteris de diversitat (representació internacional però també una forta presència de la Comunitat Valenciana en el model d'innovació de triple hèlice), autenticitat i rellevància (grau de coneixement del concepte de EC en per a analitzar un entorn heterogeni amb diferents nivells d'experiències, oportunitats, fortaleses, febleses en el camp de la EC i indicadors).

Els desafiaments comuns identificats per a totes les organitzacions analitzades són el monitoratge de la EC, l'heterogeneïtat en l'aplicació i monitoratge de les estratègies EC, la dimensió social, l'involucrament de tots els actors de la societat i la pandèmia COVID-19. D'altra banda, les lliçons apreses comunes a tots els casos d'estudi són la cooperació en projectes d'I+D finançats, l'impacte econòmic positiu en les cadenes de valor circulars i la formació permanent. Finalment, els indicadors que són emprats per totes les organitzacions analitzades se centren en el caràcter mediambiental (empremta de carboni, LCA) o el caràcter general (KPI) dels indicadors.

Paraules clau: economia circular, indicadors, triple hèlice, desafiaments, lliçons apreses

Índice

Índice

Agradecimientos	5
Resumen.....	9
Abstract	11
Resum	13
Índice	17
Capítulo 1 Antecedentes.....	25
1.1. Introducción	25
1.2. Motivación de la investigación	26
1.3. Objetivos de la investigación	27
1.4. Estructura de la tesis doctoral.....	28
Capítulo 2 Economía circular: concepto, indicadores y estrategias....	31
2.1. Introducción	31
2.2. El concepto de Economía Circular (EC)	31
2.3. Indicadores de la EC.....	40

2.4. Estrategias de la EC	53
Capítulo 3. Metodología	61
3.1. Introducción	61
3.2. Análisis bibliométrico	64
3.3. Estudio de casos	66
3.3.1 Entrevistas semiestructuradas.....	69
Capítulo 4. Análisis bibliométrico	74
4.1. Introducción	74
4.2. Impacto y productividad de la EC y los indicadores.....	77
4.3. Análisis de co-citación.....	84
4.4. Análisis: bibliographic coupling.....	92
4.5. Análisis de coocurrencia de palabras clave.....	98
4.6. Conclusiones.....	101
Capítulo 5. Casos de estudio.....	106
5.1. Introducción	106
5.2. Presentación de los casos de estudio	114
5.2.1 Ciencia/ tecnología- AIMPLAS.....	114
5.2.2 Ciencia-Universidad AIT	115
5.2.3 Ciencia-Universidad UHO.....	116
5.2.4 Industria -GREENCYCLE.....	117
5.2.5 Industria -IMECAL.....	118
5.2.6 Industria-Consultora RINA.....	120
5.2.7 Industria -SAV	120
5.2.8 Administración -COST.....	121
5.2.9 Administración -CVI.....	122
5.2.10 Administración -DIVAL.....	123
5.2.11 Administración -MITECO.....	124
5.3. Análisis comparativo de los casos de estudio.....	126

5.3.1.	Análisis.....	126
5.3.2.	Desafíos a los que se enfrentan los casos de estudio	137
5.3.3.	Indicadores	147
5.3.4.	Lecciones aprendidas	155
5.4.	Síntesis de los resultados	164
Capítulo 6. Conclusiones		171
6.1.	Conclusiones	171
6.2.	Limitaciones y futuras líneas de investigación.....	181
Bibliografía.....		184
Anexos.....		207
ANEXO I-SÍNTESIS DE LAS ENTREVISTAS REALIZADAS A LAS ORGANIZACIONES.....		207
Caso 1 AIMPLAS [Asociación de investigación de materiales plásticos y conexas] 207		
Caso 2 AIT [Athlone Institute of Technology]		211
Caso 3 UHO [University of Hohenheim]		213
Caso 4 GREENCYCLE [Greencycle GmbH].....		215
Caso 5 IMECAL [Industrias Mecánicas Alcudia SA].....		217
Caso 6 RINA [RINA Consulting S.p.A.]		219
Caso 7 SAV [S.A. Agricultores de la Vega de Valencia].....		220
Caso 8 COST [European Cooperation in Science and Technology].....		222
Caso 9 CVI [Consortio Valencia Interior].....		224
Caso 10 DIVAL [Diputación de Valencia].....		225
Caso 11 MITECO [Ministerio de transición ecológica y cambio demográfico] 226		
ANEXO II-BIBLIOGRAFÍA EMPLEADA EN EL ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO		228

Índice de tablas y figuras	
Tabla 1 Definición de EC	34
Tabla 2 Clasificación y limitaciones de los indicadores de EC analizados.....	43
Tabla 3 Clasificación de los indicadores de EC analizados según las categorías propuestas por Saidani et al., 2019.....	50
Tabla 4 Las publicaciones más citadas sobre economía circular e indicadores.....	79
Tabla 5 Listado de los 15 autores con mayor número de citas e influencia en los campos de la EC y los indicadores.....	82
Tabla 6 Clusters temáticos relevantes por autores.....	94
Tabla 7 Las revistas más más productivas e influyentes en EC e indicadores	97
Tabla 8 Mapa de co-ocurrencia de palabras clave de los estudios más influyentes	100
Tabla 9 Clasificación de las organizaciones analizadas	110
Tabla 10 Desafíos a los que se enfrentan los casos de estudio derivados de la aplicación de la EC y su monitorización.....	138
Tabla 11 Indicadores empleados en la monitorización de la EC y su relación con los casos de estudio	148
Tabla 12 Lecciones aprendidas derivados de la aplicación de la EC y su monitorización	155
Tabla 13 Proyectos europeos de EC relevantes en los que han participado los casos de estudio	156
Tabla 14 Grado de avance de los casos de estudio en la implementación de la EC	166
Tabla 15 Rendimiento de los casos de estudio en los ODS	174
Tabla 16 Tabla base para construir el indicador propuesto	168
Figura 1 Estructura de la tesis doctoral.....	28
Figura 2 Clasificación de las definiciones de EC según su área y naturaleza.....	39
Figura 3 Clasificación de los indicadores de la EC.....	52
Figura 4 Evolución de las estrategias de la EC en la Comisión Europea.....	55
Figura 5 Estructura de la metodología.....	63
Figura 6 Esquema de la obtención de los mapas bibliométricos	75
Figura 7 Clasificación de publicaciones sobre economía circular e indicadores en las 20 áreas de investigación más relevantes.....	77
Figura 8 Número total de publicaciones y número total de citas recibidas sobre economía circular e indicadores.	78

Figura 9 Co-citación de autores en investigación de EC e indicadores.....	85
Figura 10 Temáticas de los proyectos financiados sobre EC por la Comisión Europea	86
Figura 11 Co-citación de organizaciones en investigación de EC e indicadores	87
Figura 12 Co-citación de países en investigación de EC e indicadores	88
Figura 13 Coautoría de autores en investigación de EC e indicadores	89
Figura 14 Coautoría de organizaciones en investigación de EC e indicadores.....	91
Figura 15 Emparejamiento bibliográfico de autores en EC e indicadores.....	93
Figura 16 Emparejamiento bibliográfico de organizaciones en EC e indicadores. ...	96
Figura 17 Emparejamiento bibliográfico de países en EC e indicadores	97
Figura 18 Conceptos clave en EC e indicadores.....	99
Figura 19 Esquema del capítulo 5.....	107
Figura 20 Organizaciones analizadas por el método del caso	109
Figura 21 Rendimiento del ODS 12 de Alemania, Bélgica, España, Italia e Irlanda en comparación con la media europea.....	112
Figura 22 Rendimiento del ODS 13 de Alemania, Bélgica, España, Italia e Irlanda en comparación con la media europea.....	112
Figura 23 Línea temporal de los casos de estudio relativa al concepto de EC	128
Figura 24 Organización del EPI 2020, con abreviaturas de tres letras (TLA) y pesos (Wt.) dentro de cada nivel.	167
Figura 25 Sinopsis de los desafíos de la EC y su monitorización en el estudio del caso.....	178
Figura 26 Sinopsis de las lecciones aprendidas en el estudio del caso	179
Figura 27 Sinopsis de los indicadores de la EC en el estudio del caso	180
Figura 28 Resultados obtenidos de WoS empleando los filtros "circular economy" AND "indicator"	228
Figura 29 Informa de citación.....	229
Figura 30 Publicaciones y citas de las publicaciones analizadas	229
Figura 31 Listado inicial de las publicaciones analizadas	230
Figura 32 Artículo analizado con el mayor número de publicaciones.	231
Figura 33 Categorías WoS.....	232
Figura 34 Autores de las publicaciones analizadas.....	232
Figura 35 Organizaciones de las publicaciones analizadas	233

Lista de Acrónimos

ACV	Análisis del ciclo de vida
CE	Comisión Europea
CEI	Circular Economy Index
CEIP	The Circular Economy Indicator Prototype
CET	The Circular Economy Toolkit
CIP	The Circularity Indicators Project
EC	Economía circular
EDP	Ecosystem Damage Potential
EEA	Agencia Europea de Medio Ambiente
EEEC	Estrategia Española de Economía Circular
EMF	Ellen MacArthur Foundation
EPSM	Environmental Performance Strategy Map
KPI	Key performance indicators
LCA	Life cycle assessment
MCI	The Material Circularity Indicator
MFA	Material flow analysis
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible
PYME	Pequeña y mediana empresa
REV	The Retained environmental value
SLCA	Análisis del ciclo de vida social
UE	Unión Europea
VRE	Value-based resource efficiency
WoS	Web of Science

La vida es un círculo. El final de un viaje es el comienzo del siguiente (Marshall III, 2005)

Capítulo 1. Antecedentes

Capítulo 1 Antecedentes

1.1. Introducción

La economía lineal ha sido un modelo exitoso en la generación de riqueza material en los países industrializados durante un largo periodo de tiempo, pero ha perjudicado el medio ambiente. Como consecuencia, durante la última década, el concepto de Economía Circular (EC) ha captado la atención de la comunidad científica, el sector industrial, los políticos y los medios de comunicación. Las ideas centrales de la Economía Circular son la concepción del fin de vida de un producto desde la fase de diseño, el respeto por el medio ambiente, social y económico y un uso consciente de los recursos. La integración de la reutilización y el reciclaje en el diseño inicial favorece que se alcance un resultado más circular y ambientalmente sostenible (Abokersh et al., 2021).

La EC está realizando un largo camino desde su definición hasta su incorporación en los valores de las empresas. Específicamente en la investigación se ha identificado la necesidad de establecer un marco teórico de la EC, así como la

definición e identificación de sus indicadores y estrategias. Con el fin de alcanzar dicho objetivo, se ha realizado en el capítulo 2 una revisión bibliográfica.

A su vez, la EC requiere un estudio de su aplicación, impacto y estrategias en distintas organizaciones tanto del sector industrial, académico como administrativo/gubernamental. Para ello se han incluido once casos de estudio prácticos desde tres perspectivas basadas en la triple hélice ciencia-industria-gobierno de modo que se describen y analizan experiencias innovadoras, casos de éxito y limitaciones en la aplicación de las estrategias de EC dentro de la Unión Europea. Con el fin de documentar y alimentar la información relativa a la experiencia en el campo de la EC, se han realizado entrevistas semiestructuradas a las organizaciones seleccionadas.

Con el propósito de ilustrar los casos de estudio prácticos, las organizaciones seleccionadas se enmarcan en la triple-hélice y pertenecen a diferentes países y distintos eslabones de la cadena de valor del sector biotecnológico. A su vez, todas ellas tienen en común su capacidad de mejora continua y cultura de la innovación, así como experiencia previa en la aplicación de la EC.

1.2. Motivación de la investigación

Los retos sociales y ambientales a los que nos enfrentamos en el siglo XXI han sido el motor de la investigación. La introducción del concepto de EC en el mundo académico, empresarial y gubernamental ha propiciado que se estén investigando nuevas tecnologías, se modifiquen los modelos productivos y se definan nuevas leyes.

Esta investigación profundiza en el modo en el que la aplicación de la EC está impactando a las organizaciones, enfatizando los puntos de mejora y lecciones aprendidas. De modo que podamos comprender las oportunidades, fortalezas, debilidades y desafíos que la aplicación real de la EC está teniendo en las organizaciones.

En la literatura, encontramos revisiones bibliográficas del concepto de EC y la definición de algunos indicadores. A lo largo de la tesis se pretende profundizar

en la clasificación de los indicadores y sus puntos de mejora, así como en la revisión de la heterogeneidad del concepto de la EC.

A su vez, se pretende analizar las diferencias y similitudes entre la aplicación teórica y práctica del concepto y estrategias de la EC procediendo de la siguiente forma. A lo largo del tiempo, el interés por el concepto y estrategias de la EC ha aumentado desde el punto de vista científico, político, industrial y periodístico, convirtiendo el término EC en un concepto menos abstracto y más cercano. Dicho crecimiento de la aplicación y conocimiento de la EC ha supuesto un reto y una motivación al mismo tiempo por la constante aparición de nuevos artículos, aplicaciones y legislación.

En particular los cambios legislativos, han tenido un impacto en la comunidad científica y el sector industrial, instándoles en la búsqueda de soluciones tecnológicas que den respuesta a los objetivos sostenibles definidos.

1.3. Objetivos de la investigación

El objetivo general de esta tesis es analizar el alcance e impacto que tienen el concepto, estrategias e indicadores de la economía circular aplicadas en casos de estudio reales.

A su vez, la tesis tiene objetivos específicos tales como:

- Definir un marco conceptual a través de la revisión bibliográfica del concepto de EC, indicadores y estrategias.
- Estudiar la literatura científica sobre economía circular y sus indicadores mediante la utilización de técnicas bibliométricas.
- Analizar de forma comparativa la aplicación del concepto, estrategias e indicadores de la economía circular en once casos de estudio seleccionados en base a la triple hélice (ciencia-industria-administración).
- Explorar las diferencias y aproximaciones entre la aplicación teórica y práctica del concepto y estrategias de la EC.

Para la consecución de dichos objetivos se han considerado las publicaciones de artículos científicos durante el periodo 2011-2021, las estadísticas oficiales, la información obtenida en las entrevistas semiestructuradas a las once organizaciones, así como los datos disponibles en sus páginas web.

1.4. Estructura de la tesis doctoral

La investigación se ha organizado en seis capítulos, referencias y anexos con el fin de cubrir todos los objetivos de la investigación tal y como se muestra en la figura 1.

Figura 1 Estructura de la tesis doctoral



Fuente: Elaboración propia

Capítulo 2. Economía circular: concepto, indicadores y estrategias

Capítulo 2 Economía circular: concepto, indicadores y estrategias

2.1. Introducción

El marco conceptual se ha determinado a través de una revisión exhaustiva de la investigación previa publicada por otros autores. A lo largo del capítulo se realiza una exploración de la literatura centrada en la definición del concepto de Economía Circular (EC), sus indicadores y estrategias.

2.2. El concepto de Economía Circular (EC)

La definición del concepto de Economía Circular (EC) es el primer paso para construir un análisis sistemático de la literatura. Específicamente, la producción científica relacionada con el concepto de Economía Circular (EC) ha experimentado un aumento en los últimos años. En el año 2014, se realizaron 27 publicaciones relacionadas con al EC mientras que en el año 2017 se publicaron 371 artículos científicos (Ruiz-Real et al., 2018). Tal y como se ha comentado, la relevancia de la EC ha ido aumentando, reflejándose en un mayor número de publicaciones científicas relacionadas.

Aunque las definiciones del concepto de EC se han llevado a cabo principalmente durante la última década, el punto de partida de todas ellas es el closed-loop system (sistema de ciclo cerrado) y la economía sostenible (Murray et al., 2017).

El concepto de closed-loop system (Stahel et al., 1994) se remonta a los años 70 y se sustenta en el control de las entradas y salidas del sistema. Representó un gran avance al proporcionar una alternativa al modelo de producción lineal (producción-consumo-eliminación) contribuyendo al inicio de la definición del modelo circular en el que se tiene en cuenta la etapa de diseño y se proporcionan soluciones alternativas de reutilización, reciclaje y reparación.

La concepción de *closed-loop system* influyó poderosamente en la política alemana y japonesa de las décadas de 1980 y 1990 (Triebswetter et al., 2005 y Moriguchi, 2016) y estableció un entendimiento común de la EC ayudando a asumir su implementación, fomentar la cooperación y evitar confusiones (Preston, 2012), así como promover el diseño para una EC (Hapuwatte y Jawahir, 2021). Los indicadores son necesarios para poder evaluar el close-loop system (Mayer et al., 2019).

Dentro del marco de la EC, existen conceptos y herramientas conexas que contribuyen a su aplicación y desarrollo, y son elementos indispensables para entender el alcance de la EC como son la ecología industrial, la simbiosis urbana e industrial, el ecodiseño y el análisis del ciclo de vida (ACV).

-En primer lugar, la ecología industrial se define como “los medios por los cuales la humanidad puede mantener la sostenibilidad, dada la continua evolución económica, cultural y tecnológica considerando el sistema industrial de forma integrada en el entorno” Graedel et al. (2010) y Didenko et al. (2018) trabajaron en un paso previo focalizado en la comparación de criterios ecológicos entre la economía lineal y circular, para establecer una base de conocimiento mientras que Trollman et al. (2021) estudiaron un indicador para la integración ecológica de la fabricación.

La ecología industrial ha dado respuesta a las preguntas técnicas y de ingeniería necesarias mientras que las estrategias de EC incorporan respuestas a cómo lograr el cambio socio institucional (Boons y Howard-Grenville, 2009).

-En segundo lugar, la simbiosis urbana e industrial se define como un enfoque colectivo de la ventaja competitiva en el que industrias separadas crean una red cooperativa para intercambiar materiales, energía, agua y / o subproductos (Baldassarre et al., 2019).

La simbiosis urbana e industrial ha potenciado que la EC evolucione en redes industriales intersectoriales, pero sigue habiendo lagunas en las soluciones de optimización de reciclaje, reducción y reutilización basadas en datos operativos (Tseng et al., 2018).

-En tercer lugar, el ecodiseño, es el enfoque *bottom-up* en el que las consideraciones medioambientales se integran en el diseño y desarrollo del producto trabajando para obtener productos que causen el menor impacto posible en el ecosistema a lo largo de todo su ciclo de vida (Jensen et al., 2019 y Aguiar et al., 2021).

El ecodiseño contribuye a garantizar que las empresas puedan implementar los requisitos de EC más fácilmente (Mendoza et al., 2017).

-En cuarto lugar, el análisis del ciclo de vida (ACV, también llamado LCA, life cycle analysis), indicador/metodología para cuantificar los impactos ambientales potenciales que están vinculados a los productos, contribuyendo a la identificación de oportunidades para la prevención de la contaminación y la reducción del consumo de recursos, teniendo en cuenta todo el ciclo de vida del producto (Rebitzer et al., 2004).

El ACV es una herramienta indispensable del ecodiseño para comparar las distintas opciones que pueden implementarse siguiendo una aproximación de la EC y limitando los impactos medioambientales (Sauvé et al., 2021).

Tal y como se ha descrito, numerosos autores han definido el concepto de EC desde diversas perspectivas y puntos de vista. En este capítulo se recopilan las definiciones más representativas de las publicaciones más recientes y se analizan los puntos comunes. Ello permite realizar una clasificación en base al área predominante (económico, ambiental, social) o su naturaleza (institucional, conceptual).

Tabla 1 Definición de EC

Autor(es)	Definición de EC	Área			Naturaleza	
		Económico	Ambiental	Social	Institucional	Conceptual
Sauvé et al., 2021	"La aplicación del desarrollo sostenible, a través del modelo lineal de producción, para lograr la reducción de residuos, reciclaje y reducción de la contaminación, enfocándose principalmente en los procesos posteriores de producción y consumo."					
Murray et al., 2017	"Un modelo económico en el que la planificación, la dotación de recursos, las adquisiciones, la producción y el reprocesamiento se diseñan y gestionan, como proceso y como resultado, para maximizar el funcionamiento del ecosistema y el bienestar humano."					
Hu et al., 2011	"Actividades económicas que consideran las regulaciones ecológicas y económicas, con el objetivo de alcanzar una simbiosis social y material de recursos, energía e información entre empresas"					
The United Nations Environment Programme (UNEP), 2006	"Un equilibrio entre el desarrollo medio ambiental y económico y la protección de los recursos."					
D'Amato et al., 2021; Hobson, 2016 y Niero et al., 2017	"Un sistema industrial que es restaurador o regenerador por intención y diseño. En particular se reemplaza el concepto de fin de vida por restauración, se cambia hacia el uso de energía renovable, se elimina el uso de químicos tóxicos, y se apunta a la eliminación de residuos a través del diseño de materiales, productos, sistemas y modelos de negocio."					

Autor(es)	Definición de EC	Área			Naturaleza	
		Económico	Ambiental	Social	Institucional	Conceptual
Haas et al., 2015	"Es una estrategia que tiene como objetivo reducir tanto la entrada de materiales vírgenes como la salida de residuos mediante el cierre de los ciclos económicos y ecológicos de los flujos de recursos."					
Haupt et al., 2017	"Un sistema de producción y consumo con pérdidas mínimas de materiales y energía a través de una amplia reutilización, reciclaje y recuperación."					
Moreau et al., 2017	"Es una estrategia económica que sugiere formas innovadoras de transformar el actual sistema de consumo predominantemente lineal en uno circular, al tiempo que se logra la sostenibilidad económica con ahorros de materiales."					
Singh y Ordóñez, 2016	"Reemplaza el concepto de fin de vida por restauración, cambia hacia el uso de energía renovable, elimina el uso de químicos tóxicos, que perjudican la reutilización y el retorno a la biosfera, y apunta a la eliminación de residuos a través del diseño de materiales, productos, sistemas y modelos de negocio."					
Wu et al., 2015	"El logro de una óptima producción minimizando la utilización de los recursos naturales y la emisión de contaminación, y el mínimo desperdicio mediante la reutilización de los desechos de la producción y la mínima contaminación mediante el reciclaje y restauración de los desechos técnicamente inservibles"					
Naustdalslid, 2014	"Término genérico para las actividades de reducción, reutilización y reciclaje que se realizan en el proceso de producción, circulación y consumo."					
Ma et al., 2014	"Un modo de desarrollo económico que tiene como objetivo proteger el medio ambiente y prevenir la					

Autor(es)	Definición de EC	Área			Naturaleza	
		Económico	Ambiental	Social	Institucional	Conceptual
	contaminación, facilitando así el desarrollo económico sostenible"					
Heshmati et al., 2017	"Está basado tanto en la eficiencia de los recursos como en la ecoeficiencia, y su propósito es adquirir un conjunto de medidas clave para avanzar hacia una economía más circular, verde y sostenible."					
Blomsma y Brennan, 2017	"Todas las actividades relacionadas con la reducción, reutilización y reciclaje de materiales en la producción, distribución y procesos de consumo"					
Hu et al., 2011	"Está focalizado en la productividad de los recursos y la mejora de la ecoeficiencia, adoptándose el enfoque 4R: reducir, reutilizar, reciclar y recuperar"					
Yong, 2007	"Desarrollo económico basado en la circulación ecológica de materiales naturales, requiriendo el cumplimiento de las leyes ecológicas y la utilización racional de los recursos naturales"					
Pinjing et al., 2013	"El descenso del consumo de materias primas para optimizar el uso de subproductos, residuos o materiales reciclados y la reducción de la contaminación generada en cada paso"					
Liu et al., 2015 y Xue et al., 2010	"El impulso de desvincular el crecimiento económico del agotamiento de los recursos naturales y la degradación ambiental."					
Shen, 2020	"El desarrollo sostenible de la economía, medioambiente y sociedad"					
Saavedra et al., 2018	"Una alternativa factible para países, gobiernos, ciencia y sociedad de transformar los flujos de materiales					

Autor(es)	Definición de EC	Área			Naturaleza	
		Económico	Ambiental	Social	Institucional	Conceptual
	y energía lineales y semicirculares en flujos circulares y obtener mejores beneficios sostenibles.”					
Su et al., 2013	“La obtención de flujos circulares más sostenibles a través de involucrar a toda la cadena de valor (minoristas, fabricantes, proveedores, productores, etc.) de los procesos y productos”					
Gouldson, 2008	“La relación entre el desarrollo industrial y el medio ambiente”					
Murray et al., 2017	“La EC es un antónimo de economía lineal, considerando que en la economía lineal el uso de recursos naturales en la producción y su posterior generación de residuos lleva al deterioro del medio ambiente.”					
Geissdoerfer et al., 2018	“Un sistema económico que minimiza la entrada de recursos y el desperdicio, las emisiones y la fuga de energía del sistema mitigando los impactos negativos sin poner en peligro el crecimiento y la prosperidad.”					
Lei, 2004	“Un sistema que combina el desarrollo económico con la conservación de los recursos de acuerdo con el “principio de las 3R” (reducción, reutilización y reciclaje de materiales y energía).”					
Moriguchi, 2016	“El marco principal para lograr un mayor crecimiento con un menor daño ambiental”					
Artículo 2 de la ley de	“Es un término genérico para las actividades de reducción, reutilización y reciclaje que se realizan en el proceso de producción, circulación y consumo”					

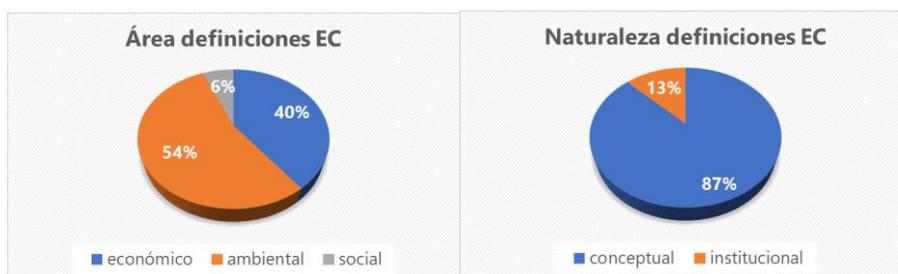
Autor(es)	Definición de EC	Área			Naturaleza	
		Económico	Ambiental	Social	Institucional	Conceptual
promoción de la EC en China ¹						
Stahel, 2010 y Lifset et al., 2002	"Cuando el valor económico y ambiental de los materiales se conserva durante el mayor tiempo posible manteniéndolos en el sistema económico, bien alargando la vida de los productos formados a partir de ellos o volviéndolos en bucle en el sistema para ser reutilizados."					
MacArthur, 2013	"Es una nueva forma de diseñar, fabricar y usar recursos dentro de los límites planetarios. La economía circular se basa en los principios de eliminar los residuos y la contaminación, mantener los productos y materiales en uso y regenerar los sistemas naturales."					
European Action Plan EC, 2015	"Es una economía en la que el valor de los productos, materiales y recursos se mantiene durante el mayor tiempo posible y se minimiza la generación de residuos".					
European Commission, 2018	"Una economía circular conserva el valor añadido de los productos durante el mayor tiempo posible y elimina los residuos. Los recursos se reincorporan en el círculo al final de su vida útil, volviendo a ser productivos y creando un valor prolongado"					

Fuente: Elaboración propia

¹ www.fdi.gov.cn/1800000121_39_597_0_7.html

Las definiciones de EC consideradas tienen en común una serie de conceptos que se muestran en la siguiente figura 2.

Figura 2 Clasificación de las definiciones de EC según su área y naturaleza



Fuente: Elaboración propia

Tal y como se puede observar en el gráfico, solamente el 6% de las definiciones de EC discurren en el área social del concepto, mientras que el área ambiental (54%) y económica (40%) están más representadas dentro de las definiciones de EC.

Hay que destacar que las definiciones institucionales del concepto de la EC vienen determinadas por la Comisión Europea, Naciones Unidas o el gobierno chino. Dichas definiciones institucionales, son el punto de partida legislativo que impacta en las distintas organizaciones y en la sociedad:

- Las empresas deben aplicar la reglamentación en sus procesos productivos, logísticos y de concepción, pudiendo afectar a las inversiones a realizar y a un aumento de costes.
- Los ciudadanos deben aplicar la legislación en sus actividades cotidianas.
- La administración pública debe velar por el cumplimiento de las leyes y realizar un seguimiento.
- Las organizaciones científicas deben contribuir al cumplimiento de la legislación a través del desarrollo tecnológico y la transferencia de conocimiento a las empresas y los ciudadanos.

2.3. Indicadores de la EC

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OECD, 2014) define los indicadores como “un factor o variable cuantitativo o cualitativo que proporciona un medio simple y confiable para medir el logro, para reflejar los cambios relacionados con una intervención o para ayudar a evaluar el desempeño de un actor del desarrollo”.

Los indicadores son utilizados de forma recurrente como una herramienta de control y gestión, para informar y dar soporte a la toma de decisiones y la implementación (Moriguchi, 2016). En el campo de la sostenibilidad y la EC existe un gran número de indicadores de diversa naturaleza (Saidani et al., 2019), y se ha encontrado en la literatura distintas clasificaciones y estudios de identificación (Vinante et al., 2021).

Algunas definiciones de indicadores e instrumentos previos a considerar son las siguientes:

- El *material flow analysis* (MFA) es un procedimiento cuantitativo para determinar el flujo de materiales y energía a través de la economía en múltiples escalas, empresa y niveles de producto (Sendra et al., 2007). Este procedimiento incluye indicadores de consumo, de producción y de balance.
- La huella de carbono o *carbon footprint* se define como la cantidad de emisiones de gases invernadero que se lanzan a la atmósfera por un individuo, organización, proceso, producto o evento dentro de un límite específico (Pandey et al., 2011 y East, 2008).
- Ecosystem Damage Potential (EDP) es una metodología de evaluación del impacto del ciclo de vida que caracteriza la ocupación y transformación de la tierra sobre la diversidad de especies. (Scholz, 2007).
- Life cycle assessment (LCA), o análisis del ciclo de vida (ACV) es una herramienta indispensable del ecodiseño para comparar las distintas opciones que pueden implementarse siguiendo una aproximación de la EC y limitando los impactos medioambientales (Sauvé et al., 2021).
- El Life Cycle Sustainability Assessment (LCSA) fue propuesto por Klöpffer y Renner (2008) e incluye el LCA, Life Cycle Cost (LCC) con la perspectiva económica y el Social Life Cycle Assessment (S-LCA) con la perspectiva social.

- Environmental Performance Strategy Map (EPSM) es un mapa gráfico que permite combinar los indicadores ambientales (tales como la huella de carbono) con la dimensión adicional del coste (De Benedetto et al., 2009).
- Circular Economy Index (CEI) es la ratio del valor del material producido por el reciclador frente al material que entra en la planta de reciclado (Rigamonti et al., 2017 y Di Maio et al., 2015).
- Value-based resource efficiency (VRE)* mide la eficiencia de los recursos y su circularidad (Di Maio et al., 2017).
- The Circular Economy Toolkit (CET)* es un indicador que identifica las mejoras potenciales en la circularidad de los productos.
- The Circular Economy Indicator Prototype (CEIP)* evalúa el desempeño del producto en el contexto de la EC a través de la puntuación de las distintas fases del ciclo de vida: diseño, producción, comercialización, uso y fin de vida.
- The Material Circularity Indicator (MCI)* es un indicador para evaluar el desempeño de los productos y modelos de negocio de las empresas en el contexto de la EC.
- The Circularity Indicators Project (CIP)* mide cómo de avanzado está un producto o empresa en el viaje de la economía lineal a la circular.
- The Retained environmental value (REV)*, indicador para medir el valor de retención en el sistema en términos ambientales considerando (i) los impactos del ciclo de vida de un producto o material, (ii) todos los valores de conservación de los procesos, (iii) los impactos de la fase de uso.

Algunos autores destacan la necesidad de medir parámetros específicos que contribuyen a la EC pero que no monitorizan el concepto global de la EC: los ciclos de los materiales y la relación con otros sistemas del producto, como el uso o suministro de material reciclado (Bracquené et al., 2020), las colaboraciones de múltiples partes interesadas en redes circulares de suministro (Brown y Bajada, 2018 y Calzonari et al., 2022). Dicha monitorización que no considera todo el concepto de la EC puede desencadenar que se pase de un consumo reducido de materiales a un aumento de los impactos ambientales, económicos o sociales (Corona et al., 2019).

De forma alternativa algunos autores proponen modelos matemáticos de medición (C. Busu y M. Busu, 2018), de modo que se analizan indicadores medioambientales a través de un

modelo de regresión multilineal para determinar la dependencia de los principales factores de EC del crecimiento económico de la UE (Busu y Trica, 2019), así como el uso de modelos matemáticos para la definición de indicadores (El Alaoui, 2020).

A continuación, en la tabla 2 se han recopilado y clasificado los indicadores más relevantes

Tabla 2 Clasificación y limitaciones de los indicadores de EC analizados

Indicadores (Autores)	Clasificación			Limitaciones
	Económico	Ambiental	Social	
(i) Impacto ambiental y liberación química; (ii) contaminación por emisiones y desechos; (iii) indicadores relacionados con la gestión del fin de la vida útil y el uso de productos químicos; (iv) indicadores relacionados con la gestión de las materias primas y las instalaciones; y (v) gestión de energía y agua. (Krajnc y Glavic, 2003)				Queda pendiente una investigación en profundidad sobre su exhaustividad, clasificación, posible complementariedad y aplicabilidad desde una perspectiva industrial o política.
(i) Energía, (ii) análisis de flujo de materiales (MFA), (iii) análisis de ciclo de vida (LCA), (iv) emisiones de CO ₂ y (v) rentabilidad económica (Geng et al., 2012)				
(i) Tasa de producción de recursos, (ii) Tasa de consumo de recursos, (iii) Tasa de utilización de recursos integrados, (iv) Eliminación de desechos y (v) emisión de contaminantes. (Geng et al., 2012)				Se deben establecer indicadores sociales, indicadores de simbiosis urbana / industrial, indicadores de negocios e indicadores orientados a la prevención.
Cumplimiento del principio de las 3 R: reducción, reutilización y reciclaje (Wang et al., 2015; Yang et al., 2012; Geng, 2011 y Aceleanu et al., 2019)				Se centra en el nivel regional y no considera una perspectiva más global.
El enfoque de China: (i) La producción industrial, (ii) el agua, (iii) la contaminación y (iv) la escala (a través de un sistema de experimentación multinivel bajo jerarquía) y (v) el lugar (a través de la incorporación de ideas de EC en la planificación del uso del suelo). (McDowall et al., 2017)				Falta de indicadores sociales, indicadores absolutos de reducción de emisiones, indicadores absolutos de reducción de material / energía e indicadores orientados a la prevención. No existe una descripción detallada ni un proceso estandarizado sobre la recopilación, el cálculo y el envío de datos.
El enfoque de Europa: (i) los aspectos económicos, (ii) las condiciones medioambientales, (iii) el potencial de eficiencia de los recursos para impulsar la competitividad (McDowall et al., 2017)				

Indicadores (Autores)	Clasificación			Limitaciones
	Económico	Ambiental	Social	
(i) Huella ecológica, que mide los recursos necesarios para producir los que se consume (ii) Eco indicador 99 está orientado a la medición de daños del ciclo de vida del producto. (Figge et al., 2018)				Indicadores que se basan solamente en cuestiones específicas ambientales en los que se evalúa la carga de cada indicador.
Indicador de Longevidad: determina el grado en que un sistema es circular, así como cuánto permanecen los materiales en dicho sistema. (Franklin-Johnson et al., 2016)				No considera <i>down-cycling (reprocesamiento del material)</i> , ni el consumo de recursos ni la recuperación de materiales múltiples y la dirección de los flujos en los cálculos.
Medida del grado de los logros de circularidad alcanzados durante el ciclo de vida de los productos o de los sistemas. (EU Environment Agency (EEA), 2016 y Schiller et al., 2019)				Falta de flexibilidad y adaptación para reflejar la variabilidad y la evolución en el tiempo de las necesidades de los consumidores.
(i)Huella de carbono, (ii) <i>Ecosystem Damage Potential (EDP)</i> (Elia et al., 2017)				Cada indicador no abarca todos los requisitos de la EC. Presentan un enfoque medioambiental sin considerar la dimensión social o económica.
(ii) Life cycle assessment (LCA), (ii) Environmental Performance Strategy Map (EPSM) (Elia et al., 2017)				
Indicadores cualitativos para verificar en qué grado una organización o producto está alineado con los principios de la EC (Cayzer et al., 2017 y Su et al., 2013)				Los indicadores deben estar respaldados por metodologías científicas rigurosas y transparentes de cuantificación y monitorización.
Indicador capaz de medir el desempeño de la EC de los tratamientos de los residuos plásticos tomando como punto de partida la calidad del material reciclado. Permite seleccionar el método de tratamiento de residuos óptimo (Huysman et al., 2017)				No considera las fases de diseño, logística o producción. Se centra exclusivamente en el consumo de recursos plásticos.
i) Importancia de las políticas, ii) Cobertura de todas las categorías relevantes y recursos, iii) coherencia, iv) transparencia en la comercialización y el efecto negativo del reparto de cargas, v)				Es necesaria una mayor transparencia para favorecer la toma de decisiones.

Indicadores (Autores)	Clasificación			Limitaciones
	Económico	Ambiental	Social	
aplicabilidad a los distintos niveles de las actividades económicas (Wieland et al., 2021 y EC, 2009)				
i) Ratios de reciclado, ii) Indicador de flujos de materiales (Haupt et al., 2017)				Falta de información sobre la cantidad de recursos secundarios producidos o su uso final que enturbia la toma de decisiones alineadas con la EC.
Indicador centrado en la producción de materiales secundarios (Allwood et al., 2013)				No considera el diseño, producción, logística o gestión de recogida de residuos.
Circular Economy Index (CEI) indicador que mide la relación entre el valor del material producido por el reciclador (valor de mercado) y el valor del material intrínseco que ingresa a la instalación de reciclaje (Rigamonti et al., 2017 y Di Maio et al., 2015)				Está limitado al proceso de reciclado y no considera otras posibles alternativas del fin de vida de los productos. No se analizan otras fases dentro del ciclo productivo.
Life Cycle Assessment (LCA) (Lewis y Liu, 2001)				Requiere un conocimiento global de todas las áreas de las empresas, proveedores y clientes tanto a nivel técnico como económico, social, comercial, medioambiental y cultural.
Focalizados en las estrategias de la EC y específicamente en i) la eficiencia de los recursos, ii) clima, iii) energía, iv) autonomía (Pauliuk, 2018)				Deben estar relacionados con las políticas actuales, los objetivos de desarrollo sostenible (UN, 2017).
Ratio del valor económico de los materiales reciclados frente al valor total del producto (Linder et al., 2017)				Es un indicador muy específico centrado en los materiales reciclados que no considera el ciclo de vida del producto.
Engloba impactos del ciclo de vida basados en la calidad técnica de los flujos de residuos plásticos y evalúa el consumo de recursos mediante el método Cumulative Exergy Extraction from the Natural Environment (CEENE)				Está limitado al reciclado y presupone un conocimiento en el ciclo de vida del producto.

Indicadores (Autores)	Clasificación			Limitaciones
	Económico	Ambiental	Social	
(Huysveld et al., 2019)				
i) Intensidad del material, ii) intensidad de los residuos (Jeswani et al., 2010)				Se consideran partes del ciclo de vida del producto, pero no su ciclo completo.
The value-based resource efficiency (VRE) está alineado con el valor del mercado de los recursos. (Di Maio et al., 2017)				Los legisladores no disponen de un <i>key performance indicator</i> efectivo para estimular a la industria del reciclado.
Valor económico empleado en la toma de decisiones (Di Maio et al., 2017)				
Sistema de indicadores de EC de China (Geng et al., 2012 y Naustdalslid, 2014)				No se contempla la simbiosis industrial/urbana, la prevención/orientación, la reducción de materiales o energía ni las barreras de implementación.
i) Características ambientales de las empresas (nivel micro), ii) Consumo de recursos y reciclado (nivel meso), iii) Cumplimiento del principio de las 3R (nivel macro) (Banaité, 2016)				Falta de indicadores sociales y económicos. El enfoque es exclusivamente medioambiental.
Key performance indicators (KPI)-medidor de desempeño que puede aplicarse al ámbito económico, ambiental, social, industrial, etc. (Parmenter, 2015)				Falta de indicadores de circularidad específicos.
i) Desarrollo sostenible, ii) material flow analysis, iii) comportamiento de la sociedad, iv) comportamiento de la organización/empresa v) comportamiento económico (European Academies Science Advisory Council, EASAC)				El comportamiento circular del producto no se ha considerado.
Duración de los recursos considerando (i) el tiempo de vida definido desde el inicio, (ii) la durabilidad ganada a través del reuso o reparación, (iii) la durabilidad ganada gracias al reciclado (Franklin-Johnson et al., 2016)				Se centra en la eficiencia ambiental de los recursos y no en el paradigma global de la EC.

Indicadores (Autores)	Clasificación			Limitaciones
	Económico	Ambiental	Social	
The Circular Economy Toolkit (CET) (Geissdoerfer et al., 2018)				Aunque ofrecen una visión inicial y rápida de la circularidad de los productos, no consideran la complejidad del paradigma de la EC.
The Circular Economy Indicator Prototype (CEIP) (Cayzer et al., 2017 y EMF 2015)				
Material circularity indicator (MCI) (Pauliuk et al., 2017; EMF, 2015 y Janik y Ryszko, 2017)				
Circularity Indicators Project (CIP) (Smol et al., 2017 y EMF, 2015)				Se centra exclusivamente en los ciclos técnicos y en materiales de fuentes no renovables debido a que sus estrategias de circularidad y beneficios del negocio asociados son más sencillos de comprender.
Eficiencia medioambiental y de los recursos (Geng et al., 2013)				Queda pendiente la definición de cómo se deben integrar los indicadores en las metodologías de la toma de decisiones y en las agendas políticas con el fin de alcanzar una implementación efectiva.
(i) Inputs & outputs, de ecoinnovación, (ii) actividades de ecoinnovación, (iii) eficiencia de los recursos (Smol et al., 2017)				No consideran la complejidad del paradigma de la EC.
(i) clúster de la eficiencia de los recursos, (ii) clúster de los flujos y reservas de materiales, (iii) clúster centrado en los productos (Parchomenko et al., 2019)				No consideran la complejidad del paradigma de la EC ni los aspectos económicos y sociales.
(i) Indicadores directos de EC con estrategias específicas de EC, ej la tasa de reciclaje (Graedel et al., 2010) (ii) Indicadores directos de EC con No Específicas: ej. extracción de agua (Geng et al., 2012) (iii) Indicadores indirectos de EC ej. 'Índice de eco-innovación' (CE, 2016 y Moraga et al., 2019)				Ninguno de los indicadores de EC analizados mide directamente todas las dimensiones de la EC. La mayoría de los indicadores se centran en la preservación de los materiales, dejando de lado otras opciones existentes.
Retained environmental value (REV) (Haupt et al., 2019)				Es complementario de los indicadores de ratios de reciclado, pero no puede considerarse de forma aislada como indicador de la EC.

Indicadores (Autores)	Clasificación			Limitaciones
	Económico	Ambiental	Social	
Circular Economy Business Index (CE-BIX), basado en las prácticas medioambientales que las empresas implementan para reducir la generación de residuos y emisiones, así como mejorar el reúso y eficiencia de los materiales y energía (García-Sánchez et al., 2021)				No se centra en la evaluación de resultados no adopta un enfoque de elementos de la CE o de estrategias que contemplen ciclos completos y no considera la calidad de vida, la creación de empleo.
Life Cycle Sustainability Assessment (LCSA) (Klöppfer y Renner, 2008)				Presenta la desventaja de la falta de interconexión entre los tres pilares, el no tener criterios claros para la ponderación de los resultados ni una interpretación clara de los resultados y no seguir cadenas de causa-efecto y mecanismos que conduzcan a un punto final. (Alejandrino et al., 2021; Barbieri y Santos, 2020 y Lu y Halog, 2020).
(i) Producción auto suficiente de materias primas en Europa, (ii) Compra pública verde, (iii) generación de residuos (European Commission) ²				No existen indicadores específicos de la EC en el Plan de acción para la EC (COM/2015/0614 final) cuyo fin es que la EC sea una realidad.
(i) Ratios de reciclado, (ii) clasificación de los flujos de residuos (envase, orgánico, eléctrico y electrónico, etc) (European Commission) ²				
(i) Contribución de los materiales reciclados a cubrir la demanda de las materias primas (European Commission) ²				
(i) Inversiones privadas, trabajos, (ii) Patentes relacionadas con las tecnologías de reciclado y las materias primas secundarias European Commission ²				

Fuente: Elaboración propia

² <https://ec.europa.eu/eurostat/web/circular-economy/indicators>

Saidani et al. (2019) propusieron unas categorías más específicas de clasificación de los indicadores de EC que sirvieran como hoja de ruta para su definición. Algunas de dichas categorías han inspirado la clasificación de los indicadores seleccionados en la tabla 3:

- Niveles de implementación de la EC: micro (organizaciones), meso (parques industriales), macro (ciudad, provincia, región o país).
- Perspectiva temporal de la medida de la EC: circularidad actual, circularidad potencial (en el futuro).
- Transversalidad de los indicadores en otros sectores o industrias: genérico (aplicable a diversos sectores), específico.
- Dimensión de los indicadores: sencilla (indicadores para la toma de decisiones gerenciales de personal no experto en EC), múltiple (indicadores para la toma de decisiones de expertos o investigadores en EC).
- Unidades (cuantitativa, cualitativa).

Tabla 3 Clasificación de los indicadores de EC analizados según las categorías propuestas por Saidani et al., 2019

Autores	Niveles			Perspectiva		Transversalidad		Unidades		Dimensión	
	micro	meso	macro	actual	potencial	genérico	específico	cuantitativa	cualitativa	Sencilla	múltiple
Krajnc y Glavic, 2003											
Geng et al., 2012											
Wang et al., 2015; Yang et al., 2012; Geng, 2011 y Aceleanu et al., 2019											
McDowall et al., 2017											
Figge et al., 2018,											
Franklin-Johnson et al., 2016											
EU Environment Agency (EEA), 2016 y Schiller et al., 2019											
Elia et al., 2017											
Cayzer et al., 2017 y Su et al., 2013											
Huysman et al., 2017											
Wieland et al., 2021 y EC, 2009											
Haupt et al., 2017											
Allwood et al., 2013											
Lewis y Liu, 2001											
Pauliuk, 2018											
Linder et al., 2017											
Huysveld et al., 2019											
Jeswani et al., 2010											
Di Maio et al., 2017											
Geng et al., 2012 y Naustdalslid, 2014											
Banaité, 2016											
Parmenter, 2015											
EASAC											
Franklin-Johnson et al., 2016											
Geissdoerfer et al., 2018											
Cayzer et al., 2017 y EMF, 2015											
Pauliuk et al., 2017; EMF, 2015 y Janik y Ryszko, 2017											
Smol et al., 2017 y EMF, 2015											
Geng et al., 2013											
Smol et al., 2017											

Autores	Niveles			Perspectiva		Transversalidad		Unidades		Dimensión	
	micro	meso	macro	actual	potencial	genérico	específico	cuantitativa	cualitativa	Sencilla	múltiple
Parchomenko et al., 2019											
Moraga et al., 2019											
Haupt et al., 2019											
García-Sánchez et al., 2021											
Klöpffer y Renner, 2008											
European Commission											

Fuente: Elaboración propia

Del estudio realizado de los indicadores presentados en las tablas anteriores 2 y 3 en combinación con el análisis efectuado por algunos autores se describen a continuación algunos puntos convergentes:

Se determina que los indicadores medioambientales (77% correspondiendo a los indicadores analizados en la tabla 2) son la base inicial que se establece como punto de partida para evaluar, analizar y monitorizar el progreso en las estrategias de la EC. La importancia de los indicadores medioambientales provoca que se profundice en su medida detallada y en su impacto en las políticas de sostenibilidad (Mesa et al., 2018, 2020 y Raucci y Tarquinio, 2020).

Figura 3 Clasificación de los indicadores de la EC



Fuente: Elaboración propia

Tal y como destacan algunos autores, (Park y Chertow, 2014), las empresas deben comprender los beneficios que se derivan del uso de indicadores medioambientales como un primer paso para alcanzar los objetivos de la EC. En particular, el 12% de los indicadores hace referencia al nivel micro.

Algunos indicadores tales como los descritos por Krajnc y Glavic (2003) y Parmenter (2015) consideran la perspectiva ambiental, económica y social pero tal y como se describe en estudios previos (Elia et al., 2017), no se encuentra un solo indicador que abarque todos los requisitos y necesidades del paradigma de la EC.

Coincidiendo con la afirmación de Thomas y Birat (2013), es necesario definir los indicadores de forma más transparente, de modo que se aumente su grado de aplicación y se contribuye al proceso de toma de decisiones.

Las experiencias adquiridas durante el desarrollo de los proyectos europeos financiado dentro del programa marco Horizonte 2020, concluyen que los indicadores deben cubrir los principales desarrollos de la EC: regeneración (energías renovables y materias primas), optimización (prevención y reducción de residuos) y ciclo (mejoras en las tecnologías de reciclado y digitalización) (European Commission Horizon, 2020).

Los indicadores deben ser sencillos e intuitivos para facilitar la medición del progreso hacia los objetivos acordados y simplificar la comunicación al público (Chobanova, 2020). Es vital que los indicadores sean sólidos y que se vinculen simultáneamente con todas las cuestiones relevantes de las partes interesadas en un lugar y un momento específicos y se calculen utilizando metodologías similares y estadísticas armonizadas (Jiang et al., 2019).

2.4. Estrategias de la EC

Las estrategias de la EC constituyen el núcleo de la aplicación y la consecución de los objetivos ambientales, económicos y sociales de cada organización. En primer lugar, encontramos en la literatura, las siguientes consideraciones destacadas por los autores para alcanzar con éxito la implementación de las estrategias de la EC:

- Apertura al cambio y la innovación por parte de las organizaciones: La aplicación de nuevas tecnologías y la obtención de nuevos modelos de organización y negocios (Fogarassy et al., 2020).
- Aumento, generación y protección del *know-how* y conocimiento (Park y Chertow, 2014).
- Revisión de las estrategias y procesos de las organizaciones: Redefinición de los procesos industriales y las innovaciones en los productos (EEA, 2016).
- Búsqueda del equilibrio económico, social y medioambiental a largo plazo (Saidani et al., 2019).
- La importancia de introducir los objetivos de la EC en las agendas políticas (Blomsma y Brennan, 2017). Actualmente los debates sobre EC están liderados por organizaciones como la Comisión Europea y Ellen MacArthur Foundation (EMF).
- Apoyo por parte de toda la cadena de valor al marco de la EC de modo que se consideren los siguientes aspectos: 1) minimización de los impactos medioambientales; 2) minimización del uso de recursos; 3) consideración de los beneficios económicos proporcionados por la EC en las industrias (Lieder et al., 2016).
- Integración de los objetivos de la EC en la fase de diseño de los productos, ya que una vez quedan definidas las especificaciones, es más complejo realizar cambios en los recursos, infraestructuras y actividades involucradas (Bocken et al., 2016).
- Promoción de estrategias de modelos de negocio que persiguen extender el valor del producto circular, fomentar la suficiencia, alargar el valor del producto y aplicar la simbiosis industrial (Stahel, 2010 y Bocken et al., 2016).

En particular, las PYMES representan el 99% de todas las empresas en Europa y componen el 85% de nuevos puestos de trabajo creados en los últimos años. Por tanto, los obstáculos a los que se enfrentan las PYMES para adoptar prácticas

de economía circular limitan significativamente la velocidad a la que la economía europea puede realizar su implementación (Eurostat, 2018).

Las PYMES deben considerar los siguientes puntos para efectuar de forma exitosa la aplicación de la EC: 1) aprender sobre el estado de madurez de la compañía, socios, clientes y proveedores de la cadena de valor; 2) evaluar el rediseño de oportunidades; 3) entender el servicio que la empresa puede proporcionar; 4) identificar cómo rediseñar el modelo de negocio para que el nuevo valor del producto sea apreciado positivamente por los clientes y estén dispuestos a pagar por él (Joustra et al., 2013).

Los instrumentos políticos (tanto económicos como legislativos) resultan efectivos cuando los gobiernos tienen objetivos claros que son evaluados y regulados de forma iterativa a corto y largo plazo (Winans et al., 2017).

Relacionado con la última consideración relativa a los instrumentos políticos, la Comisión Europea ha ido adoptando una serie de medidas y directivas con el fin de impulsar la aplicación de la EC tal y como se muestra en la siguiente línea temporal:

Figura 4 Evolución de las estrategias de la EC en la Comisión Europea



Fuente: Elaboración propia

Para la implementación del plan de acción de la economía circular, la Comisión Europea requiere cooperación en todos los niveles: Estados miembro de la Unión Europea, nacional, regional, local e internacional.

La Comisión anima a los estados miembros a adoptar o actualizar sus estrategias, planes y medidas nacionales alineándose con el plan de acción de la economía circular. Del mismo modo los estados miembros, establecen medidas para que las regiones particularicen la aplicación de estrategias para contribuir a alcanzar los objetivos de la economía circular. A modo de ejemplo en España se lanza el España Circular 2030 y en la Comunidad Valenciana se define el Decreto 81/2013 mediante el que se aprueba el Plan Integral de Residuos de la Comunitat Valenciana (PIRCV).

A título informativo se describen algunas estrategias específicas que están enfocadas a alcanzar los objetivos de la EC:

-En primer lugar, bajo el paraguas de *la European Strategy for Plastics in a Circular Economy*, 70 grandes empresas tales como Coca-Cola, Danone, Lidl o Tetra Pak se han comprometido para cumplir el objetivo de que 10 millones de toneladas de plásticos reciclados lleguen a nuevos productos en el mercado europeo en 2025. (Assessment report of the voluntary pledges under Annex III of the European Strategy for Plastics in a Circular Economy (SWD (2019) 91 final)).

-En segundo lugar, se ha definido un estándar británico para verificar que se cumplen los estándares de la implementación de la economía circular: *BS 8001: Framework for implementing the principles of the circular economy in organisations (BSI (2017))*.

-En tercer lugar, se propone la sustitución de la compra de un producto por la compra de un servicio proporcionado por dicho producto (a modo de ejemplo, alquiler de coches, car pooling, acceso a la iluminación en lugar de a las lámparas) (Intlekofer et al., 2010).

-En cuarto lugar, se promueven estrategias de modelos de negocio que persiguen extender el valor del producto circular, fomentar la suficiencia, alargar el valor del producto y aplicar la simbiosis industrial (Stahel, 2010 y Bocken et al.,

2016). Dichas estrategias de la EC aplicadas al nivel meso involucran parques industriales para implementar la simbiosis industrial (Su et al., 2013). Dicha simbiosis industrial reduce el consumo de materiales, energía y agua y aporta ventajas económicas (Yu et al., 2016).

-En quinto lugar, se implementan estrategias de ecodiseño que permiten reducir costes y la generación de residuos: se reduce la compra de materiales, el uso de energía y materiales. (Directive 2009/125/EC of the European parliament and of the council)

Finalmente, en este apartado se enfatiza que la aplicación de las estrategias de EC conlleva algunos problemas e inconvenientes a considerar.

En el caso de China se han detectado puntos críticos en la implementación de las estrategias de EC: 1) el sistema de indicadores no refleja el contexto socio-económico; 2) las políticas no apoyan a la EC tal y como se necesita debido a la falta de información y falta de impuestos asociados (Naustdalslid, 2014).

Con carácter general, existen diferencias en la ejecución de las estrategias de EC en los diferentes continentes, estados y municipios. A modo de ejemplo, 1) en Europa se promueve la implementación de la EC a través de organizaciones medioambientales y ONGs, orientando sus mensajes hacia la industria y la presión hacia la clase política para que defina legislación al respecto, 2) en China se realiza a través de políticas nacionales que persiguen transformar a la industria (Naustdalslid, 2014).

Por otro lado, se definen los factores impulsores en la EC para la gestión eficaz y eficiente de la red internacional de fabricación tales como la estabilidad del gobierno, la libertad económica, la estabilidad económica, la sostenibilidad ambiental y la disponibilidad de materias primas (Mishra et al., 2018).

De modo más específico se toman en consideración cuatro aspectos:

Primero, es necesario realizar grandes inversiones iniciales para ejecutar las estrategias de EC (en equipamiento, relocalización de empresas, nuevas

distribuciones de plantas y edificios, ajustes logísticos, formación del personal) (Preston, 2012).

Segundo, se debe considerar de forma más detallada en la concepción de las estrategias de EC, el bienestar social. Actualmente sólo se menciona el aspecto social de la creación de empleo derivado de la aplicación de las estrategias de la EC (Geissdoerfer et al., 2018).

Tercero, ha de considerarse el efecto del proceso de globalización y de la deslocalización empresarial que permite la reubicación de grandes empresas europeas en países con legislación medioambiental más laxa (Bonciu, 2016).

Cuarto, las empresas deben enfrentarse al hecho de que exista un número limitado de clientes que demanden una propuesta de valor circular (Antikainen et al., 2016). El mantenimiento del suministro y la calidad de los materiales derivados de residuos es un requisito necesario para poder llegar al mercado y ser competitivo (Linder et al., 2017).

Teniendo en cuenta las estrategias de EC a nivel regional y nacional:

-A nivel regional encontramos estrategias de EC de empresas orientadas a una producción más sostenible (Aranda-Usón et al., 2020 y Avdiushchenko, 2018) o a la bioeconomía (D'Adamo et al., 2020, Kardung et al., 2021 y Robert, et al., 2020). Kuzma et al. (2021) mencionan la poca cantidad de indicadores meso que existen.

-A nivel nacional algunos autores muestran la clasificación del grado de desarrollo de EC por países centrándose en algunas dimensiones tales como la generación y gestión de residuos municipales (Gomonov et al., 2021 y Melece, 2016), simbiosis industrial y urbana (Ažman Momirski et al., 2021), desarrollo sostenible (Chen et al., 2015), desempeño de las PYMES manufactureras en relación con la circularidad (Blasi et al., 2021 y Negri et al., 2021), nivel político (Y. Fan y C. Fang, 2020) y ciudades sostenibles (Chen, 2021 y Papageorgiou et al., 2021).

Capítulo 3. Metodología

Capítulo 3. Metodología

3.1. Introducción

La metodología de investigación se define como “una estrategia a través de la cual el equipo de investigación traza un enfoque para encontrar o resolver problemas” (Buckley y Chiang, 1976).

Realizar una investigación implica emplear una metodología para obtener conocimiento de modo que se dé respuesta a unas preguntas que se han formulado con antelación. En particular en la investigación aplicada se genera conocimiento sobre un tema específico y se contribuye a la resolución de problemas sobre dicho asunto (Jonker et al., 2010).

En esta tesis se ha optado por seguir una metodología cualitativa. De modo que se exploran métodos en lugar de cifras y se buscan opiniones y experiencias de valor que destaquen nuevos conceptos, estrategias y procesos en el ámbito de la EC.

En la literatura se describe que la metodología de investigación cualitativa es adecuada cuando la tesis se centra en un nuevo campo de estudio o tiene la intención de determinar y teorizar cuestiones significativas (Corbin, 2014).

Un estudio cualitativo, como en los métodos de investigación en general, implica procedimientos rigurosos de recolección de datos que son los principales factores que intervienen en la calidad y confiabilidad (Kitto et al., 2008) e influyen críticamente en los resultados del estudio (Gibbs et al., 2007).

Dado que la investigación cualitativa generalmente procede de manera inductiva desde los datos hasta la teoría, puede explorar dominios y preguntas donde la investigación cuantitativa tendría dificultades para encontrar datos suficientes (Reinecke et al., 2016). Por otro lado, las investigaciones que emplean la metodología cualitativa se encuentran en una excelente posición para rastrear fenómenos novedosos en "tiempo real" a medida que ocurren. La investigación de fenómenos en "tiempo real", puede focalizarse en los procesos "in vivo" de desarrollo de respuestas a desafíos éticos o generación de significados de nuevas prácticas en el contexto en el que emergen.

Cabe destacar que el número y la influencia de los artículos de investigación cualitativa ha ido en aumento en las revistas de primer nivel (Bluhm et al., 2011).

Tal y como muestra la figura 5, en la tesis se ha mantenido la siguiente secuencia metodológica: en primer lugar, se ha construido un marco conceptual a través de la revisión de la literatura focalizado en el concepto de economía circular, sus estrategias e indicadores; en segundo lugar, se ha realizado un análisis bibliométrico destacando los análisis de acoplamiento bibliográfico, co-citación y co-ocurrencia; en tercer lugar, se han analizado once casos de estudio para obtener conclusiones sobre las lecciones aprendidas, desafíos e indicadores derivados de la aplicación de las estrategias de la EC.

Figura 5 Estructura de la metodología



Fuente: Elaboración propia

En toda tesis, es necesario construir un marco conceptual que sirva como punto de base de la investigación a través de la revisión de la literatura.

La revisión de la literatura es el punto de partida de todas las actividades de investigación académica, independientemente de la disciplina, el desarrollo de la investigación y su relación con el conocimiento existente (Snyder, 2019). A su vez tiene como fin construir marcos teóricos, establecer modelos conceptuales, sintetizar los hallazgos de la investigación, mostrar evidencia y descubrir áreas de conocimiento en las que se necesita más investigación (Tranfield et al., 2003).

Considerando que una revisión de la literatura se describe como una forma sistemática de recopilar y sintetizar investigaciones previas (Tranfield et al., 2003), en esta tesis se realiza una revisión de la bibliografía en el campo de la EC, sus indicadores y estrategias para establecer el marco conceptual base. Autores como Webster et al. (2002) enfatizan la importancia de realizar una revisión de la literatura efectiva y de calidad para crear una base sólida que permita avanzar en el conocimiento y facilite el desarrollo de la teoría.

Para realizar la revisión de la bibliografía se han seguido cuatro fases (Snyder, 2019): (1) diseño de la revisión (2) realización del estudio, (3) análisis y (4) redacción de la revisión.

3.2. Análisis bibliométrico

El pronóstico de las temáticas emergentes como la EC resulta bastante complejo ya que no contamos con datos históricos disponibles. En tales casos, el uso del análisis bibliométrico proporciona información relevante y datos útiles que sustentan la investigación (Daim et al., 2006).

El análisis bibliométrico estudia los patrones de publicación utilizando análisis cuantitativos y estadísticos, pudiendo ser descriptivo (cantidad de artículos publicados), o evaluativo, (empleo de análisis de citas para ver cómo esos artículos influyeron en la investigación posterior (McBurney et al., 2002)).

Al mismo tiempo, el análisis bibliométrico se basa en la publicación científica como medida del resultado de la investigación y las citas que reciben como indicador de su impacto científico o influencia en la comunidad académica (Hausstein et al., 2015).

Con el fin de realizar los análisis bibliométricos, se emplea una base de datos. La base de datos seleccionada Web of Science (WoS) es una herramienta robusta que presenta indicadores de producción científica y citas estables y permite monitorizar la dinámica de producción de conocimiento (Archambault, et al., 2009).

El mapeo científico es un área dentro de la bibliometría que se define del siguiente modo (Small, 1999), "es una representación espacial de cómo las disciplinas, los campos, las especialidades y los documentos o autores individuales se relacionan entre sí". Desde un punto de vista técnico, un mapa científico es una red compuesta por nodos y límites. De modo que cuantas más palabras clave similares tengan los artículos científicos, mayor es la probabilidad de pertenecer al mismo campo de investigación (Viedma-Del-Jesus et al., 2011). El mapeo científico es el desarrollo y la aplicación de técnicas computacionales para

la visualización, el análisis y el modelado de una amplia gama de actividades científicas y tecnológicas en su conjunto (Cobo et al., 2011). Los mapas bibliométricos se basan en el análisis cuantitativo de datos bibliográficos.

Aunque existen varios paquetes de software que pueden realizar el mapeo bibliográfico, para la presente tesis se ha empleado VOSviewer (www.vosviewer.com), una herramienta de software libre para construir y visualizar mapas bibliométricos (Van Eck y Waltman, 2007, 2010).

VOSviewer puede mostrar mapas construidos utilizando cualquier técnica de mapeo que se adecue (Van Eck y Waltman, 2007) de modo que se puede emplear no solo para mostrar mapas construidos usando la técnica de mapeo VOS, sino también para revelar mapas usando técnicas como el escalado multidimensional.

La tesis se centra en los mapeos bibliométricos más representativos tales como el acoplamiento bibliográfico, co-autoría, co-citación, y co-ocurrencia de palabras clave (Merigó et al., 2016).

El acoplamiento bibliográfico (*bibliographic coupling*), permite vincular artículos con un enfoque de investigación similar, desvelando así la estructura de conocimiento de un área (Jarneving, 2007). En particular, en la tesis se presentan la relación de los artículos en base al número de referencias compartidas.

Por su parte, la coautoría estudia las redes de colaboración entre investigadores y las organizaciones a través del análisis del número de documentos que comparten autor (Glänzel y Schubert, 2004).

El análisis de citas conjuntas identifica los antecedentes compartidos de las publicaciones en un conjunto de datos. Dos documentos son co-citados si uno o más documentos citan ambos artículos (Small, 1999). El peso de una co-citación se basa en el número de artículos que co-citan los dos artículos, mostrando una red de documentos citados en lugar de vincular los artículos en el conjunto de datos (Garfield, 2001).

La co-ocurrencia de palabras clave identifica vínculos entre temas de investigación en un campo particular basado en la frecuencia de co-ocurrencia de palabras clave en los artículos (Callon et al., 1986).

3.3. Estudio de casos

Los casos de estudio son adecuados tanto con fines exploratorios, descriptivos y explicativos como con contribución a las perspectivas de construcción, mejora o desarrollo en torno a las organizaciones (Yin, 2012).

En particular, el estudio de casos es una metodología de investigación empírica en la que desde el inicio se establece el objeto de análisis y el propósito a la hora de recopilar e interpretar la riqueza de información obtenida. De modo que se acote espacial y temporalmente el fenómeno o temática de estudio (Gerring, 2016).

Tal y como Gerring describe en su libro *Case study research*, se debe identificar qué tipo de análisis de los casos de estudio se realiza: En esta tesis se persigue una conclusión causal-diagnóstica de modo que se confirme, desconfirme o refine unos datos, extraídos de la literatura o de la propia experiencia del investigador u organizaciones entrevistadas.

Gerring sugiere las siguientes “reglas de oro” con el fin de alcanzar una investigación cualitativa de calidad: uso de fuentes (tales como entrevistas semiestructuradas), identificación de teorías (el investigador se plantea si pueden generalizarse o son específicas), construcción de hipótesis comprobables (por ejemplo, mediante mecanismos causales), análisis temporal de las relaciones e investigación de las suposiciones.

Debido a la complejidad del enfoque de la economía circular, la tesis se ha dividido en casos de estudio tomando como base la triple hélice y se han entrevistado organizaciones representativas de toda la cadena de valor del sector biotecnológico de diferente naturaleza, tamaño y procedencia requiriendo una comprensión e investigación exploratoria en lugar de una búsqueda de explicaciones causales.

Tal y como se describe en la literatura (Kallio et al., 2016), se han seguido los pasos indicados para el desarrollo de la guía de entrevista semiestructurada:

- 1) identificación los requisitos previos,

- 2) utilizar conocimientos anteriores,
- 3) formular la guía preliminar de entrevistas semiestructuradas,
- 4) elaborar una prueba piloto de la guía de entrevistas y
- 5) realizar la guía de entrevistas semiestructurada completa.

Las entrevistas semiestructuradas están diseñadas para determinar las respuestas subjetivas de las personas con respecto a una situación o fenómeno particular que han experimentado. Previamente se define una guía o programa de entrevistas detallado, y puede usarse cuando hay suficiente conocimiento objetivo sobre una experiencia o fenómeno, pero falta el conocimiento subjetivo (Shin et al., 2009).

En esta tesis se ha seleccionado el método de las entrevistas semiestructuradas, debido a las características y ventajas que ofrecen:

- Se sigue una estructura formal durante la entrevista, siendo un método de recopilación de datos versátil y flexible (Kallio et al., 2016).
- Requiere un cierto nivel de estudio previo en el área del tema de investigación (Wengraf, 2001) porque las preguntas de la entrevista se basan en conocimientos previos (en el caso de la tesis se define el marco conceptual de la economía circular en el capítulo 2 y se seleccionan organizaciones con experiencia anterior en la EC).
- Los temas y preguntas tratados durante la entrevista se han definido previamente, siendo una de las principales ventajas la reciprocidad entre el entrevistador y el entrevistado, así como la improvisación de preguntas por parte del entrevistador en función de las respuestas del participante (Polit y Beck, 2010), dejando espacio para las expresiones verbales individuales de los participantes.
- Una ventaja adicional de utilizar la entrevista semiestructurada es la superación de las bajas tasas de respuesta de una encuesta de cuestionario (Barribal et al., 1994).

En base a las consideraciones descritas, se puede constatar la idoneidad de la investigación cualitativa y la metodología del estudio del caso y las entrevistas semiestructuradas como la estrategia de investigación adecuada para la tesis.

El método del caso presenta una naturaleza altamente cualitativa y versátil del método de caso, y proporciona evidencia de su potencial para investigar fenómenos intangibles no estáticos (Henry et al., 2015).

El método del caso es una forma de indagación cualitativa que implica una investigación detallada de las organizaciones seleccionadas. Se basa en datos recopilados durante un período de tiempo y tiene como objetivo proporcionar un análisis del contexto y los procesos involucrados en la organización de estudio (Henry et al., 2015). Dicha metodología permite a los investigadores recopilar datos esclarecedores a través del trato *face-to-face* con representantes de las organizaciones, demostrando su naturaleza altamente cualitativa y versátil, así como proporcionando evidencia de su potencial para investigar fenómenos intangibles no estáticos (Marshall y Rossman, 2014).

Además, el método del caso se puede utilizar para la construcción de teorías incluso si se sabe poco sobre el fenómeno (Eisenhardt, 1989):

En particular, el método del caso se ha utilizado en la enseñanza empresarial durante muchos años. Sin embargo, los investigadores de múltiples disciplinas han identificado el método del caso como una metodología de investigación que podría permitirles explorar problemas que no han podido abordar con éxito empleando las metodologías cuantitativas tradicionales (Harling, 2012). Conviene destacar que el método del caso ha ganado popularidad en la literatura de los sistemas de Información (Shakir, 2002), y se ha establecido como una perspectiva de investigación legítima en el campo de la teoría organizacional (Locke et al., 2012).

El método del caso ayuda a explorar los datos en el entorno real, así como a explicar las complejidades de las situaciones reales que pueden no captarse a través de investigaciones experimentales o de encuestas (Zainal, 2007).

El diseño del estudio del caso resulta fundamental para demostrar que: a. es un único método viable para obtener datos implícitos y explícitos de los sujetos b. es apropiado para la pregunta de investigación c. sigue el conjunto de

procedimientos con debida aplicación d. se siguen estrictamente las convenciones científicas utilizadas en las ciencias sociales e. se registra y archiva sistemáticamente una “cadena de evidencia”, ya sea cuantitativa o cualitativamente, particularmente cuando las entrevistas y la observación directa del investigador son las principales fuentes de datos f. el estudio de caso está vinculado a un marco teórico (Tellis, 1997).

3.3.1 Entrevistas semiestructuradas

Para realizar las entrevistas semiestructuradas se ha diseñado un guion que se ha organizado en tres bloques atendiendo a 1) la experiencia de la organización en EC; 2) los impactos que genera la aplicación de las estrategias de EC en la organización; 3) la monitorización/medición del progreso de la EC:

1-Experiencia de la organización
<ul style="list-style-type: none">- ¿Desde cuándo está su organización familiarizada con el concepto de Economía Circular? ¿Cuánto tiempo llevan aplicándolo?- ¿Qué medidas / estrategias de Economía Circular se están aplicando en su organización?-Proporcione ejemplos de casos de éxito en tu organización-Lecciones aprendidas- ¿Qué impactos positivos ha aportado la Economía Circular a su organización?- ¿Están aplicando sus homólogos o competidores las estrategias de Economía Circular?
2-Impactos
<ul style="list-style-type: none">- ¿Está afectando el COVID-19 a la aplicación de las estrategias de Economía Circular en su organización?

- ¿Cómo afecta la aplicación de las estrategias de Economía Circular a las oportunidades económicas?

- ¿Existe algún desafío que pueda impedir la implementación de prácticas de Economía Circular? ¿Cuáles? ¿Cómo se han detectado?

(Por ejemplo: Caso de negocio de economía circular poco definidos; La no existencia de una estrategia organizacional de economía circular; Habilidades y capacitación en economía circular no desarrolladas; Interés insuficiente de los clientes; Falta de colaboración entre las partes de la cadena de suministro; Incentivos insuficientes para diseñar y fabricar productos para la circularidad al final de la vida útil)

- ¿Considera que existen habilitadores específicos que podrían impulsar la implementación de prácticas de economía circular en su organización? Desde el ámbito legislativo, empresarial, social, técnico y económico

- ¿Qué alianza son clave para lograr un modelo de negocio de economía circular?

- ¿Qué valores económicos, sociales y medioambientales se están creando para sus clientes/colaboradores derivados de las prácticas de Economía Circular?

3-Monitorización de la Economía Circular

- ¿Está su organización usando indicadores para monitorizar / medir el progreso de la Economía Circular? ¿qué tipo de indicadores se emplean? Explique el tipo de información que se extrae de los indicadores y su utilidad

-Errores derivados de la medición/monitorización de los indicadores

- ¿Cómo prevé la evolución del uso de los indicadores y estrategias de Economía Circular en el futuro?

Capítulo 4.
Análisis bibliométrico

Capítulo 4.

Análisis bibliométrico

4.1. Introducción

Los análisis bibliométricos se han aplicado en diversos campos tales como las ciencias políticas europeas (Mas-Verdu et al., 2021) y los sistemas nacionales de innovación (Lopez-rubio et al., 2022) para evaluar la evolución y perspectivas de los mismos. Actualmente existen análisis bibliométricos sobre EC (Camón y Celma, 2020 y Goyal et al., 2021) así como sobre medio ambiente y EC (Ruiz-Real et al., 2018), gestión de residuos y EC (Tsai et al., 2020), Unión europea y EC (Martinho et al., 2020). Türkeli et al. (2018) realizaron un análisis bibliométrico del conocimiento científico en China y Europa y destacaron que existen temas colaborativos tales como los indicadores sostenibles, residuos cero, ciudades eco y gobernanza. Sin embargo, hasta donde llega nuestro conocimiento, no existe actualmente ningún artículo específico sobre la bibliometría de EC y sus indicadores.

Inicialmente, se ha realizado un análisis bibliométrico en una muestra de 8,192 artículos, obtenidos de la base de datos ISI Web of Science (WoS) entre los años 2011-2021, con 46,297 referencias citadas sobre el tema "economía circular" y se

Para realizar el análisis bibliométrico, se elabora la búsqueda de interés en WoS. En este caso: Tema = ("circular economy " AND "indicator*") desde el año 2011 hasta el año 2021, ambos incluidos. Esta consulta muestra un total de 958 registros. Los 958 registros se exportan desde WoS a VOSviewer para generar los mapas bibliométricos. A continuación, se configuran los parámetros del mapa bibliométrico.

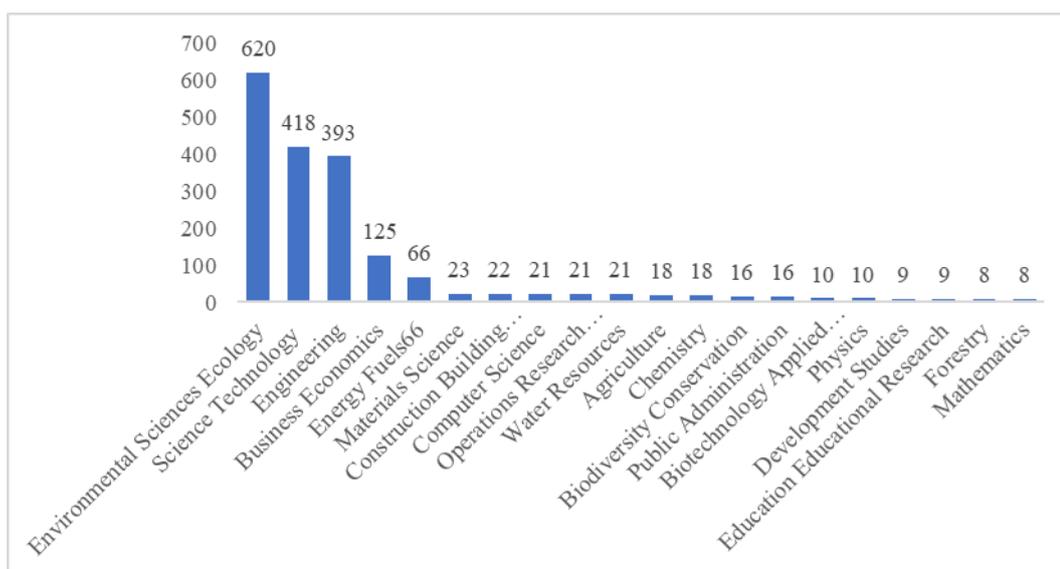
El resultado final indica 958 publicaciones clasificadas en 51 áreas de investigación (figura 7) en la que se muestran las 20 áreas más representativas con más de 7 publicaciones en dichas áreas), donde es importante destacar que una publicación puede cubrir diversas áreas de investigación.

En este apartado se analizan los principales resultados bibliométricos del conjunto de publicaciones sobre economía circular e indicadores entre los años 2011-2021, ambos incluidos. La búsqueda se realizó el 6 de abril 2022. De las 958 publicaciones encontradas, 795 corresponden a artículos, 89 documentos de procedimientos, 77 revisiones de artículos, 8 early access, 6 capítulos de libros, 4 materiales de editorial, 2 data papers y 1 corrección.

Dichas publicaciones se han citado en 9,692 artículos mencionándose 17,686 veces. El índice H resulta 55, es decir, 55 de estas publicaciones recibieron al menos 55 citas.

En la figura 7 se aprecian las principales áreas de investigación de las 958 publicaciones sobre EC e indicadores: *Environmental Sciences Ecology, Science Technology, Engineering y Business Economics*.

Figura 7 Clasificación de publicaciones sobre economía circular e indicadores en las 20 áreas de investigación más relevantes.



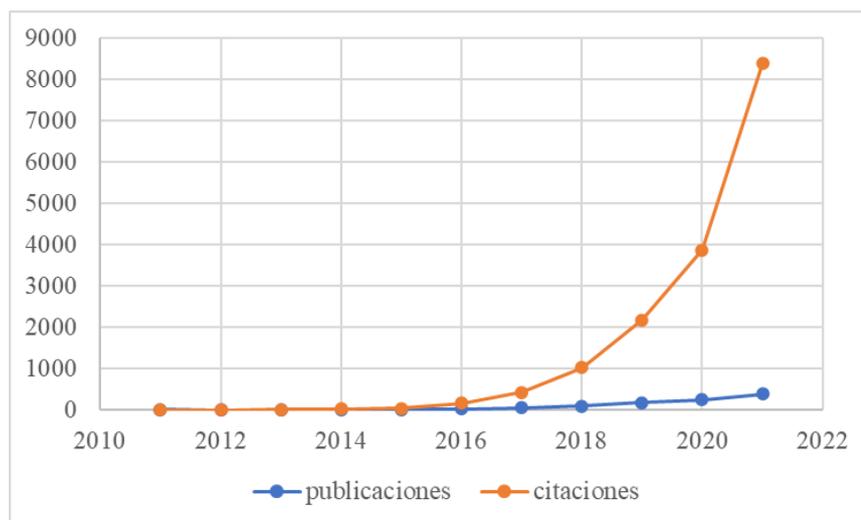
Fuente: WoS

4.2. Impacto y productividad de la EC y los indicadores.

En la figura 8 se presenta el número total de publicaciones sobre economía circular e indicadores, así como el número total de citas recibidas por año entre los años 2011 y 2021 ambos inclusive.

Se observa el aumento del número de publicaciones a lo largo de los años (6 en 2011 frente a 384 en 2021) así como el crecimiento exponencial de las citas.

Figura 8 Número total de publicaciones y número total de citas recibidas sobre economía circular e indicadores.



Fuente: WoS

La tabla 4 muestra una lista con las 10 publicaciones más citadas en economía circular e indicadores según WoS. El primer estudio ha recibido 1620 citas y los dos siguientes más de 400 citas. La publicación más citada *A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems* (Ghisellini et al., 2016), revisa de forma exhaustiva la literatura para comprender hasta qué punto la EC podría ser una solución a la necesidad de reducir los impactos ambientales de los sistemas económicos habituales.

La segunda publicación más citada *A review of the circular economy in China: moving from rhetoric to implementation* (Su et al., 2013) se centra en la revisión del concepto, las prácticas actuales y la evaluación de la EC y la tercera publicación más citada *Sustainable supply chain management and the transition towards a circular economy: Evidence and some applications* (Genovese et al., 2017) realiza una comparación del desempeño de los sistemas de producción tradicionales y circulares de dos estudios de caso de diferentes industrias de procesos (química y alimentaria).

Dado que las publicaciones más antiguas tienen mayor probabilidad de ser citadas más frecuentemente, se ha calculado también la ratio número de citas por año (C/A). Según el número de citas por año Ghisellini et al. (2016) sigue siendo el artículo más citado (231.43 citas por año), mientras que Genovese et al. (2017) asciende al segundo puesto (74.17 citas por año) y el tercer puesto es para la publicación *Circular economy indicators: What do they measure?* Moraga et al. (2019) con 54.5 citas por año. Su et al. (2013) descienden al cuarto puesto con 53.3 citas por año.

Tabla 4 Las publicaciones más citadas sobre economía circular e indicadores

R	NTC	Autores	Título	Descripción	AP	C/A
1	1620	Ghisellini, P., Cialani, C., y Ulgiati, S	A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems	Se describe que la transición hacia la EC acaba de empezar y su éxito depende del involucramiento de todos los actores de la sociedad y su capacidad para crear patrones de colaboración.	2016	231.43
2	533	Su, B., Heshmati, A., Geng, Y., y Yu, X.	A review of the circular economy in China: moving from rhetoric to implementation	Se revisa el concepto, las prácticas actuales y la evaluación de la EC. Se observa el desempeño de la EC en Dalian después de la implementación de políticas relevantes.	2013	53.3
3	445	Genovese, A., Acquaye, A. A., Figueroa, A., y Koh, S. L.	Sustainable supply chain management and the transition towards a	Se compara el desempeño de los sistemas de producción tradicionales y circulares a	2017	74.17

R	NTC	Autores	Título	Descripción	AP	C/A
			circular economy: Evidence and some applications	través de una variedad de indicadores en dos industrias de procesos (química y alimentaria).		
4	398	Geng, Y., Fu, J., Sarkis, J., y Xue, B	Towards a national circular economy indicator system in China: an evaluation and critical analysis	Se revisa el sistema de indicadores empleado en China y se concluye que debería incluir indicadores sociales, empresariales, simbiosis industrial entre otros.	2012	36.18
5	257	Elia, V., Gnoni, M. G., y Tornese, F.	Measuring circular economy strategies through index methods: A critical analysis	Se analiza la literatura sobre la evaluación e indicadores de EC a nivel micro y se propone un marco de referencia para la fase de monitoreo de una estrategia de EC	2017	42.83
6	224	McDowall, W., Geng, Y., Huang, B., Barteková, E., Bleischwitz, R., Türkeli, S., ... y Doménech, T.	Circular Economy Policies in China and Europe	Se comparan las políticas en EC en China y Europa y se muestra que la perspectiva china sobre la EC es amplia, mientras que la concepción europea está más centrada exclusivamente en los residuos y los recursos.	2017	37.33

R	NTC	Autores	Título	Descripción	AP	C/A
7	218	Moraga, G., Huysveld, S., Mathieux, F., Blengini, G. A., Alaerts, L., Van Acker, K., ... y Dewulf, J.	Circular economy indicators: What do they measure?	Se concluye que la mayoría de los indicadores se enfocan en la preservación de los materiales y no miden directamente todas las estrategias de EC	2019	54.5
8	215	Krausmann, F., Wiedenhofer, D., Lauk, C., Haas, W., Tanikawa, H., Fishman, T., ... y Haberl, H	Global socioeconomic material stocks rise 23-fold over the 20th century and require half of annual resource use	Se presenta que la economía global aún está lejos de ser una economía circular y se relaciona con la falta de estabilización de las existencias de materiales y el aumento del uso de los materiales y la energía.	2017	35.83
9	197	Saidani, M., Yannou, B., Leroy, Y., Cluzel, F., y Kendall, A.	A taxonomy of circular economy indicators	Se proporciona una síntesis sobre los indicadores de EC, y arroja algo de luz sobre los desafíos clave restantes, como su adopción efectiva por parte de la industria.	2019	49.25
10	169	Pauliuk, S	Critical appraisal of the circular economy standard BS 8001:2017 and a dashboard of quantitative system indicators for its	A partir del análisis del estándar, se propone una definición general del sistema de indicadores de EC y un panel de indicadores cuantitativos nuevos y	2018	33.8

R	NTC	Autores	Título	Descripción	AP	C/A
			implementation in organizations	establecidos para la evaluación de la estrategia de EC		

Nota: R: ranking; NTC: número total de citas; AP: año de publicación; C/A: citas por año

Fuente: WoS

Las 10 publicaciones más citadas se centran en temáticas relacionadas con la sostenibilidad, análisis de casos de estudio por países, medidas de las estrategias de EC, indicadores de EC, aplicaciones y estrategias de la EC.

A partir del año 2011, se produjo un aumento significativo de la literatura científica en economía circular e indicadores que ha generado la participación de un gran número de científicos y académicos. Por ello, resulta importante destacar los autores con mayor producción literaria y con mayor influencia. En la tabla 5 se muestran los 15 autores más destacados en investigación de EC e indicadores.

Tabla 5 Listado de los 15 autores con mayor número de citas e influencia en los campos de la EC y los indicadores.

R	Autor	Organización	País	NTP	NTC	h	C/P
1	Geng Y	Shanghai Jiao Tong University	China	15	1,620	14	108
2	Dewulf J	Ghent University	Belgium	9	427	6	47.44
3	Ulgiati S	Beijing Normal University	China	9	1,740	5	193.33
4	Smol M	Inst Polish Acad Sci	Poland	8	217	5	27.13
5	Bezama A	Helmholtz Center for Environmental Research (UFZ)	Germany	7	58	5	8.29
6	De Meester S	Ghent University	Belgium	7	416	6	59.43
7	Ferronato N	University of Insubria	Italy	7	147	4	21

R	Autor	Organización	País	NTP	NTC	h	C/P
8	Tian X	Shanghai Jiao Tong University	China	7	121	4	17.29
9	Tseng ML	Asia University Taiwan	Taiwan	7	257	6	22.43
10	Wiedenhofer D	University of Natural Resources and Life Sciences Vienna (BOKU)	Austria	7	447	6	63.86
11	Aldaco R	Universidad de Cantabria	Spain	6	160	5	26.67
12	Lim MK	University of Glasgow	Scotland	6	126	5	21
13	Liu Z	Dalhousie University	Canada	6	216	5	36
14	Margallo M	Universidad de Cantabria	Spain	6	139	4	23.17
15	Molina-moreno V	University of Granada	Spain	6	126	4	21

Nota: R: ranking; NTP: número total de publicaciones; NTC: número total de citas; h: índice h; C/P: citas por publicación

Fuente: WoS

Los primeros tres autores del ranking tienen más de 400 citas cada uno: Geng Y, Dewulf J y Ulgiati S. Si nos centramos en el índice H, donde se aprecia la combinación de productividad e influencia, el autor con un valor más elevado es Geng Y con 14, seguido de Dewulf J, De Meester S, Tseng ML y Wiedenhofer D con 6. Los autores Geng Y y Dewulf J son los autores que cuentan con un mayor número de citas y a su vez son más influyentes. Dichos autores trabajan en organizaciones de China y Bélgica y tal y como se describe en el capítulo 2 representan dos de las zonas geográficas más prolíficas en publicaciones de EC: China y Europa.

En particular el autor Geng Y, ha participado en las publicaciones segunda, cuarta y sexta más citadas y el autor Wiedenhofer D ha participado en la octava publicación más citada.

Tal y como hemos adelantado, se comprueba que 10 de 15 autores están afiliados a organizaciones de países europeos mientras que el resto se ubican en

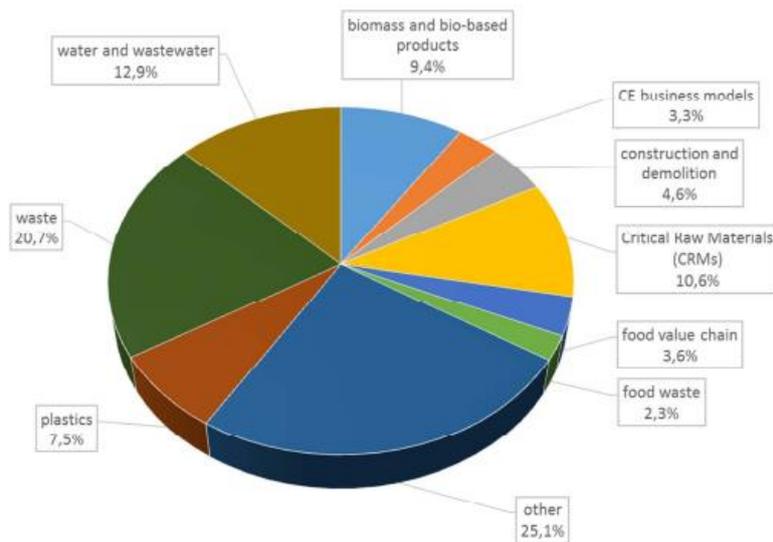
China (Geng Y, Ulgiati S, Tian X), Taiwan (Tseng ML) y Canadá (Liu Z). Dichas cifras de los quince autores más influyentes y destacados en publicaciones de EC e indicadores se corresponden con el análisis de los autores a nivel global: En términos globales, en Europa se concentra más del 50% de las 1012 publicaciones de EC e indicadores (Italia 170, España 128, Inglaterra 74, Portugal 57, Alemania 54, Polonia 54, Holanda 53, Francia 42), seguida de China (142 publicaciones, 14.032%) y Estados Unidos (46 publicaciones, 4.545%).

4.3. Análisis de co-citación

Tal y como se ha descrito en el capítulo 3, el análisis de co-citación de autores (co-citation), identifica los antecedentes compartidos de las publicaciones, de modo que se muestra la estructuras y conexiones existente entre los autores.

A continuación, se muestra en la figura 9 el resultado del análisis de co-citación considerando como mínimo número de citas por autor 36, un umbral de 102 citas recibidas y los 100 enlaces más representativos. Se puede apreciar la relevancia de los autores tales como la Comisión Europea (European Commission) con 815 co-citaciones y un total link strenght de 584.37, Geng Y con 416 co-citaciones y un total link strenght de 339.40, Kirchherr J con 274 co-citaciones y un total link strenght de 64.29 y la fundación MacArthur, E. con 284. Co-citaciones y un total link strenght de 257.72.

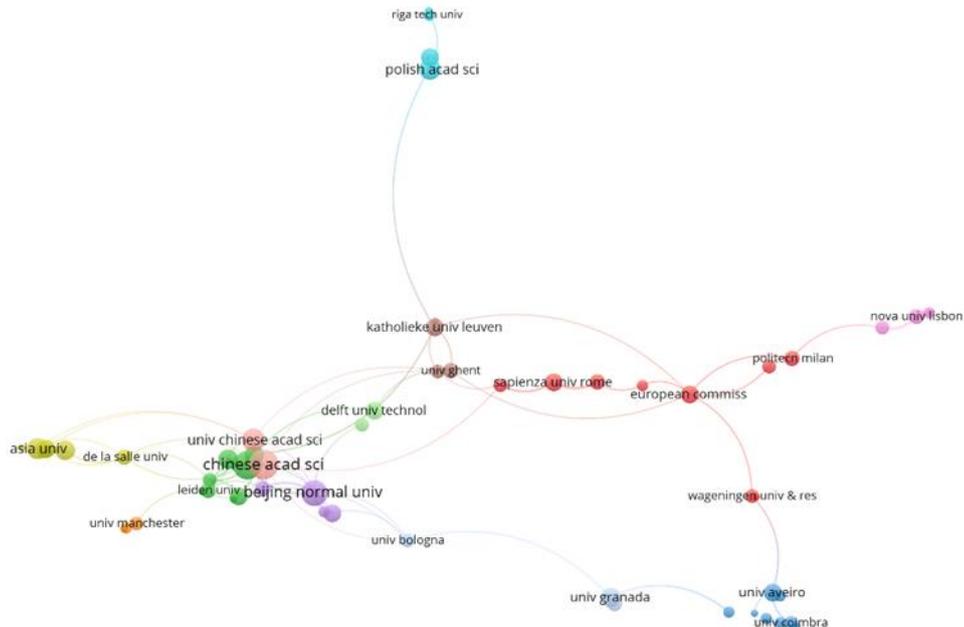
Figura 10 Temáticas de los proyectos financiados sobre EC por la Comisión Europea



Fuente: https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/h2020_projects_circular_economy_2016-2018.pdf

Un análisis de co-autoría de organizaciones y países, permite analizar las redes colaborativas de investigación en EC e indicadores. En las figuras 11 y la figura 12 se aprecian las conexiones de colaboración entre organizaciones (mínimo número de documentos 5) y entre países (mínimo número de documentos 5).

Figura 11 Co-citación de organizaciones en investigación de EC e indicadores



Fuente: Vos Viewer

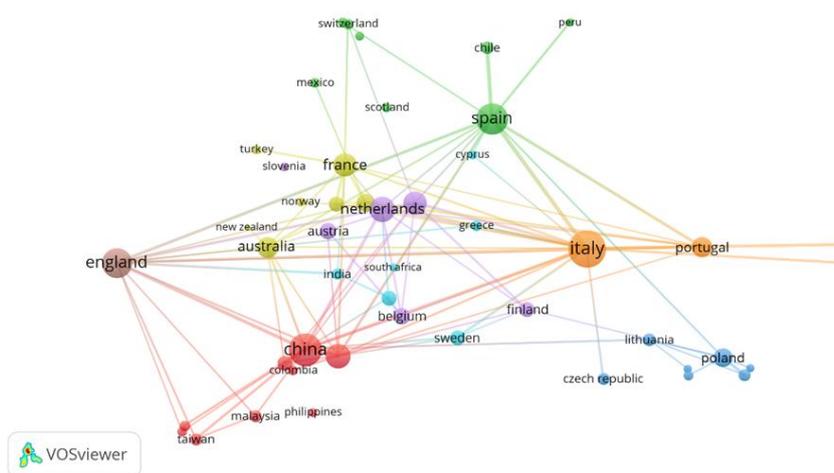
En la figura 11 se aprecia como la Comisión Europea (clúster 1, rojo) está conectada con instituciones europeas tales como la Universidad de Wageningen o la Universidad de Twente (Países Bajos), la Universidad Sapienza de Roma (Italia) o TU Wien (Austria). A su vez se muestra las conexiones de instituciones que comparten políticas de innovación similares y una localización geográfica próxima tales como el clúster 3, azul oscuro (España y Portugal), clúster 6 azul claro (Zona del Báltico representada por universidades de países tales como Estonia o Lituania).

Se destaca la presencia de universidades de China en un gran número de clústeres (2 verde claro, 4 amarillo, 5 morado, clúster 10 verde oscuro) confirmándose las colaboraciones científicas entre instituciones europeas y chinas.

Las instituciones que comparten un mismo idioma o de base similar (latino (España, Italia, Portugal) o germánico (Países Bajos, Alemania, Austria)) se comunican de forma más fluida y tienen una tendencia histórica y natural a la colaboración.

Por otro lado las políticas de innovación a nivel europeo y los proyectos colaborativos, ha fomentado las colaboraciones entre estructuras más heteorgéneas.

Figura 12 Co-citación de países en investigación de EC e indicadores

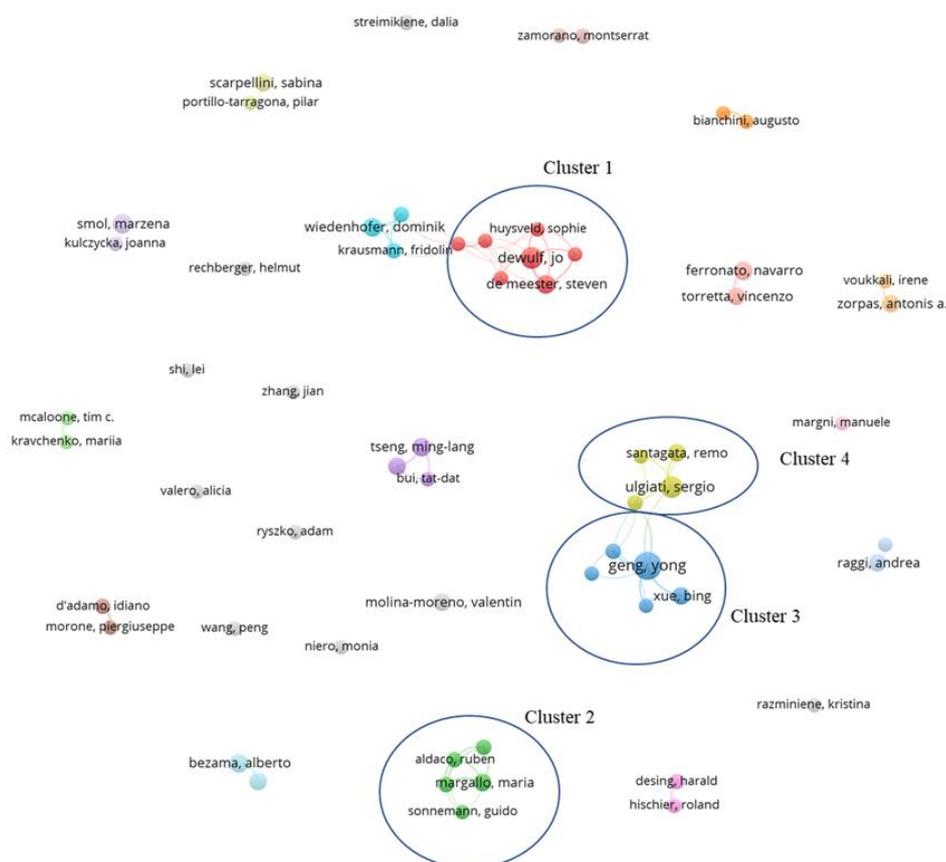


Fuente: Vos Viewer

La figura 12 está alineada con la información que se observa en la figura 11 en la que países con culturas, idiomas y políticas de innovación similares, establecen redes de colaboración en investigación de forma más sencilla. A modo de ejemplo, en la figura se aprecia la conexión de países por cercanía geográfica (tales como Finlandia, Lituania, Polonia; China, Malaysia, Filipinas, Taiwan) o por compartir el mismo idioma (tales como España, Chile, Perú, México).

Independientemente de las características descritas, el hecho de compartir unos objetivos y unas estrategias comunes en investigación e innovación promueven el trabajo conjunto en países tales como Australia, turquía y Francia o India, Sudáfrica y Suecia.

Figura 13 Coautoría de autores en investigación de EC e indicadores



Fuente: Vos Viewer

La figura 13 muestra el mapa de coautoría entre autores (con un mínimo de cuatro documentos). Cada cluster de la figura 13 representa los grupos de autores que colaboran en áreas conectadas. En particular se describen los cuatro clusters más relevantes.

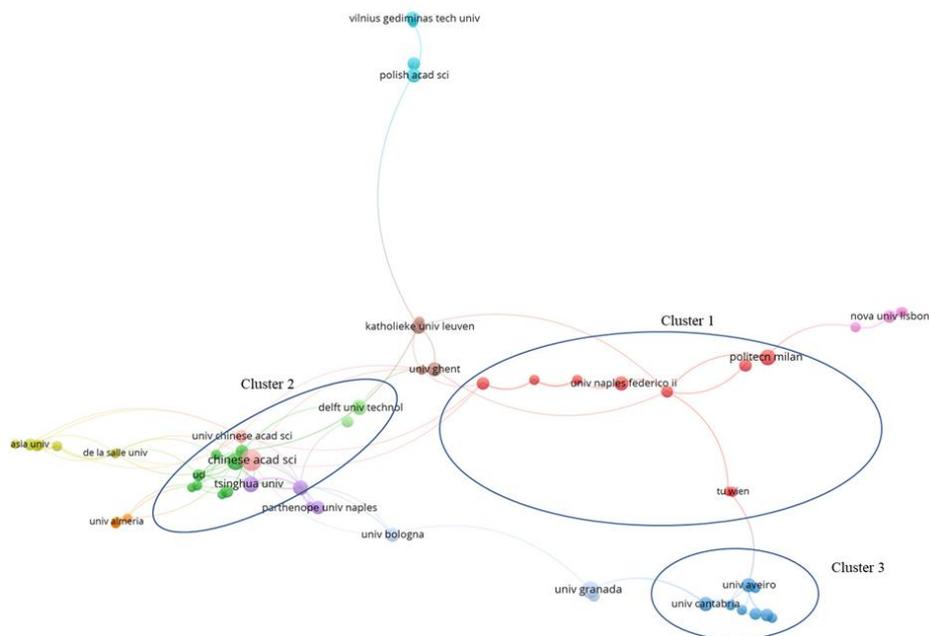
El cluster 1 está formado por los autores Blengini G.A., De Meester S., Dewulf J., Huysveld S., Mathieux F, Ragaert K., Van Acker K. En particular, De Meester S., Dewulf J., Huysveld S, Ragaert K., pertenecen a Ghent University en Bélgica, y la conexión con la institución European Commission Joint Research Centre en la que desarrollan su actividad profesional Mathieux F y Blengini G.A viene dada por el hecho que Dewulf J estuvo vinculado en el periodo 2014-2017 con European Commission Joint Research Centre.

El Cluster 2 está formado por Aldaco R., Irabien A., Laso J., Margallo M., Sonnemann G., siendo la Universidad de Cantabria la institución a la que pertenecen Aldaco R., Irabien A., Laso J; y Margallo M; y la Univ Bordeaux en Francia la institución de Sonnemann G. La conexión se establece debido a que la publicación de la que son coautores está enmarcada dentro de la financiación del programa Interreg Atlantic Area.

El cluster 3 está compuesto por autores que desarrollan su actividad científica en universidades ubicadas en China tales como Dong H que pertenece a Shanghai Jiao Tong University, Dong L. autor afiliado a City University of Hong Kong, Geng Y. que trabaja en Shanghai Jiao Tong University, Liu Z; que desarrolla su actividad científica en Dalhousie University y Xue B; que pertenece a Chinese Academy of Sciences. Tal y como se ha destacado en el capítulo 2, (Su et al., 2013), ley de promoción de la EC en China) y en el presente capítulo, las universidades y el gobierno chino han impulsado políticas de investigación, desarrollo e innovación en el campo de la economía circular.

Por último, el cluster 4 está representado por Santagata R; y Ulgiati S; que realizan su actividad laboral en Parthenope University Naples, (Italia) y Zucaro A; que pertenece a ENEA (Italia) y el autor Tian X; que desarrolla su actividad científica en instituciones chinas tales como Shanghai Jiao Tong University y Beijing Normal University. La publicación de la que son coautores está enmarcada dentro de la financiación del programa del Ministerio de Asuntos exteriores y cooperación internacional de Italia.

Figura 14 Coautoría de organizaciones en investigación de EC e indicadores



Fuente: Vos Viewer

Por otra parte, la figura 14 revela el mapa de de coautoría entre instituciones (con un mímo de cinco documentos). Cada cluster de la figura 14 representa los grupos de instituciones que colaboran en áreas conectadas. En particular se describen los tres clusters más relevantes.

El cluster 1 está formado por las instituciones tales como la Comisión Europea, Politecnico di Milano, Politecnico di Torino, Universidad de Sapienza en Roma, TU Wien en Austria, Universidad de Nápoles Federico II, Universidad de Nápoles Parthenope, Universidad de Twente (Países Bajos) y Universidad de Wageningen (Países Bajos). Todas las instituciones del cluster 1 son europeas y pertenecen a dos áreas concretas: zona de Italia y zona de Europa Central (Austria y Países Bajos) que están conectadas a través de publicaciones y proyectos de investigación con la Comisión Europea con base en Bélgica. La Comisión Europea

contribuye la construcción de puentes para una cooperación europea eficaz de las instituciones.

El cluster 2 está compuesto por Leiden University (Países Bajos), National Institute for Environmental Studies (Japón), Shanghai Jiao Tong University (China), Technical University Denmark, University College London (UK), University of Natural Resources and Life Sciences (Austria), University of Tokyo (Japón), Yale University (USA). Todas estas instituciones trabajan juntas para lograr los mejores resultados en la investigación y comparten políticas de innovación e investigación similares aunque se encuentren en zonas geográficas dispares.

El cluster 3 está representado por cuatro universidades portuguesas tales como University of Aveiro, University of Beira Interior, University of Coimbra, University of Lisbon, dos universidades españolas, Universidad de Cantabria y Universidad de Santiago de Compostela, una universidad francesa University of Bordeaux y una universidad brasileña Universidad Federal de Río de Janeiro. Todas las instituciones comparten unas lenguas latinas como son el español, portugués y francés que facilita el entendimiento y la proximidad cultural.

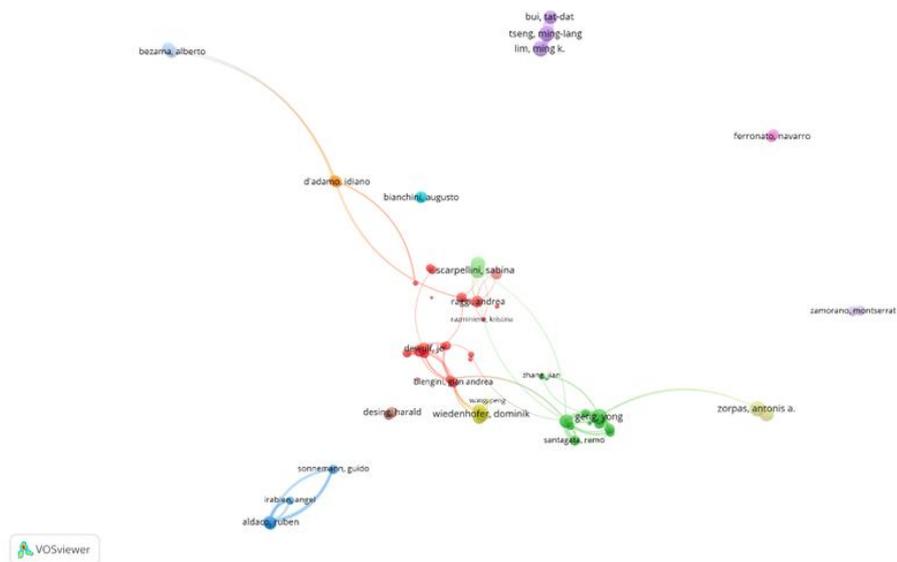
4.4. Análisis: bibliographic coupling

Tal y como se describe en el manual de VOSviewer, la solidez de un link en el análisis de *bibliographic coupling* entre autores, indica en que medida han empleado los mismos artículos como estado del arte para sus publicaciones, es decir el número de referencias compartidas (Van Eck y Waltman., 2013). De este modo, aquellos autores con un link más alto, compartirán un mayor número de artículos como base de su investigación.

En la figura 15 se representan los 60 autores con un mayor link que han publicado un mínimo de 4 artículos sobre "circular economy" AND "indicator*". Y en la figura 15 se presentan emparejamiento bibliográfico de instituciones en EC e indicadores.

En las figuras 15, 16 y 17 se representa gráficamente los enfoques similares de autores (figura 15), organizaciones (figura 16) y países (figura 17) a partir de las referencias compartidas de la literatura que se analiza en este capítulo.

Figura 15 Emparejamiento bibliográfico de autores en EC e indicadores.



Nota: Número mínimo de documentos por autor: 4; número mínimo de citas por autor: 10; 78 de los 3839 autores cumplen este umbral.

Fuente: Vos Viewer

Tabla 6 Clusters temáticos relevantes por autores

Cluster	Número de items	Autores con mayor link strenght	Temas relevantes tratados en sus publicaciones
1	19	Dewulf J	Sostenibilidad ambiental, qué miden los indicadores de economía circular, desarrollo de indicadores aplicados a los materiales, residuos y reciclados
2	11	Geng Y	Políticas de economía circular en China, evaluación de la sostenibilidad ambiental en casos prácticos de simbiosis industrial y urbana
3	5	Aldaco R	Revisión de metodologías mediante LCA en diversos sectores agroalimentarios
4	4	Wiedenhofer D	Marco de seguimiento de la economía circular, flujos de materiales
5	3	Lim Ming K	Análisis basado en datos de ciclos de fin de vida de los productos, gestión de residuos y cadenas de suministro sostenibles
6	2	Bianchini A, Rossi J	Modelo de economía circular en la industria 4.0, barreras de implementación de la economía circular
7	2	D'Adamo I	Modelo de economía circular aplicado a la gestión de residuos urbana, escenarios del reciclado de materiales, indicadores socio-económicos aplicados a ciudades

Fuente: Vos Viewer

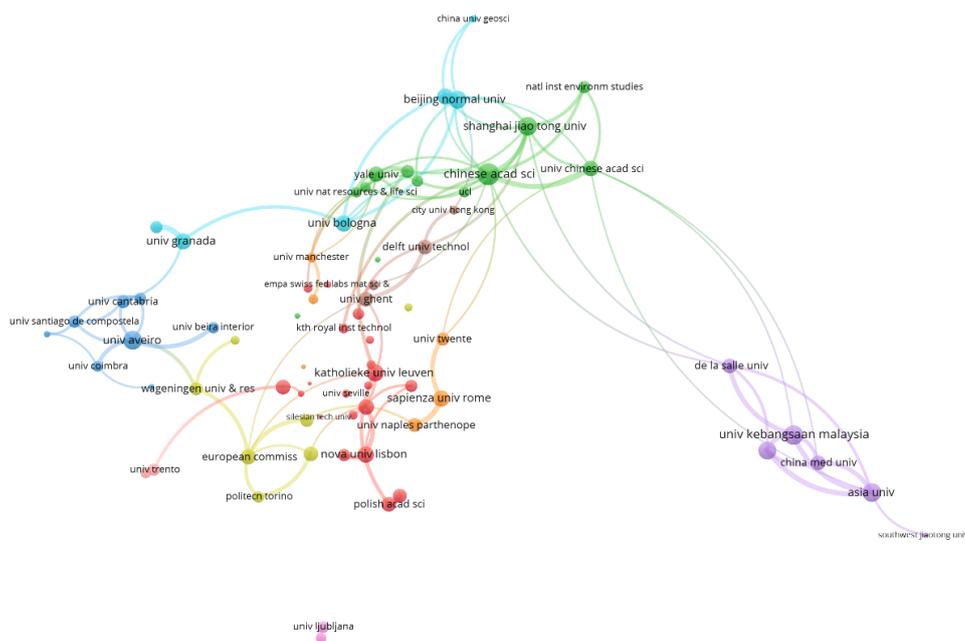
La tabla 6 muestra los clúster más relevantes de los catorce clústeres relativos al emparejamiento bibliográfico por autores (figura 14) . Los clusters constan de artículos que se relacionan con la medición de las estrategias de EC, el progreso de los modelos de EC en distions países y regiones, revisión de indicadores de

EC, políticas de EC aplicadas en Europa y china así como la gestión de residuos y materiales, especialmente su fin de vida.

En la figura 16 se observan los 10 clúster centrados en Khatolieke University of Leuven en Bélgica (clúster 1, 20 items, rojo), Chinese Academy of Sciences (clúster 2, 1 items, verde), University of Aveiro en Portugal (clúster 3, 8 items, azul), Comisión Europea en Bélgica (clúster 4, 7 items, amarillo), Universiti Kebangsaan Malaysia (clúster 5, 6 items, morado), Beijing Normal University en China (clúster 6, 6 items, azul claro), Sapienza University en Roma (Italia) (clúster 7, 6 items, naranja), Delft TU en Países Bajos (clúster 8, 4 items, marrón), Universidad de Ljubljana en Eslovenia (clúster 9, 2 items, rosa), Universidad de Trento (Italia) (clúster 10, 2 items, caldera).

Los integrantes de los clústers se agrupan principalmente por afinidad de idioma (como en el clúster 3 donde la mayor parte de los integrantes pertenecen a España y Portugal), políticas de innovación comunes (como en el clúster 4 formado por la Comisión Europea y organizaciones europeas tales como la Universidad de Wageningen (Países Bajos) o la Universidad Politécnica de Torino (Italia)) y localización geográfica (como en el clúster 5 que está formado por universidades asiáticas (China, Malaysia)).

Figura 16 Emparejamiento bibliográfico de organizaciones en EC e indicadores.

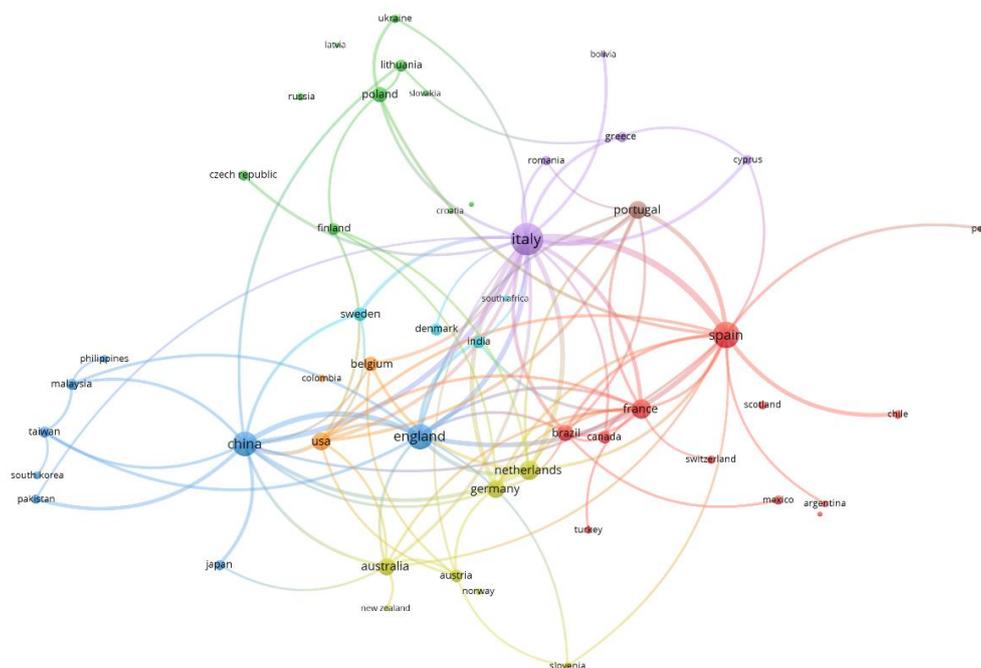


Nota: Número mínimo de documentos por autor: 5; número mínimo de citas por autor: 10; 73 de los 1268 organizaciones cumplen este umbral.

Fuente: Vos Viewer

El análisis de emparejamiento bibliográfico de organizaciones (Figura 16) está alineado con el análisis de emparejamiento bibliográfico de países (Figura 17). Se observa que los vínculos entre países está relacionado con sus políticas de innovación similares, idiomas comunes, acuerdos de investigación entre organizaciones pre-establecidos o localizaciones geográficas próximas.

Figura 17 Emparejamiento bibliográfico de países en EC e indicadores



Nota: Número mínimo de documentos por autor: 5; número mínimo de citas por autor: 10; 50 de los 92 países cumplen este umbral.

Fuente: Vos Viewer

A continuación se presentan en la tabla 7 las revistas científicas más productivas e influyentes, teniendo en cuenta el número total de publicaciones, el número total de citas o el índice h.

Tabla 7 Las revistas más más productivas e influyentes en EC e indicadores

Revista	NTP	NTC	h	C/P	Impact Factor (2020)
Sustainability	137	1356	21	9.9	3.251
Journal of cleaner production	132	6713	38	50.86	9.297
Resources conservation and recycling	74	2080	23	28.11	10.204
Science of the total environment	27	575	14	21.3	7.963
Journal of industrial ecology	23	831	10	36.13	6.946

Revista	NTP	NTC	h	C/P	Impact Factor (2020)
Energies	20	309	8	15.45	3.004
Waste management	18	291	9	16.17	7.145
Ecological indicators	16	212	9	13.25	4.958
Journal of environmental management	16	322	7	20.13	6.789
Sustainable production and consumption	16	274	9	17.13	5.032

Nota: NTP: número total de publicaciones; NTC: número total de citas; h: índice h; C/P: citas por publicación;

Fuente: Vos Viewer

Respecto a las revistas con un mayor número de artículos publicados en EC e indicadores, destacamos las que tienen un mayor impacto.

The Journal of Cleaner Production es una revista internacional cuyas publicaciones se focalizan en la producción más limpia, el medio ambiente y la sostenibilidad.

La revista *Resources conservation and recycling* es una revista que enfatiza los procesos de transformación involucrados en una transición hacia sistemas de producción y consumo más sostenibles. Ambas revistas tienen el foco en temas de sostenibilidad de modo que las publicaciones relacionadas con la EC y los indicadores son numerosas y cuadran con las temáticas abordadas.

4.5. Análisis de coocurrencia de palabras clave

La co-ocurrencia (co-occurrence) identifica vínculos entre temas de investigación. En la presente tesis se muestran las uniones basadas en la frecuencia de palabras clave en los artículos.

Para obtener la Figura 18, se han considerado tanto las palabras clave del autor como *Keywords Plus* y un mínimo de once ocurrencias para las 958 publicaciones previamente identificadas como los más citados sobre economía circular e indicadores, lo que da como resultado un total de 103 palabras clave.

Tabla 8 Mapa de co-ocurrencia de palabras clave de los estudios más influyentes

Ranking	Palabra clave	Ocurrencias	Total link strenght
1	circular economy	670	636.00
2	sustainability	338	335.00
3	indicator	297	290.00
4	waste	154	151.00
5	management	149	144.00
6	China	137	135.00
7	performance	114	114.00
8	life cycle assessment	101	100.00
9	energy	75	74.00
10	framework	74	74.00
11	system	74	72.00
12	symbiosis	61	61.00
13	economy	61	61.00
14	design	60	59.00
15	supply chain	54	53.00
16	recycling	52	51.00
17	barriers	51	51.00
18	efficiency	50	50.00
19	strategies	50	50.00
20	resource efficiency	49	48.00

Fuente: Vos Viewer

4.6. Conclusiones

En el capítulo 4 se ha realizado un análisis bibliométrico sobre EC y sus indicadores indexados en la base de datos WoS entre los años 2011 y 2021, ambos incluidos. La búsqueda se realizó el 6 de abril de 2022. Se han obtenido 958 publicaciones que se han citado 23,997 veces, teniendo un promedio por publicación de 25 citas y con un índice h de 66, mostrando su relevancia dentro del ámbito científico.

Las principales categorías de investigación de WoS de las 958 publicaciones mencionadas son las siguientes: *Environmental Sciences* con 335 publicaciones (55.972%), *Green Sustainable Science Technology* con 406 publicaciones (40.079%), *Engineering Environmental* con 263 publicaciones (29.812%), *Management* con 45 publicaciones (6.713%). Las categorías de investigación corresponden con los principales focos de la EC y los indicadores en los que se destaca la ciencia y la tecnología como motor de adquisición de conocimiento, transferencia y aplicación.

A su vez, el crecimiento del conocimiento y las innovaciones en el campo de la EC y los indicadores son fruto de las relaciones de la triple hélice (Ranga et al., 2015) comunidad científica, el sector industrial y las administraciones públicas.

En cuanto al análisis de los autores con mayor relevancia, Ulgiati, S. es el autor con un mayor número de citas seguido de Geng, Y, Dewulf, J, De Meester, S y Wiedenhofer D, mientras que Gen,Y es el autor que obtiene la mejor combinación de productividad e influencia (índice h, 14).

Respecto al análisis de autores con mayor influencia con respecto al número total de publicaciones frente al número total de citas son Ulgiati, S, Geng, Y., Dewulf, J, De Meester, S y Wiedenhofer D. Dichos autores trabajan para organizaciones de China (Ulgiati, S, Geng, Y) y Europa (concretamente en Bélgica y Austria: Dewulf, J, De Meester, S y Wiedenhofer).

En el mapa bibliométrico de co-citación de autores se observa que la Comisión Europea (European Comission) tiene la mayor relevancia, así como el segundo

autor con mayor número de citas y otros autores tales como Kirchherr J, la fundación MacArthur, E. y Ghisellini, P.

La Comisión Europea aparece de nuevo en el mapa de co-citación de organizaciones, conectándose con universidades europeas tales como la Universidad de Wageningen, la Universidad de Twente o la Universidad Sapienza de Roma (Italia).

Por otro lado, en el mapa se muestra que aquellas instituciones que comparten políticas de investigación e innovación similares y una localización geográfica próxima (zona mediterránea, zona báltica, países asiáticos), tienen una mayor conexión que se ve reflejada en las publicaciones.

En consideración al análisis de coocurrencia de palabras clave, se muestra que los conceptos de sostenibilidad, residuos, gestión, análisis del ciclo de vida, energía, marco conceptual, sistema, simbiosis, economía, diseño, cadena de suministro, reciclado, barreras, eficiencia o estrategias están plenamente relacionados con la economía circular y los indicadores tal y como se describe en el capítulo 2, marco conceptual de la tesis. Se destaca la palabra clave China, país impulsor de políticas de economía circular y monitorización de su alcance y sus estrategias a través de los indicadores.

La sostenibilidad, los residuos y el reciclado son algunos de los principales pilares de las políticas del Plan de Acción de la Economía Circular de la Unión Europea y su relevancia se refleja tanto en el marco conceptual elaborado, como en las tendencias de investigación. Las medidas introducidas en dicho Plan de Acción de la Economía Circular de la Unión Europea persiguen reducir los residuos, obtener productos más sostenibles o aplicar la circularidad en las regiones, ciudades y ciudadanos.

China junto con Europa son las áreas tractoras en investigación e innovación en las áreas de economía circular e indicadores tal y como reflejan sus prolíficos autores e instituciones.

Con respecto al análisis de las revistas científicas, se destaca que Sustainability, Journal of cleaner production y Resources conservation and recycling son las

revistas con mayor número de publicaciones, mayor número de citas e índice h. En cuanto al factor de impacto, *Journal of cleaner production* y *Resources conservation and recycling* son las revistas con mayor índice junto con *Science of the total environment*. Dichas revistas tienen una gran influencia en el sector científico.

Por último, cabe destacar que el análisis bibliométrico realizado en este capítulo puede presentar algunas limitaciones ya que al ser una temática reciente y con una producción científica creciente en modo exponencial, no se hayan incluido las últimas publicaciones relevantes de 2022-2023.

Capítulo 5.

Casos de estudio

Capítulo 5. Casos de estudio

5.1. Introducción

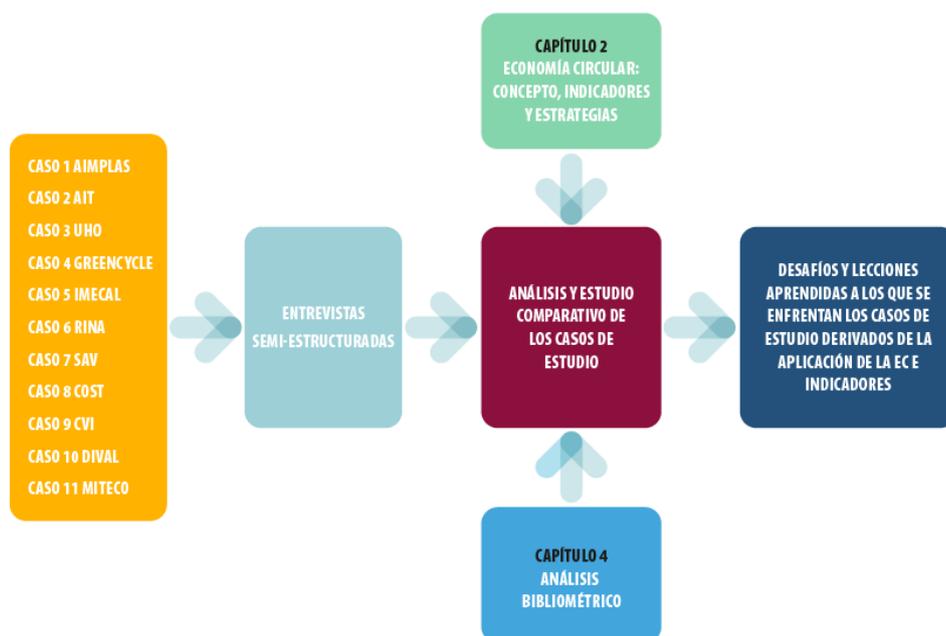
Si se contextualiza la importancia de la aplicación de la EC a partir de los datos proporcionados por Eurostat, se estima que la contribución de los materiales reciclados a la demanda general de materiales es relativamente baja. De media, los materiales reciclados solo satisfacen alrededor del 10 % de la demanda de materiales de la UE. La aplicación de estrategias de la EC persigue aumentar no sólo los ratios de materiales reciclados sino la sostenibilidad medioambiental, económica y social a largo plazo.

A modo de ejemplo, en 2018, se generaron en la UE 813 millones de toneladas de residuos no minerales, lo que corresponde a 1.820 kilogramos (kg) de residuos por habitante. La cantidad de residuos no minerales generados per cápita en la UE aumentó un 1,1 % entre 2004 y 2018.

En este capítulo se describen y analizan los casos de estudio dentro del marco conceptual de la EC y los indicadores. La sección 5.2 presenta las organizaciones seleccionadas y la sección 5.3 realiza un análisis y estudio comparativo de los

casos de estudio basados en las entrevistas semiestructuradas realizadas y los capítulos 2 y 4 de la tesis. En particular el análisis de los casos de estudio se ha centrado en identificar y analizar los desafíos y lecciones aprendidas por las organizaciones seleccionadas relativas a la EC y los indicadores. Por otro lado, se considera la monitorización que aplican las organizaciones para medir su actividad en EC.

Figura 19 Esquema del capítulo 5



Fuente: Elaboración propia

En primer lugar, se han considerado la transparencia y replicabilidad de la investigación como variables de selección de los casos de estudio. Para ello se ha seguido el siguiente protocolo general propuesto por Gerring (2016):

- Se ha identificado qué tipología de estudio del caso se ajusta a esta tesis, en nuestro caso el estudio del caso causal-diagnóstico.

- Se ha clarificado el método de selección de los casos de estudio:

(1) Diversidad: representación internacional pero también fuerte presencia de la Comunidad Valenciana en el modelo de innovación de la triple hélice, (considerando organizaciones que provienen del sector científico, industrial y administrativo). (2) Autenticidad y relevancia: grado del conocimiento del concepto de la EC con el fin de analizar un entorno heterogéneo con distintos niveles de conocimiento, experiencias, oportunidades, fortalezas, debilidades en el campo de la EC y los indicadores.

-Se han recopilado evidencias tales como entrevistas semi estructuradas a las once organizaciones. Las entrevistas se han enriquecido con fuentes secundarias tales como documentación de las organizaciones, sitios web, etc.

-Se ha definido una metodología de análisis de los datos obtenidos y se ha seguido una secuencia de pasos que puede ser reproducible por otros investigadores.

El modelo de innovación de la triple hélice es una pieza clave para el desarrollo social y el crecimiento del conocimiento y la economía que engloba las interacciones entre la comunidad científica, el sector industrial y las administraciones (desde el nivel regional al europeo) (Ranga y Etzkowitz, 2015). Tal y como Ranga y Etzkowitz (2015) describieron, la interacción entre ciencia-industria-administración ha permitido que la misión de cada uno de los sectores se haya desarrollado contribuyendo al progreso socio económico:

- El propósito de la universidad se ha ampliado de la enseñanza a la transferencia tecnológica.
- El objetivo del gobierno se ha reconvertido de la gestión de recursos a la regulación legislativa medioambiental.
- La misión de la empresa se ha ampliado al incorporar soluciones tecnológicas innovadoras de alto impacto social.

Sverko et al. (2020) analizan si el desarrollo económico medido por el PIB (producto interno bruto) afecta al desarrollo de la EC mientras que Sánchez-Ortiz et al. (2020) estudian indicadores para medir la eficiencia en la EC por lo que se

desprende que seleccionar más de un país en los casos de estudio enriquece las aportaciones.

Ūsas et al. (2021) determinan a través de un análisis cuantitativo que Alemania, Suecia y los Países Bajos aparecen como los más avanzados en el desarrollo de la EC. En los casos de estudio se ha incluido Alemania para incluir en el estudio experiencias de EC de nivel avanzado (UHO y GREENCYCLE).

En la figura 20 y en la tabla 9 se muestran las organizaciones seleccionadas para los estudios del caso, su tipología y su localización geográfica:

Figura 20 Organizaciones analizadas por el método del caso



Fuente: Elaboración propia

Tabla 9 Clasificación de las organizaciones analizadas

	Caso	Acrónimo	Tipo	País
Ciencia	1-Asociación de investigación de materiales plásticos y conexas	AIMPLAS	Centro tecnológico	España
	2-Athlone Institute of Technology	AIT	Centro tecnológico	Irlanda
	3-University of Hohenheim	UHO	Universidad	Alemania
Industria	4-Greencycle GmbH	GREENCYCLE	Gran Empresa	Alemania
	5-Industrias Mecánicas Alcudia SA,	IMECAL-	PYME	España
	6-RINA Consulting S.p.A.,	RINA	Gran Empresa	Italia
	7-S.A. Agricultores de la Vega de Valencia	SAV	PYME	España
Administración	8-European Cooperation in Science and Technology	COST	Organización europea	Bélgica
	9-Consortio Valencia Interior	CVI	Organización a nivel regional	España
	10-Diputación de Valencia	DIVAL	Organización a nivel regional	España
	11-Ministerio de transición ecológica y cambio demográfico	MITECO	Organización a nivel nacional	España

Fuente: *Elaboración propia*

En el caso de las organizaciones seleccionadas, la universidad (UHO) y los centros de investigación (AIMPLAS, AIT) colaboran con las empresas (GREENCYCLE, IMECAL, RINA, SAV), tanto a través de proyectos privados como financiados por entidades regionales, nacionales o europeas. La universidad trabaja principalmente a nivel de investigación básica y los centros de investigación desarrollan su actividad desde el laboratorio hasta la planta piloto, utilizando sus instalaciones como un entorno industrial relevante real para ayudar a la industria a alcanzar

sus objetivos de investigación y desarrollo. La administración (CVI, DIVAL, MI-TECO) colabora con la comunidad científica y las empresas a través de proyectos de investigación financiados, licitaciones, políticas, etc. En el caso de COST, se encuentra conectada con las organizaciones científicas, empresariales y gubernamentales a través de las redes de conocimiento derivadas de las acciones COST que financian.

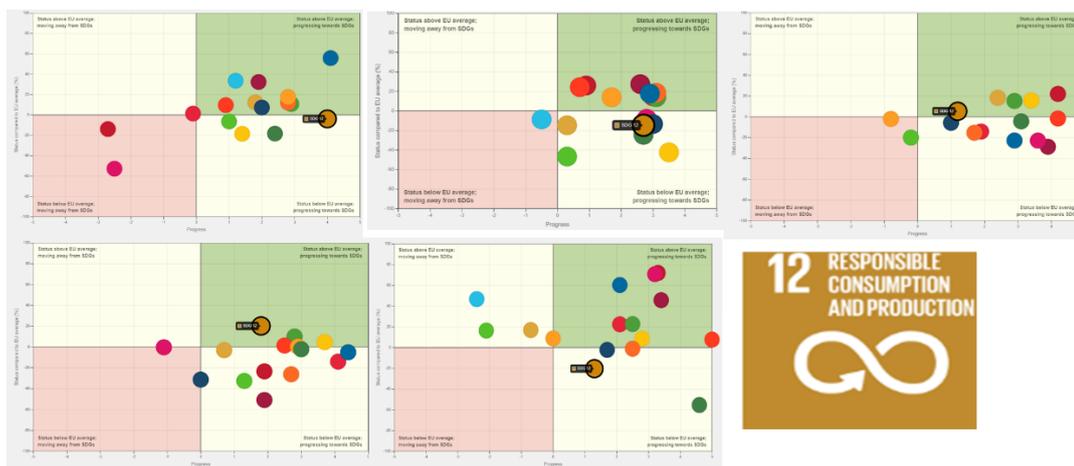
Los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) adoptados por las Naciones Unidas en 2015 dentro la Agenda 2030 sobre el Desarrollo Sostenible constituyen un llamamiento universal a la acción para poner fin a la pobreza, proteger el planeta y mejorar las vidas y las perspectivas de las personas en todo el mundo.

Considerando dichos ODS, Eurostat realiza unas estadísticas sobre el rendimiento de cada país relativo a los ODS en comparación con la media europea.

A través de iniciativas de EC, se facilita que se logren los ODS. (Rodríguez-Anton et al., 2019; Belmonte-Ureña et al., 2021). Algunos autores destacan la relación que se establece entre los ODS y los diferentes sectores en los que se aplica la EC (Fioramonti et al., 2019) para definir sinergias tales como el sector agroalimentario (Aznar-Sánchez et al., 2020; Barnabè y Nazir, 2022; Poponi et al., 2022 y Amicarelli et al., 2021), el sector de los materiales sostenibles (Bontempi et al., 2021) y el sector de la bioeconomía (Linser y Lier, 2020).

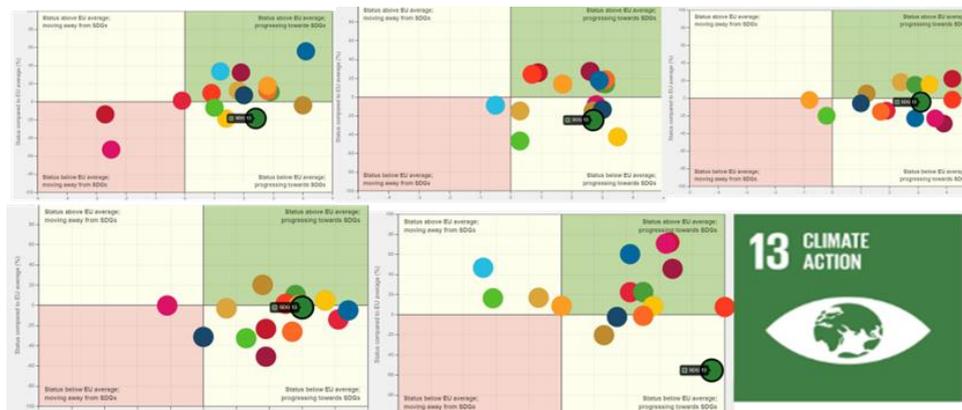
A continuación, se muestra la situación para los países de las organizaciones seleccionadas relativas al nivel de desarrollo en comparación con la media europea de los ODS 12 (consumo y producción responsable) y ODS 13 (Acción por el clima) que están estrechamente relacionados con la EC:

Figura 21 Rendimiento del ODS 12 de Alemania, Bélgica, España, Italia e Irlanda en comparación con la media europea



Fuente: Eurostat <https://ec.europa.eu/eurostat/cache/infographs/sdg-country-overview/>

Figura 22 Rendimiento del ODS 13 de Alemania, Bélgica, España, Italia e Irlanda en comparación con la media europea



Fuente: Eurostat <https://ec.europa.eu/eurostat/cache/infographs/sdg-country-overview/>

Tal y como se observa en la figura 21 y 22, la situación ideal es ubicar el rendimiento de cada ODS en la casilla verde en la que hay un rendimiento por encima de la media europea y se está trabajando para lograr los objetivos sostenibles. Ninguno de los países analizados tiene un rendimiento por encima de la media europea en todos los ODS. Si analizamos específicamente aquellos ODS más relacionado con la EC como son 12-consumo y producción responsable, 13-acción por el clima que están estrechamente relacionados con la EC observamos lo siguiente:

- El ODS 12 se centra en desvincular los impactos ambientales del crecimiento económico, la economía verde y la generación y gestión de residuos. España e Italia tienen un rendimiento por encima de la media europea relativa al consumo y producción responsable. Mientras que Bélgica e Irlanda están por debajo de la media europea, pero están trabajando para alcanzar los objetivos. Alemania se encuentra en la media europea, con tendencia al alza, alineándose con los ODS.
- El ODS 13 trabaja en la prevención de la degradación ambiental. Alemania y Bélgica se encuentran ligeramente por debajo de la media europea mientras que Irlanda está ubicada en un nivel bajo con respecto a la media europea. Italia y España se encuentran en la media europea, con tendencia al alza, alineándose con los ODS. Todos los países analizados tienen un gran margen de mejora en la consecución del objetivo 13-acción por el clima y deben seguir trabajando para alcanzar los objetivos.

El modo en que las estrategias de EC ayudan a lograr las metas de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) está relacionado con los indicadores sociales identificados tales como salud y seguridad del consumidor, la pobreza, la seguridad alimentaria y la gobernabilidad. (Padilla-Rivera et al., 2020, 2021). De modo que el alcance de los ODS se conecta con el progreso en la EC de forma equilibrada en las dimensiones medioambientales, económicas y sobre todo sociales.

5.2. Presentación de los casos de estudio

A continuación, se describen las organizaciones participantes en las entrevistas semi estructuradas. La información sobre las descripciones de las organizaciones se ha obtenido a partir de información institucional recopilada en las webs institucionales y en los documentos oficiales.

5.2.1 Ciencia/ tecnología- AIMPLAS

AIMPLAS (Asociación de investigación de materiales plásticos y conexas) es un centro tecnológico con más de 30 años de experiencia en la industria del plástico cuya misión es agregar valor a las empresas para que puedan crear riqueza, generar empleo y trabajar para resolver los desafíos a los que se enfrenta el uso de los materiales plásticos en la sociedad actual con el fin de mejorar la calidad de vida de las personas y garantizar la sostenibilidad ambiental.

AIMPLAS situado en el Parque Tecnológico de Paterna (Valencia), cuenta con más de 10500 m² de instalaciones y más de 30 plantas piloto disponibles para aportar soluciones a las empresas, en toda la cadena de valor, desde fabricantes de materia prima a transformadores y usuarios finales.

Las líneas de investigación de AIMPLAS están focalizadas en el desarrollo de una amplia gama de nuevos materiales, productos, procesos y servicios que aporten valor en el campo de los nanomateriales, materiales sostenibles y avanzados, biotecnología y tecnologías avanzadas.

A lo largo de 2019, la economía circular fue el motor en la actividad del centro tecnológico, que presentó más de 80 proyectos de I + D + i y participó en un total de 28 eventos sobre el tema. El centro también impartió 25 cursos y organizó cuatro talleres a los que asistieron más de 500 personas. En cuanto a los servicios tecnológicos, se lanzó un nuevo servicio de diagnóstico para que las empresas puedan implementar este tipo de estrategia.

En total, 493 empresas (298 pymes) participaron en 226 proyectos de I + D + i y obtuvieron una devolución de 30,8 millones de euros en ayudas directas para financiar sus actividades de I + D + i. Por sectores, el 34% fueron empresas en

embalaje, 19% en reciclaje, 15% en la industria automotriz y transporte, 10% en construcción, 8% en el sector salud, 5% en el sector eléctrico-electrónico, 4% en agricultura, y 2% en aeronáutica.

(Fuente: <https://www.aimplas.es/>)

5.2.2 Ciencia-Universidad AIT

AIT (Athlone Institute of Technology) es un Instituto de Educación Superior (HEI) ubicado en Irlanda que se distingue por su investigación e innovación aplicadas. En 2018, AIT recibió el prestigioso premio Sunday Times Good University Guide 'Instituto de Tecnología del Año 2018' en reconocimiento a sus esfuerzos en las áreas de investigación aplicada, empleabilidad de graduados y aumento del rendimiento académico.

Actualmente, AIT figura entre las 25 universidades con mejor desempeño de U-Multirank en la categoría de publicaciones interdisciplinarias, y la primera HEI a nivel nacional y la segunda a nivel mundial en haber recibido la acreditación de la Academia de Ciencias Farmacéuticas (APS) por su BSc (Hons) en Ciencias farmacéuticas.

El Plan Estratégico de AIT 2019-2023 guiará su crecimiento continuo y la prosperidad de su región desde una perspectiva económica y social. AIT cuenta con tres institutos en investigación de materiales (MRI), investigación de biociencias (BRI) e investigación de software (SRI), junto con dos portales tecnológicos financiados por Enterprise Ireland: tecnologías de polímeros aplicados (APT) y diseño y entrega de aplicaciones de medios conectados (COMAND)) cuyo fin es impulsar la investigación basada en el mercado en colaboración con socios de la industria.

La estrategia de AIT es ser el socio de elección para las empresas, centrando sus actividades de investigación aplicada, innovación y apoyo empresarial en abordar las necesidades de la industria regional y nacional mediante la colaboración proactiva con nuevas empresas y empresas establecidas y proporcionando una

amplia gama de servicios intensivos en conocimiento, con especial atención a las pymes.

(Fuente: <https://www.ait.ie/>)

5.2.3 Ciencia-Universidad UHO

UHO (Universidad de Hohenheim (En alemán: Universität Hohenheim)) es un campus universitario ubicado en el sur de Stuttgart, Alemania. Fundada en 1818, es la universidad más antigua de Stuttgart. Sus principales áreas de especialización han sido tradicionalmente la agricultura y las ciencias naturales. La facultad de ciencias agrícolas se ha clasificado regularmente entre las mejores del país, lo que convierte a la Universidad de Hohenheim en una de las universidades más importantes de Alemania en estos campos.

La universidad mantiene alianzas académicas con varias universidades asociadas y participa en numerosos proyectos de investigación conjunta. UHO es uno de los seis fundadores de la Universidad Europea de Bioeconomía. Esta cooperación tiene como objetivo crear un marco para una investigación excelente, interdisciplinaria y transnacional.

Las tecnologías de conversión de Recursos Biobasados en el Departamento de Ingeniería Agrícola se enfocan la investigación de materiales de carbono, plástico de campo, procesos de separación y biorrefinerías. También brindan servicios de consultoría a empresas como empresas químicas y biotecnológicas y biorrefinerías. Su investigación se centra en Bioplásticos: productos químicos de plataforma a partir de biomasa (furfurales, fenoles, etc.) para polímeros antiguos y nuevos (nailon de achicoria, resinas de paja); Nuevos materiales ricos en carbono a partir de biomasa (biocarbón, carbón activado, negro de carbón, materiales para pilas de combustible...); Fertilizante mediante reciclaje de nutrientes (por ejemplo, de lodos de depuradora o estiércol); Productos valiosos de algas; Procesos de separación innovadores especialmente para procesos de base

biológica. Sus competencias son las conversiones hidrotermales (gasificación, licuefacción, despulpado...), pirólisis lenta y diseño de procesos.

(Fuente: <https://www.uni-hohenheim.de/en>)

5.2.4 Industria -GREENCYCLE

GREENCYCLE (Greencycle Gmbh) es una empresa de gestión de residuos activa a nivel mundial, además de un motor de innovación para nuevas tecnologías, sistemas y procesos. GREENCYCLE enfoca estas innovaciones en las áreas de reciclado, gestión de energía y soluciones logísticas, abogando por un futuro limpio en el que un ciclo de materiales de ciclo cerrado y eficiente protege nuestro medio ambiente y crea valor sostenible. El objetivo es: reducir a cero el desperdicio de recursos en toda la cadena de valor.

Fundada en 2009, GREENCYCLE cuenta ahora con más de 3500 empleados con sede en Heilbronn, Alemania. Como parte del Grupo Schwarz, que también incluye las cadenas minoristas Lidl y Kaufland, GREENCYCLE persigue la idea de un ciclo inteligente: desde el producto totalmente reciclable hasta el comercio y la eliminación y, finalmente, el reciclaje sostenible y el reprocesamiento en nuevos productos. GREENCYCLE combina la experiencia obtenida de las operaciones en más de 90 ubicaciones en más de 30 países a través de actividades operativas o consultoría en gestión de recursos para Kaufland, Lidl u otros clientes externos. Bajo la marca operativa, PreZero opera en Alemania, Holanda, Polonia y EE. UU.

Los expertos de GREENCYCLE analizan los flujos de materiales de las empresas. Esto comienza con la cuestión de qué materiales reciclables se producen en qué cantidades y en qué lugares. Sobre la base de los resultados del análisis, se pueden identificar las ubicaciones ideales para los contenedores de desechos y se pueden presentar sugerencias sobre la mejor manera de separar los desechos.

El siguiente paso es preparar los materiales reciclables clasificados para un transporte posterior eficiente. Esto se hace utilizando máquinas de prensado especialmente desarrolladas por GREENCYCLE para este propósito. Cartón, películas

de plástico e incluso botellas de PET se forman en fardos empleando las máquinas de prensado para maximizar la utilización de las áreas de carga de los camiones. Esto minimiza los costes de transporte y reduce el impacto ambiental de viajes adicionales innecesarios.

Como parte del Grupo Schwarz, GREENCYCLE tiene la oportunidad de desarrollar soluciones integrales y holísticas. Esto crea considerables economías de escala. Las estrategias exitosas se implementan en las tiendas Lidl y Kaufland de Alemania. Lidl Deutschland recibió el premio *EHI Energy Management Award* en 2018 por su estrategia de gestión energética "ECO2NEXT", que incorpora numerosas innovaciones.

(Fuente: <https://www.greencycle.de/>)

5.2.5 Industria -IMECAL

IMECAL (Industrias Mecánicas Alcudia SA) es una PYME localizada en L'Alcúdia (Valencia) que fue fundada en 1979 como una empresa de ingeniería en el sector del metal, trabajando bajo demanda y fabricando todo tipo de equipos metal-mecánicos para obra civil, petro-refinerías y petroquímicas, transporte, industria frigorífica, motores auxiliares industriales y cerámica. industria, entre otros. El Departamento de I + D de IMECAL ha permitido a la empresa avanzar en el campo tecnológico, habiendo realizado importantes alianzas con empresas, universidades y organismos públicos de investigación.

La línea de I + D de tecnología de producción de bioetanol de segunda generación ha desarrollado una tecnología biotecnológica patentada para la obtención de bioetanol a partir de Residuos Urbanos Orgánicos. En 2007 IMECAL construyó una planta de bioetanol de segunda generación con capacidad para procesar 25 ton / día de fracción orgánica de residuos sólidos urbanos (RSU) (PERSEO Bioetanol®). IMECAL ha coordinado y participado en diferentes proyectos para probar y mejorar la tecnología PERSEO a diferentes materias primas de RSU con diferentes empresas. Perseo Bioethanol® es una tecnología innovadora para transformar residuos orgánicos (residuos sólidos urbanos biodegradables, sector

HORECA, papel y cartón) en productos comerciales de alto valor: bioetanol avanzado, para ser utilizado como combustible líquido o materia prima para la industria química, y un residuo orgánico con alto poder calorífico para la generación de calor y electricidad mediante cogeneración o biometano y / o biofertilizante mediante digestión anaeróbica / compost.

Además, la tecnología se puede adaptar para producir otros bioproductos de alto valor mediante la adaptación del pretratamiento para ser aplicada a otros procesos fermentativos. La optimización del proceso centrada en los residuos orgánicos se puede realizar aprovechando todas las capacidades de la biorrefinería PERSEO a escala de laboratorio y después de la ampliación y demostración a escala semiindustrial. Esto, unido al vasto conocimiento en desarrollo e ingeniería de procesos de IMECAL S.A., permite brindar un servicio integral completo para el desarrollo, validación, diseño y construcción de bioprocesos a escala industrial. La tecnología está demostrada a escala semiindustrial (planta piloto desde 2007), garantizando un proceso estable y de alto rendimiento. Es compatible con las plantas de tratamiento de residuos municipales actuales, mejorando las cifras económicas de toda la cadena de valor frente a las tecnologías de tratamiento actuales (+ 50%).

IMECAL ofrece proyectos a medida que se desarrollan para cada cliente: desde el diseño hasta la construcción. La tecnología se desarrolló como un nuevo concepto de "Biorrefinería integrada" (estrategia de economía circular), con el objetivo de valorizar todos los residuos del proceso. Esta estrategia reduce las emisiones asociadas a los gases de efecto invernadero en el tratamiento de residuos sólidos urbanos (0,96 toneladas de CO₂ equivalente / tonelada seca de residuos sólidos urbanos) y el contenido de materiales inertes en la fracción orgánica de residuos mediante un pretratamiento físico y biotecnológico.

(Fuente: <https://www.perseobiotech.com>)

5.2.6 Industria-Consultora RINA

Con casi 160 años de experiencia en una amplia gama de industrias, RINA (RINA Consulting S.p.A) es una empresa italiana multinacional que ayuda a sus clientes a construir negocios sólidos y exitosos.

La misión de RINA se centra en entregar soluciones que mejoren el bienestar de la sociedad y construir valores sostenibles para las generaciones futuras a través del conocimiento y un equipo capaz de aportar soluciones claras e innovadoras.

A través de una red global de 3.900 profesionales que operan en 200 oficinas en 70 países, apoyan a los operadores del mercado durante todo el ciclo de vida de sus proyectos. RINA promueve un enfoque ecológico de la industria con un fuerte compromiso con el ahorro de energía, la reducción de emisiones y la optimización del consumo de combustible.

RINA contribuye a respaldar el crecimiento sostenible de los operadores de energía en todo el mundo para satisfacer las crecientes demandas del mercado de petróleo y gas, generación de energía (convencional, renovables y redes eléctricas), incluida la protección del medio ambiente. Los servicios de certificación de terceros brindan una garantía independiente de cumplimiento de los estándares regulatorios asociados, para las empresas en todos los aspectos de proyectos, operaciones, logística y legislación. RINA ofrece servicios dedicados a optimizar el valor y el potencial de los activos cumpliendo con los estándares, controlando los costes, verificando la calidad y seguridad y respetando los plazos de los proyectos.

(Fuente: <https://www.rina.org/en>)

5.2.7 Industria -SAV

SAV (S.A. Agricultores de la Vega de Valencia) es una empresa de servicios fundada en 1900, que desarrolla su actividad en el ámbito del Medio Ambiente,

desde la limpieza de espacios públicos y privados y la gestión integral de los residuos hasta el mantenimiento de instalaciones depuradoras de aguas. Actualmente presta sus servicios en la Comunidad Autónoma de Valencia, Cataluña, La Rioja, Castilla la Mancha, Andalucía, Aragón, Navarra, País Vasco, Murcia, Galicia, Asturias, Extremadura, Baleares y Madrid.

SAV es la primera empresa del sector de los servicios urbanos de la Comunidad Valenciana en conseguir el certificado del sistema de gestión comunitaria y auditoría ambiental impulsado por la Unión Europea que está en vigor desde 2011.

Para SAV, la innovación es uno de los elementos clave para el éxito futuro, ya que fomenta el desarrollo y la competitividad de la organización para lograr servicios más eficientes. Por este motivo, cuentan con un departamento específico para liderar los procesos de Investigación, Desarrollo e Innovación (I + D), dedicado a actualizar y optimizar los procesos comerciales, así como a mejorar los sistemas de gestión y centrarnos constantemente en lograr la máxima satisfacción para todos nuestros clientes y sus necesidades. Específicamente, la innovación tiene como objetivo preservar el medio ambiente de modo que, la compañía está altamente involucrada en la economía circular.

En 2017, SAV fue seleccionado por la Comisión Europea a través del programa Horizonte 2020 para participar en el proyecto de I + D de economía circular: "PlastiCircle: Mejora de la cadena de residuos de envases de plástico desde un enfoque de economía circular".

(Fuente: <https://www.sav.es>)

5.2.8 Administración -COST

Desde 1971, COST (European Cooperation in Science and Technology) ha contribuido al Espacio Europeo de Investigación (EEI) proporcionando oportunidades de trabajo en red a investigadores e innovadores con el fin de fortalecer la capacidad de Europa para abordar los desafíos científicos, tecnológicos y sociales. Tiene tres prioridades estratégicas: promover y difundir la excelencia,

fomentar la investigación interdisciplinaria para la ciencia de vanguardia y empoderar y retener a los jóvenes investigadores e innovadores.

COST es una organización de financiación para la creación de redes de investigación, denominadas Acciones COST. Estas redes ofrecen un espacio abierto para la colaboración entre científicos de toda Europa (y más allá) y, por lo tanto, dan impulso a los avances en la investigación y la innovación.

COST es *bottom-up*, esto significa que los investigadores pueden crear una red, basada en sus propios intereses e ideas de investigación, mediante la presentación de una propuesta a la convocatoria abierta de COST. La propuesta puede pertenecer a cualquier campo científico. Es posible adherirse a Acciones en curso, que por lo tanto se van ampliando durante el período de financiación de cuatro años. Son múltiples partes interesadas, que a menudo involucran al sector privado, los responsables de la formulación de políticas y la sociedad civil.

Las Acciones COST están organizadas por una serie de herramientas de trabajo en red, como reuniones, conferencias, talleres, misiones científicas a corto plazo, escuelas de formación, publicaciones y actividades de difusión. La financiación cubre el coste de las herramientas de trabajo en red de dichas Acciones COST.

La financiación de COST pretende complementar los fondos nacionales de investigación, ya que se dedican exclusivamente a cubrir actividades de colaboración, como talleres, conferencias, reuniones de grupos de trabajo, escuelas de formación, misiones científicas de corta duración y actividades de difusión y comunicación.

(Fuente: <https://www.cost.eu/>)

5.2.9 Administración -CVI

Los ayuntamientos de 61 municipios de 5 comarcas del interior de Valencia, con el apoyo de la Diputación Provincial y la Generalitat, han creado el Consorcio Valencia Interior (CVI) para gestionar en común sus residuos municipales. Su ámbito territorial alcanza el 50% de la provincia de Valencia, y da servicio a más de

250.000 habitantes, que generan cerca de 120.000 toneladas de residuos urbanos al año.

El Consorcio, a través de su concesionario, mantiene y recoge una red de 768 contenedores de envases ligeros y 842 contenedores de papel y cartón. Estos contenedores están equipados con identificadores por radiofrecuencia, al tiempo que los camiones recolectores disponen de células de pesaje dinámico, de modo que podemos conocer con exactitud la cantidad que recogemos cada vez que levantamos un contenedor, y así optimizar la recogida.

Para los envases de vidrio el Consorcio ha encomendado a Ecovidrio la recogida y mantenimiento de los 800 contenedores de envases de vidrio que hay repartidos en estos 52 municipios.

En particular, la Instalación de Valorización de Residuos Domésticos de Llíria es la infraestructura más importante del Consorcio Valencia Interior. Está ubicada a 40 km de Valencia, y es la encargada de tratar los residuos domésticos de las comarcas de Camp de Turia y Los Serranos.

Tiene una capacidad de tratamiento de 80.000 toneladas anuales de residuos y 40.000 toneladas anuales de compostaje, con una capacidad para absorber un 50% adicional de carga de trabajo durante 4 meses para gestionar la pauta estacional de generación de residuos de estas zonas.

(Fuente: <https://www.consorciovalenciainterior.com/>)

5.2.10 Administración -DIVAL

La Diputación de Valencia (DIVAL) es el órgano institucional propio de la provincia de Valencia (España). Su principal función es dotar de infraestructuras a los 266 municipios de la provincia de Valencia.

DIVAL tiene como objetivo impregnar la gestión diaria de eficiencia, transparencia e igualdad. DIVAL contribuye en todos aquellos servicios que los ayuntamientos no pueden cubrir, prestando asistencia técnica, jurídica y económica a los

ayuntamientos para que puedan prestar los servicios de calidad que solicitan los municipios.

DIVAL considera la innovación como una herramienta facilitadora en la gestión técnica y administrativa entre los ayuntamientos y el Ayuntamiento de Valencia que favorece la mejora en el desarrollo social y territorial.

La Diputación de Valencia pertenece a la asociación internacional Partenalía (<https://partenalía.eu/index>), y ostenta actualmente la Vicepresidencia. Partenalía tiene un papel clave en la construcción de una Europa más integrada, ya que es la voz de las administraciones locales intermedias y les ofrece una plataforma de trabajo privilegiada para promover iniciativas innovadoras y el intercambio de mejores prácticas a escala transnacional.

DIVAL ha participado en proyectos europeos tales como URBANREC y RECYCPACK que le han proporcionado experiencia en estrategias de EC tales como la prevención, reutilización y reciclaje de residuos. Dicha experiencia permite que la administración pueda liderar iniciativas sociales referentes a gestión de residuos sólidos urbanos en los diversos municipios de la provincia de Valencia, contribuyendo en la mejora de la calidad de vida de la ciudadanía.

(Fuente: <https://www.dival.es/es>)

5.2.11 Administración -MITECO

Las funciones del Ministerio de transición ecológica y cambio demográfico (MITECO) son las siguientes:

- La propuesta y ejecución de la política del Gobierno en materia de lucha contra el cambio climático, prevención de la contaminación, protección del patrimonio natural, de la biodiversidad, de los bosques, del mar, agua y energía para la transición a un modelo productivo y social más ecológico.

- La elaboración de la legislación estatal en materia de aguas y costas, cambio climático, protección de la biodiversidad, medio ambiente, montes, meteorología y climatología.
- La gestión directa del dominio público hidráulico de las cuencas intercomunitarias, del dominio público marítimo-terrestre.
- La elaboración de la legislación estatal en materia de energía, el desarrollo de la política energética nacional, junto con las medidas destinadas a asegurar el abastecimiento energético.
- La elaboración y el desarrollo de la estrategia y la política del Gobierno frente al reto demográfico, así como la propuesta y ejecución de la política de lucha contra la despoblación.

La Estrategia Española de Economía Circular (EEEC) se alinea con los objetivos de los dos planes de acción de economía circular de la Unión Europea, “Cerrar el círculo: un plan de acción de la UE para la economía circular” de 2015 y “Un nuevo Plan de Acción de Economía Circular para una Europa más limpia y competitiva” de 2020, además de con el Pacto Verde Europeo y la Agenda 2030 para el desarrollo sostenible.

La Estrategia tiene una visión a largo plazo, España circular 2030, que será alcanzada a través de sucesivos planes de acción trienales por desarrollar, que permitirán incorporar los ajustes necesarios para culminar la transición en 2030.

En este contexto, la Estrategia establece unas orientaciones estratégicas a modo de decálogo y se marca una serie de objetivos cuantitativos a alcanzar para el año 2030:

- Reducir en un 30% el consumo nacional de materiales en relación con el PIB, tomando como año de referencia el 2010.
- Reducir la generación de residuos un 15% respecto de lo generado en 2010.
- Reducir la generación residuos de alimentos en toda cadena alimentaria: 50% de reducción per cápita a nivel de hogar y consumo minorista y un 20% en las cadenas de producción y suministro a partir del año 2020.

- Incrementar la reutilización y preparación para la reutilización hasta llegar al 10% de los residuos municipales generados.
- Mejorar un 10% la eficiencia en el uso del agua.
- Reducir la emisión de gases de efecto invernadero por debajo de los 10 millones de toneladas de CO₂ equivalente.

La EEEEC identifica seis sectores prioritarios de actividad en los que incorporar este reto para una España circular: sector de la construcción, agroalimentario, pesquero y forestal, industrial, bienes de consumo, turismo y textil y confección.

(Fuente: <https://www.miteco.gob.es/es/>)

5.3. Análisis comparativo de los casos de estudio

5.3.1. Análisis

El análisis comparativo de los casos se ha desarrollado tomando como base y punto de partida:

- El marco conceptual de la EC desarrollado en el capítulo 2.
- El análisis bibliométrico desarrollado en el capítulo 4.
- Las entrevistas semiestructuradas realizadas a las organizaciones seleccionadas (descritas en el apartado 5.2 y en los anexos).

En particular, la discusión se ha focalizado en comprender el esfuerzo necesario para implementar las estrategias de EC en las organizaciones, así como el impacto generado y el modo en el que se mide su grado de avance.

- El bloque inicial de las entrevistas semiestructuradas se ha focalizado en conocer la experiencia de las organizaciones en el concepto de la EC y la aplicación de sus estrategias.
- El segundo bloque de las entrevistas semiestructuradas se ha centrado en explorar el impacto que la aplicación de las estrategias de la EC genera en las organizaciones.

- El tercer bloque de las entrevistas semiestructuradas versa sobre el uso e identificación de indicadores para poder realizar un seguimiento del grado de consecución de los objetivos de la EC.

En esta sección se considera la investigación basada en los casos que ofrecen información sobre cómo los desafíos de la EC, las lecciones aprendidas y la monitorización de su aplicación a través de los indicadores son llevados a la práctica.

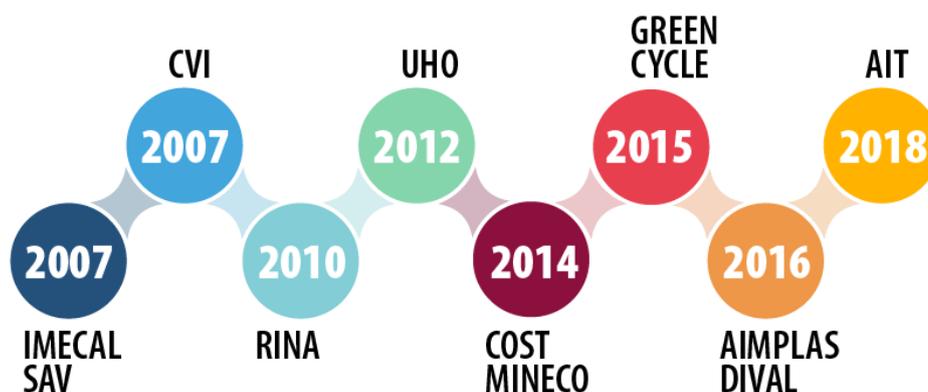
Dicho análisis comparativo de los once casos de estudio se ha enfocado desde la perspectiva de la triple hélice (ciencia-industria-administración), agrupando a las organizaciones en los tres bloques mencionados. Se ha comparado la experiencia de las organizaciones en EC, sus estrategias e indicadores empleados.

La heterogeneidad de definiciones del concepto de la EC que se describe en el capítulo 2 de la tesis (Yong, 2007; D'Amato et al., 2021; Hobson, 2016; etc) está vinculada con el hecho de que cada organización entrevistada, proporciona e interpreta la información relativa a la EC en base a su propia experiencia y conocimiento. En particular las publicaciones más citadas sobre EC e indicadores que se destacan en el capítulo 4 (Ghisellini et al., 2016; Su et al., 2013 y Genovese et al., 2017), investigan diversos aspectos como son la EC como solución para reducir los impactos ambientales de los sistemas económicos, la revisión del concepto y la evaluación de la EC en un país concreto (China) y una comparación del desempeño de los sistemas de producción tradicionales y circulares, respectivamente.

A continuación, se analizan las respuestas proporcionadas por las organizaciones científicas, industriales y gubernamentales, así como sus diferencias y puntos de conexión.

En primer lugar, se ha establecido una línea temporal que muestra el primer contacto de las organizaciones en la aplicación del concepto de EC. Previamente a esta fecha, todas las organizaciones comentan que se aproximaron a la EC con iniciativas que giraban en torno a la sostenibilidad sin ser conscientes de que estaban iniciando el camino hacia la conversión de un modelo lineal a un modelo circular alineado con la afirmación de Murray et al. (2017).

Figura 23 Línea temporal de los casos de estudio relativa al concepto de EC



Fuente: elaboración propia

Las fechas de aproximación de las organizaciones a la EC coinciden en gran medida con los años seleccionados en la bibliometría 2011-2021, en los que se concentran la mayor parte de la producción científica sobre la EC. Dicha producción científica ha crecido exponencialmente durante el periodo analizado (2011-2021).

5.3.3.1 Caso 1 AIMPLAS

AIMPLAS empezó a trabajar junto con DIVAL con el concepto de EC través del proyecto europeo URBANREC financiado por la Comisión Europea (<https://urbanrec-project.eu/>). En dicho proyecto se implementaban estrategias de reutilización, reciclado y mejoras logísticas para mejorar la gestión de residuos voluminosos en distintas regiones europeas. El proyecto ofreció la posibilidad de trabajar con actores de toda la cadena de valor y poder conocer las necesidades y retos. AIMPLAS previamente había trabajado con conceptos de sostenibilidad, reciclado y ecodiseño, pero no eran definidas como estrategias de EC.

AIMPLAS emplea la siguiente metodología: en cada proyecto de I + D + i:

- Realización de un diagnóstico inicial y un estado del arte detallado para cada tecnología o innovación a aplicar.

- Utilización de LCA, el LCA social y los costes del ciclo de vida como estrategias de medición de los impactos ambientales, sociales y económicos.

Para medir el impacto que AIMPLAS está creando en sus empresas asociadas, el retorno económico y su éxito en los proyectos de I + D + i se emplean indicadores internos (económicos, ambientales, sociales y científicos): ingresos, intereses, emisiones de CO₂, etc. Como se describe en la literatura (Lewis y Liu, 2001), el LCA se usa ampliamente como una medida clave para el monitoreo de la sostenibilidad ambiental.

En los proyectos de I + D financiados por la UE en los que AIMPLAS participa, existen indicadores ambientales que no se refieren específicamente a la EC tal y como describe Elia et al. (2017) en el capítulo 2.

5.3.3.2 Caso 2 AIT

AIT comenzó a trabajar con el concepto de EC mediante la aplicación de tecnologías básicas de reciclaje de residuos.

A nivel de organización interna, AIT contribuye a la EC empleando las siguientes estrategias:

- Recolección de botellas de PET en el centro principal de estudiantes para realizar proyectos de apoyo a estudiantes con la ayuda de la empresa de reciclaje (www.ait.ie/news-and-events/news/banking-on-bottles-ait-debuts-pet-recycling-scheme).
- Realización de cambio de materiales en el menaje de los comedores estudiantiles que sean más sostenibles.

Alineado con la medición de las estrategias de EC que se describe en el caso de AIMPLAS, AIT realiza para cada proyecto de I + D + i un diagnóstico inicial para cada tecnología o innovación a aplicar, así como el LCA, el SLCA y los costes del ciclo de vida.

5.3.3.3 Caso 3 UHO

UHO prioriza el residuo cero, la recuperación de calor y la gestión energética midiéndose en términos de balance energético y de carbono.

UHO destaca la necesidad de emplear los indicadores LCA y SLCA hasta el fin de la vida útil del producto donde participa el ciudadano y no limitarlo al proceso productivo industrial compartiendo la visión aportada por (Elia et al., 2017). El compromiso de los usuarios finales-ciudadanos es clave para lograr un seguimiento real del avance de las estrategias de EC, ya que implica monitorear el impacto de las tendencias que se han establecido, los cambios y el efecto de las estrategias para informar a la ciudadanía. Se destaca la falta de información sobre el valor de la investigación que recibe el ciudadano

Se menciona la importancia de los desafíos del Green Deal sobre la EC que afectarán profundamente la descripción de los futuros programas de I + D en toda Europa. Actualmente, constituyen una parte integral de la estrategia de la EC para implementar la Agenda 2030 de las Naciones Unidas y los objetivos de desarrollo sostenible, y las demás prioridades anunciadas en las directrices políticas de la presidenta Von der Leyen.

5.3.3.4 Caso 4 GREENCYCLE

GREENCYCLE ha estado vinculado con el concepto de EC desde la concepción de la organización (2009) pero hasta 2015, no aplicó las estrategias de EC.

El hecho de pertenecer al gran grupo industrial Schwarz, le proporciona una amplia perspectiva en términos de cadena de valor y una oportunidad real de participar en la aplicación de la EC.

GREENCYCLE se ha focalizado principalmente en la reintroducción y valorización de materiales en los primeros pasos de la cadena de producción. A modo de ejemplo, GREENCYCLE ha proporcionado material reciclable para la cadena de supermercados Lidl que ha sido reintroducido en los pasos de producción nuevamente. Además, algunos impactos positivos derivados de la aplicación de la EC son la identificación de nuevas áreas de oportunidades de negocio, la

contribución a la reducción de residuos y la previsión de reducción de costes a largo plazo.

GREENCYCLE identifica la cadena de suministro como cuello de tal y como describe Linder et al. (2017) destacando la idoneidad de mantener el suministro y la calidad de los materiales derivados de residuos.

GREENCYCLE detalla que la aplicación de las estrategias de EC ha aportado mejores resultados en términos de sostenibilidad ambiental y el cumplimiento de la normativa.

En los proyectos de I + D + i no se miden las estrategias de EC sino los resultados medioambientales y económicos a través de parámetros como ahorro de costes, CO₂ y de recursos tal y como menciona Pauliuk (2018).

5.3.3.5 Caso 5 IMECAL

Para IMECAL el punto de partida de la aplicación real de las estrategias de EC comenzó en 2007, año en el que se estableció la tecnología Perseo Biorefinery basada en la conversión de los residuos orgánicos en productos comerciales de alto valor.

IMECAL destaca la importancia de las alianzas estratégicas de colaboración a tres niveles para implementar con éxito un modelo de negocio de EC:

- Empresas que impulsen la aplicación de la tecnología.
- Centros de investigación y universidades.
- Autoridades.

Estos tres niveles corresponden a los propuestos por Ranga y Etzkowitz (2015) y son los empleados en la tesis en base a la triple hélice de la innovación.

Algunos de los indicadores más relevantes empleado por IMECAL para medir la implementación de las estrategias de EC son:

- La reducción de la huella de carbono (indicador ambiental) (Elia et al., 2017).

- % conversión de los residuos en los productos finales (indicador técnico).
- Retorno de inversión (indicador económico) (Linder et al., 2017).
- Competidores directos e indirectos (indicador económico).

5.3.3.6 Caso 6 RINA

RINA se familiarizó con el concepto de EC en 2010 coincidiendo con el establecimiento en Europa de las principales políticas de desarrollo y uso sostenible de recursos (Haas et al., 2015).

La aproximación de RINA a la EC se ha realizado a través de su participación en proyectos de I + D + i focalizados en la gestión del fin de vida de los materiales tales como el reciclaje y reutilización de residuos plásticos.

RINA considera necesario apostar por inversiones en infraestructuras ya que muchas actividades se realizan a pequeña escala y no alcanzan el impacto esperado.

Se percibe la legislación como un impulsor clave a nivel europeo tal y como destacan las organizaciones científicas y (Blomsma y Brennan, 2017). Asimismo, los grupos de normalización y estandarización desempeñan un papel fundamental para respaldar la eficiencia y la garantía de calidad en la industria, la ciencia y el sector público.

RINA prioriza la necesidad de una asociación con toda la cadena de valor, desde los productores de materias primas hasta los gestores del final de la vida útil de los productos para lograr un verdadero modelo de negocio circular tal y como describen Joustra et al. (2013).

RINA emplea el LCA, para evaluar la idoneidad ambiental y el impacto del proceso / productos e incluye a su vez la evaluación de las implicaciones sociales relacionadas.

5.3.3.7 Caso 7 SAV

SAV ha desarrollado la aplicación del concepto de EC, a través de la recogida y valorización de los residuos orgánicos de la ciudad de Valencia alineándose con la definición de EC proporcionada por Haupt et al. (2017).

La participación de SAV en proyectos de I + D financiados por Europa han impulsado su línea de investigación biotecnológica relacionada con la EC, especialmente en la valorización de los residuos urbanos.

Esta organización ha logrado los siguientes impactos positivos derivados de aplicación de las estrategias EC: mejora de la imagen de marca, obtención de futuros modelos de negocio innovadores, mejoras en los servicios ofrecidos a los clientes.

Esta compañía considera que las oportunidades económicas se derivan del comienzo en el cambio de paradigma lineal-circular a nivel mundial. Como consecuencia, todos los actores seguirán las estrategias de la EC no como una tendencia sino como una práctica regular.

Por otro lado, explican que existen algunos desafíos que podrían impedir la implementación de prácticas de economía circular tales como la falta de una estrategia. La legislación tiene la fuerza para hacer cumplir la aplicación de las estrategias de EC a medio plazo tal y como han mencionado las organizaciones científicas, RINA, IMECAL y Blomsma y Brennan (2017) en el capítulo 2.

SAV menciona como facilitadores clave:

- La visión empresarial de la industria.
- La presión que la sociedad tiene en la implementación de estrategias de EC.
- Los recursos económicos asignados.
- El conocimiento tecnológico actualizado.
- La cooperación estratégica con los agentes de I + D, así como la transferencia de tecnología desde los centros de investigación y las universidades a las industrias.

Esta organización mide los siguientes indicadores relacionados con la EC: los ratios de bioprocesos, los ratios de biorresiduos en comparación con el total de residuos recogidos, la rentabilidad del vertedero en comparación con la bioconversión y venta, los fondos europeos recaudados en comparación con la inversión en procesos de EC.

SAV considera indicadores ambientales específicos como las emisiones de GEI y el consumo de recursos que se describen en el informe medioambiental europeo (EMAS III).

Los obstáculos identificados en la medición de estrategias de EC es la complejidad de las herramientas de análisis del ciclo de vida y la dificultad de su aplicación en los procesos industriales.

5.3.3.8 Caso 8 COST

En COST el concepto de EC empezó a resultar familiar al inicio del programa de investigación europeo H2020 en 2014. A nivel de organización interna, COST contribuye a la EC con las estrategias de minimización de residuo, promoción de envases reutilizables, formación de un grupo de trabajo para analizar cómo reducir la huella de carbono de las actividades de COST así como suscripciones a herramientas en línea alineándose con las nuevas oportunidades que ofrece la digitalización.

Aunque explícitamente no se consideren acciones COST en el ámbito de la EC, las siguientes acciones están relacionadas: CA19124 Rediseñar los envases para las cadenas de suministro de alimentos circulares y sostenibles del futuro, CA18101 - Red de biotecnología de masa madre hacia alimentos y bioprocesos novedosos, más saludables y sostenibles; CA17133 - Implementación de soluciones basadas en la naturaleza para crear ciudades circulares con recursos.

COST, como programa de la EC, regido por los Estados miembros, no tienen competidores. No obstante, COST está alineado con las estrategias de la Comisión Europea y espera recibir un mayor número de acciones centradas en la EC en el próximo programa marco.

Actualmente COST cuenta con más de 45.000 investigadores de todos los países que participan en unas 300 redes de todo tipo de temas de ciencia y tecnología y está ayudando a implementar políticas de la UE que tienen como objetivo transformar la UE en una sociedad justa y próspera, con una economía moderna, eficiente en el uso de los recursos y competitiva.

COST no mide la aplicación y los resultados de las estrategias de EC. Esperan incrementar el número de Acciones COST relacionadas con la Economía Circular y así monitorear estas iniciativas.

Con el fin de medir el nivel de los resultados de las Acciones COST a medio plazo, se aplican instrumentos de medición del progreso de la Acción en términos generales tales como encuestas de seguimiento, informes retrospectivos y análisis de redes. A largo plazo, el análisis de rutas proporciona información sobre los efectos de la creación de redes COST.

5.3.3.9 Caso 9 CVI

La participación de CVI está enfocada a la gestión de residuos por la propia naturaleza de la organización.

Consorcio Valencia Interior destaca que la responsabilidad de la gestión de residuos recae en los ayuntamientos municipales y actualmente se comenta la necesidad de involucrar a la ciudadanía ya que la responsabilidad individual no se recompensa ni se penaliza.

CVI considera que las oportunidades económicas derivadas de la EC repercuten en las empresas y en ciudadanía.

CVI emplea el LCA, como evaluador del progreso en términos de energía, emisiones y recursos. A su vez se emplean indicadores de reciclado efectivo tal y como describen en el capítulo 2 Haupt et al. (2017) y Rigamonti et al. (2017).

5.3.3.10 Caso 10 DIVAL

La participación de DIVAL junto con AIMPLAS en el proyecto europeo URBAN-REC financiado por la Comisión Europea (<https://urbanrec-project.eu/>) supuso en inicio de la actividad en EC.

Aunque DIVAL no cuenta con una estrategia específica en materia de Economía Circular y por lo tanto no monitorea su avance, sus actividades están claramente alineadas con el nuevo plan de acción de economía circular (PAEC) adoptado en marzo de 2020 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible definidos por la ONU.

DIVAL tiene experiencia en las aplicaciones EC mediante dos estrategias:

- Su participación en proyectos financiados de I+D que desarrollan soluciones sostenibles que se aplican en el sector de compras pública verde y en el sistema de gestión de residuos.
- El uso de materiales reciclados en los productos que se adquieren en las administraciones (compra pública verde).

Los beneficios positivos de la aplicación de la EC identificados son la economía local, disminución de la huella de carbono (en la logística, en el transporte), disminución de los rumores no contrastados en torno al reciclaje y la gestión de residuos.

Algunos ejemplos de los rumores no contrastados hacen referencia al desconocimiento ciudadano respecto del sistema de gestión de residuos, de los costes asociados, de las consecuencias de no aplicar la separación de los residuos y de la adecuada disposición en los contenedores. Por ello resulta esencial, lanzar campañas de sensibilización dirigidas a la ciudadanía.

Dicha organización detalla que la economía local se ve reforzada con la aplicación de las estrategias de EC.

DIVAL emplea el LCA, como evaluador del progreso en términos de energía, emisiones y recursos. A su vez se emplean indicadores de reciclado efectivo tal y como describen en el capítulo 2 Haupt et al. (2017) y Rigamonti et al. (2017).

5.3.3.11 Caso 11 MITECO

Desde el MITECO comentan que el concepto de EC fue ampliamente promovido e introducido en la agenda política por *Ellen MacArthur Foundation* en 2014, (MacArthur, 2014). Con anterioridad al año 2014, en lugar del concepto de la EC, se perseguía la eficiencia de los recursos.

Se fomenta la colaboración y la coordinación entre los agentes económicos y sociales y las administraciones públicas con objeto de hacer frente común a los retos medioambientales, económicos y tecnológicos de hoy en día.

Los firmantes del Pacto por una Economía Circular (359 entidades entre las que se encuentran SAV y AIMPLAS) se comprometen de forma voluntaria al envío de indicadores escogidos por las propias entidades que permitan determinar el grado de implantación de la economía circular a lo largo de los años.

MITECO especifica que existen a nivel estatal los siguientes tipos de indicadores:

- Indicadores definidos por la Comisión Europea para medir el progreso y evaluar la eficacia de la acción hacia la economía circular en la UE y los Estados miembros.
- Indicadores derivados del Pacto por una Economía Circular anteriormente descritos con carácter estadístico.

MITECO subraya la necesidad de definir indicadores que no supongan una carga adicional administrativa para la empresa, así como detallar una metodología consensuada donde los indicadores se midan del mismo modo. Se describe la confidencialidad como un punto a considerar en las acciones de transferencia de conocimientos y mediciones.

Cabe matizar, tal y como se desprende de la literatura (Alaerts et al., 2019), que no es posible obtener una evaluación y respuesta directa sobre el impacto de las intervenciones políticas solo con indicadores macro o micro que son los empleados actualmente.

5.3.2. Desafíos a los que se enfrentan los casos de estudio

A continuación, se describen y analizan los desafíos identificados en la literatura relativos a la aplicación de las estrategias de la EC y su relación con los once casos de estudio. Dicho estudio se muestra en la tabla 10:

Tabla 10 Desafíos a los que se enfrentan los casos de estudio derivados de la aplicación de la EC y su monitorización

Desafíos de la aplicación de la EC y su monitorización	Casos										
	1 AIMPLAS	2 AIT	3 UHO	4 GREENCYCLE	5 IMECAL	6 RINA	7 SAV	8 COST	9 CVI	10 DIVAL	11 MITECO
D1-Monitorización de la EC (Park y Chertow, 2014).											
D2-Aplicación de nuevas tecnologías y modelos de negocio (Fogarassy et al., 2020).											
D3-Entender el valor de la EC (Joustra et al., 2013 y Kravchenko, et al., 2019, 2020).											
D4-Instrumentos políticos (Winans et al., 2017).											
D5-Los clientes perciben el valor añadido de la EC (Joustra et al., 2013).											
D6-Heterogeneidad en la aplicación y monitorización de las estrategias EC (Naustdalslid, 2014).											
D7-Inversiones iniciales para implementar las estrategias de EC (Preston, 2012).											
D8-Dimensión social (Geissdoerfer et al., 2018).											
D9-Calidad y competitividad de los materiales derivados de residuos (Linder et al., 2017).											
D10-Involucramiento de todos los actores de la sociedad (Ghisellini et al., 2016).											
D11-Pandemia COVID-19 (Gupta et al., 2021 y Parisi y Bekier, 2021).											

Fuente: Elaboración propia

D1-Monitorización de la EC (Park y Chertow., 2014)

CVI destaca la necesidad de monitorizar la recogida, separación, reciclaje de los residuos de modo que se garantice el suministro y la calidad de los materiales derivados de residuos tal y como describen Linder et al. (2017) en el capítulo 2.

La Evaluación del Ciclo de Vida (ACV, LCA) es considerada por todas las organizaciones científicas entrevistadas como una medida clave para el monitoreo de la sostenibilidad ambiental así tal y como describen en el capítulo 2 Rebitzer et al. (2004). De ese modo es posible la identificación de oportunidades para la prevención de la contaminación y la reducción del consumo de recursos de todo el ciclo de vida del producto.

AIMPLAS, AIT y UHO destacan que en los proyectos de I + D es complejo medir todos los procesos y simular las condiciones reales. Como consecuencia, hay partes de la cadena de valor circular donde no hay suficiente información recopilada, resultando vital que tal y como describen en el capítulo 2 Haupt et al. (2017) se monitoree todo el ciclo del producto, haciendo uso de metodologías similares y estadísticas armonizadas (Jiang et al., 2019).

Coincidiendo con la conclusión descrita en el capítulo 2 por Elia et al. (2017), AIMPLAS reseña la importancia de definir un indicador homogéneo estandarizado para medir el avance de la EC y realizar comparativas entre los diferentes proyectos de I + D + i y procesos industriales. Este indicador funcionaría como un indicador de calidad de la aplicación de las estrategias de EC y permitiría una intercomparación europea entre los actores científicos e industriales.

SAV prevé que las métricas circulares de creación de valor en términos de ahorro y rentabilidad serán básicas para impulsar la aplicación de la EC, ya que permitirán a los Consejos de Administración visualizar las ventajas con la EC como uno de sus ejes estratégicos. Dicha afirmación coincide con el análisis descrito en el capítulo 2 por Thomas y Birat (2013), relativo a la necesidad de definir indicadores que contribuyan al proceso de toma de decisiones.

RINA e IMECAL coinciden con las organizaciones científicas en la necesidad de definir un único indicador que considere el desempeño técnico, social, económico y de los ciclos de vida sería útil. De modo que se obtenga un indicador de calidad de la aplicación de las estrategias de EC tal y como describen en capítulo 2 Elia et al. (2017).

D2-Aplicación de nuevas tecnologías y modelos de negocio (Fogarassy et al., 2020)

A largo plazo, AIMPLAS considera que el sector industrial reducirá el consumo de recursos y energía y por tanto recortará algunos gastos y surgirán nuevos modelos de negocio (Fogarassy et al., 2020).

AIT subraya que las oportunidades económicas derivadas de la EC están un estadio de madurez muy preliminar y destacan lo estimulante que resultará ver cómo crece a medida que los ciudadanos y las empresas se vuelvan más conscientes del potencial que tiene. Actualmente consideran que existen prejuicios sobre el incremento de coste o las molestias asociadas a un cambio en los comportamientos o modelos productivos. Por lo tanto, se desprende que la aplicación de las estrategias de la EC requiere una apertura al cambio y la innovación como factores clave de éxito coincidiendo con la descripción de los autores Fogarassy et al. (2020).

Por su parte, GREENCYCLE apunta que las oportunidades económicas derivadas de la EC dependen de la captación de nuevos mercados, la generación de nuevas fuentes de ingresos, la mejora de la reputación de Responsabilidad Social Corporativa, la fidelización de los clientes y la competitividad, alineándose con los requisitos descritos por Stahel (2010) en el capítulo 2 de modelos de negocio circulares.

Vuță et al. (2018) destacan la existencia de una relación positiva entre las medidas de EC y la productividad de los recursos, con un impacto positivo en el crecimiento económico.

D3-Entender el valor de la EC (Joustra et al., 2013 y Kravchenko, et al., 2019, 2020)

Para AIT, los desafíos que presenta la EC son tanto el desconocimiento del modelo de negocio de la EC, como el poco desarrollo de las habilidades y capacitación de las empresas, tal y como describen Joustra et al. (2013) y Kravchenko et al. (2019, 2020).

En cuanto a SAV, detalla que la aplicación de las estrategias de EC se ha convertido en el buque insignia de la sostenibilidad corporativa, aportando no solo valores medioambientales, sino también sociales y por supuesto económicos. Como ejemplo, se ha logrado la reducción de la huella hídrica y de carbono, una participación en eventos sociales en el ámbito de la EC y el impulso de los agentes de cambio (principalmente pymes).

La falta de indicadores a nivel empresa (micro) es una barrera tanto para los productores que quieren ofrecer productos y servicios circulares, como para los consumidores que quieren saber cómo comparar productos (Kristensen y Mosgaard, 2020).

D4-Instrumentos políticos (Winans et al., 2017)

AIMPLAS destaca como un impulsor vital de la implementación de las prácticas de EC, la legislación debido a su fortaleza para hacer cumplir su aplicación a medio plazo. En el capítulo 2, se destaca la importancia de introducir los objetivos de la EC en las agendas políticas (Blomsma y Brennan, 2017).

A modo de ejemplo, en la actualidad, el sector del plástico se enfrenta continuamente a cambios legislativos para cumplir los objetivos sostenibles en 2030 y 2050 (Estrategia europea para plásticos en una economía circular⁴). Además, las

⁴ <https://eur-lex.europa.eu/legalcontent/EN/TXT/?qid=1516265440535&uri=COM:2018:28:FIN>

empresas son conscientes de que la legislación es obligatoria y por tanto deben adaptar sus procesos productivos y diseños del fin de vida de sus productos para cumplir con la legislación.

GREENCYCLE menciona como aspectos clave que podrían actuar como habilitadores legislativos y económicos el porcentaje de materiales reciclados utilizados en productos plásticos. Dicha ratio de material reciclado se contempla como indicador de EC por Linder et al. (2017) en el capítulo 2 en forma de valor económico de los materiales recirculados frente al valor total del producto.

D5-Los clientes perciben el valor añadido de la EC (Joustra et al., 2013)

AIMPLAS afirma que la aplicación de las estrategias de EC está permitiendo que las empresas entiendan los beneficios económicos derivados y su mejora en el posicionamiento coincidiendo con Genovese et al. (2017) que analiza los beneficios del modelo circular frente al lineal. AIMPLAS ha identificado entre las empresas de la cadena de valor del plástico un cambio de comportamiento en términos de sostenibilidad y compromiso.

Por su parte, AIT detalla que una combinación de estímulos económicos y ambientales puede movilizar a la próxima generación de empresas innovadoras, así como estimular la creación de empleo regional.

Existen diferencias entre regiones en la aplicación de la EC (Silvestri et al., 2020 y Cavaleiro et al., 2019) y se proponen homogeneizar e identificar indicadores a nivel regional para aumentar la calidad de las áreas propuestas de monitoreo de EC (Avdiushchenko y Zajac, 2019).

Encontramos numerosos estudios a nivel regional sobre la generación, gestión y recuperación de residuos (Aguilar-Hernandez et al., 2019 y Ferronato et al., 2019). Algunos de los residuos analizados son el plástico (Antonopoulos et al., 2021; Briassoulis et al., 2021 y Karayilan et al., 2021), residuos sólidos urbanos (Gianakitsidou et al., 2020; Salguero-Puerta et al., 2019 y Iacovidou et al., 2017), biocombustibles (D'Adamo et al., 2021).

RINA explica que la aplicación de las estrategias de EC está creando valores enfocados en la aceptación por parte del usuario final de soluciones y tecnologías más sostenibles como las estrategias de reciclaje y los productos reutilizados, de modo que los clientes valoren los modelos circulares (Antikainen et al., 2016). Dicha aplicación ha sido monitoreada a través de SLCA y LCA.

D6-Heterogeneidad en la aplicación y monitorización de las estrategias EC (Naus-tdalslid, 2014)

GREENCYCLE destaca que los desafíos más relevantes para implementar prácticas de EC son la inexistencia de una política / estrategia organizacional de economía circular explícita, la alta complejidad dentro de la cadena de suministro, los incentivos insuficientes para diseñar y fabricar productos para la circularidad al final de su vida útil y los costes no justificable según la normativa y el mercado actuales. Tal y como se describe en el capítulo 2 en cuanto a los factores de éxito para alcanzar la aplicación de las estrategias de la EC, descrita por autores como Blomsma y Brennan (2017) y EEA (2016).

DIVAL comenta que los recursos y tecnologías disponibles de los ayuntamientos no son homogéneos, así como los gestores de residuos y recicladores asociados, constituyendo un reto que podría impedir la implementación de prácticas de economía circular. Tal y como Moreau et al. (2017) señalan, es necesario aplicar tecnologías innovadoras para transformar el actual sistema de consumo predominantemente lineal en uno circular y para ellos los recursos y tecnologías deben estar disponibles y accesibles.

D7-Inversiones iniciales para implementar las estrategias de EC (Preston, 2012)

AIMPLAS considera que a corto plazo las empresas adaptan sus instalaciones a los requisitos de la nueva legislación (por ejemplo, plásticos de un solo uso) y a medio-largo plazo necesitan incrementar sus inversiones tal y como destaca Preston (2012).

Otro desafío clave explicado por UHO que comparte AIMPLAS es la inversión requerida en tecnologías novedosas para lograr los objetivos de la EC. Además, existe una falta de conexiones entre las pequeñas plantas de producción regionales para compartir las mejores prácticas de EC (Preston, 2012).

D8-Dimensión social (Geissdoerfer et al., 2018).

Para AIT, las estrategias de EC implementadas con éxito y los casos de estudio impulsan la oportunidad que brinda la EC de obtener beneficios empresariales y sociales, no sólo a corto sino a largo plazo (Saidani et al., 2019).

Los participantes de las COST Actions están solicitando más información sobre cómo minimizar el impacto ambiental de sus actividades y conectar las oportunidades económicas y sostenibles de modo que se busque el equilibrio económico, social y medioambiental a largo plazo (Saidani et al., 2019).

CVI y DIVAL explican que el compromiso de los ayuntamientos y los ciudadanos en la aplicación de las estrategias de EC a nivel local e individual resulta clave para implementar con éxito un modelo de negocio de EC. DIVAL añade que la idoneidad de incentivar la implicación de los ciudadanos a través de iniciativas que recompensen el esfuerzo fomenta las acciones individuales alineadas con las estrategias de EC. Los ciudadanos deben conocer los beneficios de la EC para entender el valor de las inversiones en la administración.

D9-Calidad y competitividad de los materiales derivados de residuos (Linder et al., 2017)

IMECAL describe que la captación de nuevos mercados mediante la aplicación de las estrategias de EC es clave para desarrollar su negocio y así incrementar las oportunidades económicas manteniendo la calidad de los materiales derivados de residuos tal y como detallan Linder et al. (2017) en el capítulo 2.

Tanto SAV, IMECAL como GREENCYCLE coinciden en la importancia de aplicar soluciones tecnológicas con un alto grado de innovación para ofrecer materiales derivados de residuos de alta calidad y valor.

D10-Involucramiento de todos los actores de la sociedad (Ghisellini et al., 2016)

En cuanto a la alianza necesaria para lograr un modelo de negocio de EC, todas las organizaciones científicas coincidieron con Lieder et al. (2016), en la necesidad de involucrar a todos los actores de la cadena de valor incluyendo la vertiente social. Además, consideran que la participación y el compromiso de la ciudadanía y usuarios finales no está consolidado. COST, como organización financiadora de Acciones de *networking* considera a los participantes de la Acción como socios clave para contribuir a la transferencia e implementación de las estrategias de EC.

MITECO, DIVAL y CVI son agentes clave a la hora de involucrar a la ciudadanía en la cadena de valor. Los canales de comunicación actuales son insuficientes para dicho fin (Rodrigues y Franco, 2021).

D11-Pandemia COVID-19 (Gupta et al., 2021 y Parisi y Bekier, 2021).

El COVID-19 ha impactado en los factores sociales, medioambientales, económicos, psicológicos, en la forma de comunicación, en los sistemas sanitarios, etc. así como en la investigación (Haleem et al., 2020). En particular, la cantidad de nuevos proyectos de investigación ha disminuido por lo que los impactos de la pandemia en la ciencia a largo plazo pueden ser más duraderos de lo que comúnmente se imagina (Gao et al., 2021). Agarwal et al. (2021) identificaron que la EC fue una medida restaurativa para disminuir los efectos de la pandemia de COVID-19, concretamente la reducción de residuos y su transformación en recursos.

AIMPLAS manifiesta que la pandemia COVID-19 ha disminuido las oportunidades de implementar las estrategias de la EC debido a la reducción de las reuniones y visitas presenciales a sus instalaciones y plantas piloto. En las plantas piloto

se realizan pruebas y validaciones de la robustez de las estrategias de EC diseñadas previamente a su implementación a nivel industrial.

Desde la perspectiva de AIT, el impacto de la ciencia al proporcionar rutas para comprender, afrontar y vivir con COVID-19 ha sido muy beneficioso ya que ha conectado a los ciudadanos con la confianza de que la ciencia también puede marcar un camino hacia una economía circular.

Sin embargo, AIT destaca el aumento del consumo de los plásticos de un solo uso durante el COVID-19 para favorecer la protección, seguridad e higiene de los productos alimentarios, así como las superficies de algunos productos de higiene y cosmética.

A nivel económico, COVID-19 ha impactado en algunas empresas ya que no pueden realizar un seguimiento a sus crecientes políticas de sostenibilidad por priorización de costes.

UHO destaca que la pandemia de COVID-19 ha disminuido las oportunidades de implementar las estrategias de EC debido a las dificultades para mantener los mismos niveles de comunicación con las industrias.

GREENCYCLE explica que la pandemia de COVID-19 ha cambiado los canales y rutinas de comunicación. En particular, algunos proyectos en los que se solicitaron visitas han sufrido retrasos.

IMECAL y RINA exponen que la pandemia de COVID-19 ha impulsado la comunicación online pero no ha afectado especialmente la aplicación de las estrategias de EC por tratarse de una estrategia a largo plazo en un negocio estable.

SAV explica que la pandemia de COVID-19 ha pospuesto algunas acciones que involucran activamente la participación de otros actores de la cadena de valor como ayuntamientos, ciudadanos e industria.

La pandemia de COVID-19 ha afectado profundamente al programa COST, ya que se cancelaron las actividades de *networking* financiadas, principalmente la organización de eventos, todo tipo de reuniones, escuelas de formación, visitas de corta duración, etc. Sin embargo, también ha impulsado la implementación y

uso de plataformas online y la digitalización para comunicarse internamente, externamente y permitir a los participantes de la Acción continuar con sus actividades y así reducir la huella de carbono.

CVI explica que durante la pandemia de COVID-19 experimentaron momentos críticos: durante el estado de alarma hubo una limitación en el porcentaje de material que se reciclaba debido a la reducción de personal en los turnos, equipos y brigadas.

DIVAL y el MITECO señalan que la pandemia de COVID-19 ha consolidado la comunicación online y pospuesto algunas acciones que involucran activamente la participación de otros actores de la cadena de valor como ayuntamientos, ciudadanos e industria.

5.3.3. Indicadores

Tal y como se describe a lo largo de este capítulo, el uso de indicadores de forma transparente y sencilla permite rediseñar y monitorizar la aplicación de las estrategias de EC tal y como matizan Thomas y Birat (2013).

En la siguiente tabla 11 se relacionan los indicadores identificados en el capítulo 2 con la actividad en la monitorización de la EC de las organizaciones estudiadas:

Tabla 11 Indicadores empleados en la monitorización de la EC y su relación con los casos de estudio

Indicadores	Autores	Casos										
		1 AIMPLAS	2 AIT	3 UHO	4 GREENCYCLE	5 IMECAL	6 RINA	7 SAV	8 COST	9 CVI	10 DIVAL	11 MITECO
Impacto ambiental, gestión de vida útil, materias primas, agua y energía	Krajnc y Glavic, 2003											
MFA, LCA, tasas de consumo de recursos	Geng et al., 2012											
Principio de las 3 R	Wang et al., 2015; Yang et al., 2012; Geng, 2011 y Aceleanu et al., 2019											
Recursos para impulsar la competitividad	McDowall et al., 2017											
Huella ecológica, medición de daños del ciclo de vida del producto	Figge et al., 2018											
Indicador de Longevidad	Franklin-Johnson et al., 2016											

Indicadores	Autores	Casos										
		1 AIMPLAS	2 AIT	3 UHO	4 GREENCYCLE	5 IMECAL	6 RINA	7 SAV	8 COST	9 CVI	10 DIVAL	11 MITECO
Logros de circularidad alcanzados durante el ciclo de vida de los productos	EU Environment Agency (EEA), 2016 y Schiller et al., 2019											
Huella de carbono, LCA	Elia et al., 2017											
Grado de alineación de una organización con los principios de la EC	Cayzer et al., 2016 y Su et al., 2013											
Desempeño de la EC en el reciclado de los residuos plásticos	Huysman et al., 2017											
Importancia de las políticas	Wieland et al., 2021 y EC, 2009											
Ratios de reciclado, indicador de flujos de materiales	Haupt et al., 2017											
Producción de materiales secundarios	Allwood et al., 2013											

Indicadores	Autores	Casos										
		1 AIMPLAS	2 AIT	3 UHO	4 GREENCYCLE	5 IMECAL	6 RINA	7 SAV	8 COST	9 CVI	10 DIVAL	11 MITECO
Circular Economy Index (CEI)	Rigamonti et al., 2017 y Di Maio et al., 2015											
LCA	Lewis y Liu, 2001											
Eficiencia de los recursos, clima, energía, autonomía	Pauliuk, 2018											
Ratio del valor económico de los materiales reciclados	Linder et al., 2017											
Calidad técnica de los flujos de residuos plásticos, consumo de recursos	Huysveld et al., 2019											
Intensidad del material y de los residuos	Jeswani et al., 2010											
Value-based resource efficiency (VRE)	Di Maio et al., 2017											

Indicadores	Autores	Casos										
		1 AIMPLAS	2 AIT	3 UHO	4 GREENCYCLE	5 IMECAL	6 RINA	7 SAV	8 COST	9 CVI	10 DIVAL	11 MITECO
Sistema de indicadores de EC de China	Geng et al., 2012 y Naustdalslid, 2014											
Características ambientales de las empresas	Banaítè, 2016											
Key performance indicators (KPI)	Parmenter, 2015											
Comportamiento de la sociedad	EASAC											
The Circular Economy Toolkit (CET)	Geissdoerfer et al., 2018											
The Circular Economy Indicator Prototype (CEIP)	Cayzer et al., 2017; EMF 2015											
Material circularity indicator (MCI)	Pauliuk et al., 2017; EMF 2015 y Janik y Ryszko, 2017											

La Economía Circular en las organizaciones: estrategias e indicadores. Análisis de casos

Indicadores	Autores	Casos										
		1 AIMPLAS	2 AIT	3 UHO	4 GREENCYCLE	5 IMECAL	6 RINA	7 SAV	8 COST	9 CVI	10 DIVAL	11 MITECO
Circularity Indicators Project (CIP)	Smol et al., 2017 y EMF, 2015											
Inputs y outputs de ecoinnovación	Smol et al., 2017											
Flujos y reservas de materiales	Par-chomenko et al., 2019											
Indicadores directos e indirectos de EC	Moraga et al., 2019											
Retained environmental value (REV).	Haupt et al., 2019											
Circular Economy Business Index (CEBIX)	García-Sánchez et al., 2021											
Life Cycle Sustainability Assessment (LCSA)	Klöpffer y Renner, 2008											
Compra pública verde, ratios de reciclado, inversiones privadas,	European Commission											

Indicadores	Autores	Casos										
		1 AIMPLAS	2 AIT	3 UHO	4 GREENCYCLE	5 IMECAL	6 RINA	7 SAV	8 COST	9 CVI	10 DIVAL	11 MITECO
trabajos, patentes, etc.												

Fuente: Elaboración propia

Derivado del análisis de la tabla 11, se concluye:

-Tanto el LCA como la huella de carbono propuesto entre otros por Elia et al. (2017) y Lewis y Liu (2001) son los indicadores medioambientales cuyo uso está más extendido. En nuestro caso lo emplean todas las organizaciones científicas, industriales y la administración.

-Los indicadores cualitativos para verificar en qué grado una organización o producto está alineado con los principios de la EC propuestos por Cayzer et al. (2017) y Su et al. (2013) no se emplean en ninguna organización y se deduce que podrían establecer un diagnóstico del punto de partida de cada organización.

-Todas las organizaciones emplean los Key performance indicators (KPI) con el fin de medir el desempeño en el ámbito económico, ambiental, social, industrial, etc. (Parmenter, 2015). Los KPI se emplean en diversos sectores y tecnologías y no consideran de forma exclusiva la EC.

-Se destaca que existe un gran número de indicadores (22) que no se emplean en las organizaciones entrevistadas. Dichos indicadores hacen referencia principalmente a indicadores de longevidad, tratamiento de residuos, producción de materiales secundarios, importancia de las políticas, toma de decisiones, valor del mercado de los productos, desarrollo sostenible o comportamiento de la sociedad.

-Se deduce del análisis que la gran cantidad de indicadores y su uso en temas muy específicos limita su aplicabilidad por varias razones: en primer lugar, las organizaciones persiguen la eficiencia y la reducción de tiempos por lo que deben seleccionar 1 o 2 indicadores que les permita evaluar el desempeño de la EC o el cumplimiento de la legislación; en segundo lugar, las organizaciones participantes en proyectos europeos financiados deben verificar los indicadores establecidos por el organismo financiador; en tercer lugar, la elección de los indicadores de la EC viene dada por una experiencia, opinión y disponibilidad subjetiva de los investigadores ya que no se dispone de un sistema estandarizado de medidas.

Algunos autores destacan la necesidad de medir parámetros específicos que contribuyen a la EC pero que no monitorizan el concepto global de la EC: los ciclos de los materiales y la relación con otros sistemas del producto, como el uso o suministro de material reciclado (Bracquené et al., 2020), las colaboraciones de múltiples partes interesadas en redes circulares de suministro (Brown y Bajada, 2018 y Calzonari et al., 2022). Dicha monitorización que no considera todo el concepto de la EC puede desencadenar que se pase de un consumo reducido de materiales a un aumento de los impactos ambientales, económicos o sociales (Corona et al., 2019).

De forma alternativa algunos autores proponen modelos matemáticos de medición (C. Busu, y M. Busu, 2018), se analizan indicadores medioambientales a través de un modelo de regresión multilíneal con datos de panel para determinar la dependencia de los principales factores de EC del crecimiento económico de la UE (Busu y Trica, 2019) así como el uso de modelos matemáticos para la definición de indicadores (El Alaoui, 2020).

5.3.4. Lecciones aprendidas

En la tabla 12 se muestran las lecciones aprendidas derivadas de la aplicación de la EC y su monitorización y su relación con la literatura.

Tabla 12 Lecciones aprendidas derivados de la aplicación de la EC y su monitorización

Lecciones aprendidas de la aplicación de la EC y su monitorización	Casos										
	1 AIMPLAS	2 AIT	3 UHO	4 GREENCYCLE	5 IMECAL	6 RINA	7 SAV	8 COST	9 CVI	10 DIVAL	11 MITECO
L1-Cooperación en proyectos de I+D+i financiados	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
L2-Involucrar a todos los actores de la cadena de valor para maximizar la implementación de la EC	■			■				■			
L3-Considerar todos los flujos de materiales				■						■	
L4-Uso de indicadores de forma transparente y sencilla		■								■	
L5-Impacto económico positivo en las cadenas de valor circulares	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
L6-Uso y definición de procesos estandarizados						■				■	
L7-Formación permanente	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
L8-Introducción de medidas legislativas									■	■	■
L9-Aplicación de una estrategia global europea						■		■		■	■
L-10-Digitalización								■			

Fuente: Elaboración propia

L1-Cooperación en proyectos de I+D+i financiados

Tal y como describen todas las organizaciones entrevistadas, los proyectos de I + D + i fomentan 1) el pensamiento crítico y 2) un espacio para mejorar y maximizar la eficiencia energética vinculada al proyecto.

En los proyectos de I+D+I financiados resulta clave involucrar a toda la cadena de valor, así como la unión de conocimiento y perfiles multidisciplinares para maximizar las oportunidades de alcanzar exitosas estrategias de EC tal y como describen Allwood et al. (2013). Alineándose con dicha afirmación, a modo de ejemplo AIT y AIMPLAS participan conjuntamente en un proyecto de I+D financiado con el objetivo de biotransformar los residuos plásticos en productos de alto valor añadido de modo que se aumente la circularidad de los plásticos. Esta solución innovadora se desarrolla en el proyecto europeo financiado por la Comisión Europea BIOICEP (<https://www.bioicep.eu>).

COST financia las Acciones COST que son actividades de *networking* en las que los participantes sugieren libremente las temáticas de investigación. Con dicha estrategia *botton-up* o de temática libre, COST monitoriza las tendencias y tecnologías de investigación. COST destaca que, en los últimos años, las Acciones COST presentadas se han centrado en temáticas tales como química verde, reciclabilidad, energía renovable, sostenibilidad y ciudades inteligentes. Dichas temáticas contribuyen a alcanzar los objetivos de la EC, pero no contemplan puramente el concepto de EC.

En la tabla 13 se muestran algunos proyectos relevantes financiados a nivel europeo en los que han participado los casos de estudio. A través de dichos proyectos, han generado conocimiento en el marco de la EC y han desarrollado estrategias de EC.

Tabla 13 Proyectos europeos de EC relevantes en los que han participado los casos de estudio

	Proyecto Europeo	Relación con la EC
IMECAL	Urbiofin (https://www.urbiofin.eu/)	Viabilidad tecno económica y ambiental de una biorrefinería para la transformación de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos en nuevos bioproductos comercializables, componentes químicos, biopolímeros y aditivos.

	Proyecto Europeo	Relación con la EC
IMECAL, AIMPLAS	PERCAL (https://www.percal-project.eu/)	Los Residuos Sólidos Municipales fueron explotados como materia prima para desarrollar productos químicos intermedios de alto rendimiento y bajo nivel de impurezas.
IMECAL	WASTE2BIO (http://www.waste2bio.com)	A partir de Residuos Sólidos Municipales se produce bioetanol y biogás con fines bioenergéticos y se emplean indicadores para evaluar los aspectos de sostenibilidad asociados.
UHO	MyPack https://www.mypack-food.eu/	El objetivo de MyPack es apoyar la introducción en el mercado de envases innovadores para reducir los residuos de alimentos y envases y su influencia negativa en el medio ambiente.
RINA	TASIO	Recuperación y reconversión energética producida en procesos industriales.
RINA	REHAP https://www.rina.org/en/media/CaseStudies/REHAP	Conversión de residuos agrícolas y forestales en productos biobasados para el sector de la construcción.
SAV	PLASTICIRCLE https://plasticircle.eu/home	Valorización de residuos de packaging plásticos a través de estrategias de reciclado y recuperación
SAV, IMECAL, AIMPLAS	WaystUP! (https://ways-tup.eu/)	Obtención de una gama de nuevos productos producidos a partir de biorresiduos urbanos tales como los desechos de pescado y carne, posos de café usados, biorresiduos domésticos separados de la fuente y aceites de cocina usados.
AIMPLAS; DIVAL	URBANREC https://urbanrec-project.eu/	Sistema de gestión de residuos voluminosos integral potenciando la prevención y reutilización, mejorando la logística y permitiendo nuevos tratamientos de residuos para obtener productos reciclados de alto valor añadido.

	Proyecto Europeo	Relación con la EC
AIMPLAS; DI-VAL	LIFE RE-CYPACK https://liferecypackproject.eu/	Aplicación de estrategias de economía circular a los envases de plástico comerciales en entornos urbanos para ayudar a las autoridades locales en la toma de decisiones y para incentivar la participación de las empresas.

Fuente: Elaboración propia a partir de CORDIS

AIMPLAS describe que cada proyecto de I+D relacionado con la EC es un paso al frente para aumentar el conocimiento y los ingresos (en particular los contratos directos y los asesoramientos técnicos de las empresas); AIT destaca el aumento de motivación y cooperación de los equipos trabajando para alcanzar el mismo fin. Por su parte UHO explica que los proyectos de I+D relacionados con la EC han aumentado su conocimiento y su grado de madurez de las tecnologías (partiendo desde escala laboratorio y alcanzando planta piloto). De forma más específica, UHO considera que las estrategias de EC permiten ser más versátiles (por ejemplo, las tecnologías pueden aplicarse a diversos tipos de biomasa); La cooperación a través de Acciones COST ayuda a promover la ciencia, estimula el intercambio de conocimientos y reúne recursos.

L2- Involucrar a todos los actores de la cadena de valor para maximizar la implementación de la EC

Todas las organizaciones hacen hincapié en la importancia de establecer una comunicación clara y una estrecha colaboración entre los grupos de interés de la cadena de valor para conectar con múltiples organizaciones que tienen diferentes niveles de responsabilidad e intereses. Tal y como definieron Su et al. (2013) y Bezama et al. (2019) involucrando a toda la cadena de valor se obtienen flujos circulares más sostenibles.

En particular, centros tecnológicos como AIMPLAS, cuentan entre sus asociados con empresas para los que la EC es tractora para la implantación de prácticas más sostenibles, desde la fase del diseño a la gestión del fin de vida del producto.

DIVAL y MITECO comentan que las empresas deben alinearse con las prioridades medioambientales de la UE y actuar. Es necesario que todos los actores de la cadena de valor trabajen juntos (recicladores, empresas, formuladores de políticas).

L3- Considerar todos los flujos de materiales

Resulta vital que las estrategias de EC sean accesibles y fáciles de implementar y clasificar siendo clave involucrar considerar todos los flujos de materiales, tal y como describen Lieder et al. (2016).

UHO explica que la versatilidad lograda en la aplicación de tecnologías innovadoras ofrece una oportunidad económica. A modo de ejemplo destacan que la posibilidad de tratar biomásas heterogéneas ampliará la oportunidad de reducir gastos, centralizar el sistema y adquirir datos reales y precisos para detectar los fallos, así como tal y como describen Lieder et al. (2016) minimizar los impactos ambientales.

L4- uso de indicadores de forma transparente y sencilla

El uso de indicadores de forma transparente y sencilla resulta esencial para poder monitorear y rediseñar las iniciativas de EC (Thomas y Birat, 2013).

En cuanto a la cuantificación de los impactos positivos que brinda la aplicación de las estrategias de EC, RINA destaca que no es fácil cuantificarla debido a la falta de herramientas de monitoreo estandarizadas. Esta afirmación se relaciona con el bajo grado de madurez descrito por Saidani et al. (2019) en el Capítulo 2. Además, se explica que existe un seguimiento general de las estrategias de EC que se brindan a nivel micro y por lo tanto implica un bajo grado de adopción en prácticas industriales debido a su escaso valor añadido aportado.

L5- impacto económico positivo en las cadenas de valor circulares

Es necesario obtener un impacto económico positivo en las cadenas de valor circulares para poder compensar las inversiones necesarias en nuevas tecnologías que permitan aplicar las estrategias de la EC. A modo de ejemplo, 1) la gestión del calor y la energía se ha enfrentado a la barrera de la falta de infraestructuras; 2) la valorización de los subproductos es clave para equilibrar las inversiones y los beneficios.

Rosenboom et al. (2022) destacan el valor de realizar un LCA minucioso para identificar los "cuellos de botella de sostenibilidad" a lo largo de las cadenas de suministro, orientar la inversión en tecnologías sostenibles prometedoras. Sin embargo, Adibi et al. (2017) destacaron que parámetros tales como el reciclaje aún no están cubiertos por los indicadores de evaluación del impacto de los recursos en el LCA.

L6-Uso y definición de procesos estandarizados

Los estándares para el uso masivo de residuos valorizados, así como incentivos o impuestos para quienes no promueven estrategias de EC, son esenciales para lograr una transición real de la economía lineal a la circular. Esta afirmación coincide con el estudio de Geng et al. (2012) que describe la inexistencia de una descripción detallada o procesos estandarizados.

Algunos autores destacan la importancia de la estandarización para expandir el alcance de la EC (Ávila-Gutiérrez et al., 2019; Gao et al., 2021 y Muradin y Foltynowicz, 2019), en conjunto con la digitalización (Cagno et al., 2021), el soporte en la toma de decisiones empresariales (Bhanot et al., 2018 y Qaiser et al., 2020), y la financiación europea (Bieñ, 2016).

La limitación identificada por IMECAL que impide la implementación de las prácticas de CE es la legislación aplicada a los productos finales que provienen de

materiales de desecho (fin de los criterios de desecho⁵). Esta legislación debe cumplirse antes de la comercialización de los productos.

Respecto a los errores identificados durante el avance de la aplicación de estrategias de EC, GREENCYCLE ha identificado que cuando hay diferentes ubicaciones y diferente personal involucrado, la información recopilada y los criterios aplicados son heterogéneos.

L7-Formación permanente

El aumento de las tasas de éxito en la implementación de la EC viene dado por la confianza en innovación y el seguimiento de las nuevas tecnologías desarrolladas por los impulsores tecnológicos clave en Europa.

IMECAL, RINA y SAV confían en los proyectos de I + D + i para potenciar sus capacidades y crecimiento de EC, de modo que se genere y proteja el conocimiento (Park y Chertow, 2014).

AIMPLAS expone que existen algunos desafíos que podrían obstaculizar la implementación de prácticas de economía circular como las habilidades y capacitaciones técnicas del personal de las empresas y el escaso compromiso con la aplicación real de las estrategias de EC. En particular, el segundo aspecto se refiere a cómo la industria está alineada con las estrategias de EC: algunas empresas están más enfocadas en visibilizar sus actividades relacionadas con EC que en su aplicación tal y como describe el concepto *Greenwashing* (es la intersección de dos comportamientos: un pobre desempeño ambiental y una comunicación positiva sobre su actuación a favor del medio ambiente). Por lo tanto, se está empleando la EC como una estrategia de marketing y no como una estrategia de cambio y mejora). La implicación e incorporación de las estrategias de la EC en los valores de la empresa resulta clave (Fogarassy et al., 2020).

⁵ https://ec.europa.eu/environment/waste/framework/end_of_waste.htm

L8-introducción de medidas legislativas

La legislación se considera el principal propulsor para lograr una implementación real de las prácticas de EC.

A modo de ejemplo, se requiere de la definición de una legislación europea y nacional para exigir un porcentaje de materiales reciclados en cada producto, así como incentivos para ser responsables (menores impuestos, eliminación de multas, etc.) y definir actuaciones muy específicas al nivel de la ciudadanía tiene un gran impacto en la sociedad y el medio ambiente.

DIVAL sugiere que, para potenciar los beneficios de la EC, se debe fomentar el uso de materiales reciclados mediante la promoción de incentivos y evitando la eliminación en vertederos tal y como describen Blomsma y Brennan (2017).

MITECO destaca los siguientes impactos positivos derivados de aplicación de las estrategias EC: empuje relevante y buena acogida en el sistema productivo español y europeo, definición de un paquete de medidas obligatorias con unos mínimos planteados en términos de circularidad.

La Estrategia Española de Economía Circular (EEEC) se alinea con los objetivos de los dos planes de acción de economía circular de la Unión Europea, "Cerrar el círculo: un plan de acción de la UE para la economía circular" de 2015 y "Un nuevo Plan de Acción de Economía Circular para una Europa más limpia y competitiva" de 2020, además de con el Pacto Verde Europeo y la Agenda 2030 para el desarrollo sostenible⁶.

⁶ <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/economia-circular/estrategia/>

L9-aplicación de una estrategia global europea

Es necesario definir desde la Unión Europea una estrategia que se traslade a los estados miembros de forma que se trabaje de forma coordinada.

El impacto de las estrategias regionales de EC ha sido analizado en la literatura (Geng et al., 2012; Ranga et al., 2015; Wang et al., 2015; Yang et al., 2012 y Geng, 2011)) destacando que cada municipalidad debe desarrollar sus propios planes de acción de EC considerando las realidades locales. Sin embargo, cabe destacar que existen diferencias en el número de materiales recuperados entre las Comunidades Autónomas de España donde Navarra, Guipúzcoa, Baleares y Cataluña son las zonas que cuentan con los sistemas de gestión de residuos más eficientes. Además, España⁷ se sitúa por debajo de la media de la Unión Europea en materia de materiales reciclados o reutilizados, un 8,7% más que en España. Por lo tanto, existe la necesidad de políticas y directivas de EC que se definan y coordinen a nivel europeo, nacional y regional a partir de una base común. Abad-Segura et al. (2021) y Sillanpää y Ncibi (2019) destacan la necesidad de definir políticas ambientales que permitan la transición de modelos lineales a circulares. La falta de presión pública y política, así como la resistencia al cambio, se consideran los principales desafíos para la implementación de la evaluación de EC en las organizaciones del sector de la administración. Se destacan también como barreras la falta de compromiso de liderazgo, la naturaleza voluntaria y la falta de una gobernanza clara para la evaluación de EC (Droege et al., 2021).

L10- Digitalización

CVI considera la digitalización como un elemento clave para consolidar y potenciar las estrategias de la EC. CVI promueve el uso de aplicaciones móviles para incentivar la recogida de residuos y la informatización de los ecoparques. Reuter

⁷ <https://www.eae.es/en/news/eae-news/433-waste-spain-recycled-or-reused-87-points-below-average-european-union>

(2016) destaca la necesidad de obtener datos reales en tiempo real a través de la digitalización.

Agrawal et al. (2021) revelaron la importancia de la participación de todos los integrantes de la cadena de valor para la creación de productos circulares sostenibles innovadores utilizando la digitalización.

Es necesario profundizar en la digitalización y su definición uniforme de modo que se proporcione a la administración y a los sectores privados el conocimiento y las habilidades para adaptarse rápidamente a los cambios disruptivos y su aplicación a la EC, reduciendo sus impactos negativos en consecuencia (Kraus et al., 2021).

5.4. Síntesis de los resultados

En el caso de las organizaciones científicas (AIMPLAS, AIT y UHO) los primeros contactos con la EC no fueron unas estrategias holísticas sino parte de una solución enfocada a la reciclabilidad, sostenibilidad y el análisis del ciclo de vida tal y como plantea Pinjing et al. (2013).

Todas las organizaciones entrevistadas destacan la importancia de su participación en propuestas financiadas por la Comisión Europea como catalizador de las innovaciones en EC. Este resultado parece coincidir con la relevancia de la Comisión Europea como autor co-citado e impulsor del Programa de Acción de la Unión Europea para la EC tal y como se describe en el capítulo 4.

Todas las organizaciones científicas e industriales coinciden en que sus competidores también están siguiendo las estrategias de la EC, aunque cada organización tiene un grado de avance distinto en cuanto al avance en la EC.

La totalidad de las empresas entrevistadas coinciden en que en una etapa inicial no eran conscientes de que estaban aplicando el concepto de EC en sus organizaciones. Las primeras experiencias con el concepto de EC se realizaron través de la aplicación del diseño ecológico en los procesos de producción, tal como lo define Wrinkler (2011). Los indicadores estratégicos de la empresa tales como

los relativos a la cadena de suministro y organizacionales, influyen en la adopción de EC en un contexto de economía emergente (Yadav et al., 2020).

Al hilo de estas afirmaciones, se recomienda establecer una métrica intersectorial basada en un marco conceptual común permita que las empresas al menos hablen el mismo idioma (Rincón-Moreno et al., 2021) ya que el concepto de EC es muy variable dependiendo de la empresa y el sector.

Se han identificado barreras de implementación de la EC de tipo tecnológicas, políticas, financieras y económicas, de gestión, clientes y sociedad (Galvão et al., 2018). Las barreras tecnológicas están relacionadas con la adopción de nuevas tecnologías y la formación del personal, las barreras políticas hacen referencia a la necesidad de ampliar las políticas relativas a la EC. En cuanto a los clientes y la sociedad, el desconocimiento de los beneficios de implementar la EC y la capacidad de desvincular el crecimiento económico del deterioro del medio ambiente (Hysa et al., 2020 y De Oliveira et al., 2021).

De la heterogeneidad de las definiciones del concepto y aplicación de la EC se desprende la falta de estándares y legislación que dificulta un mayor grado de avance (Hobson, 2016).

La necesidad de que disminuya la brecha existente entre la investigación, la política y la industria (Nika et al., 2021) así como la necesidad de mejora del bajo retorno económico (Cong et al., 2019) hace necesaria una propuesta de indicadores comunes a todos los sectores y niveles (nano, micro y meso).

A continuación, se muestra en la tabla 14 la síntesis del progreso en la aplicación de la EC de los once casos de estudio en función de la dimensión social, económico y medioambiental. Se considera el siguiente grado de avance en la implementación de la EC.

Tabla 14 Grado de avance de los casos de estudio en la implementación de la EC

Caso	Social	Económico	Medioambiental
1 AIMPLAS	◆	◆	◆◆
2 AIT	◆	◆	◆◆
3 UHO	◆	◆	◆◆
4 GREENCYCLE	◆	◆	◆◆
5 IMECAL	◆	◆◆	◆◆◆
6 RINA	◆	◆◆	◆◆
7 SAV	◆	◆	◆◆◆
8 COST	◆	◆	◆
9 CVI	◆◆	◆	◆◆
10 DIVAL	◆◆	◆	◆
11 MITECO	◆◆	◆	◆

Legenda:

inicial ◆ -en progreso ◆◆ -avanzado ◆◆◆

Fuente: Elaboración propia a partir de las entrevistas semiestructuradas realizadas a cada organización

Tal y como se observa en la tabla 14, todas las organizaciones presentan el mayor grado de avance en la implementación de las estrategias de EC en la dimensión medioambiental. Las organizaciones pertenecientes a la administración han alcanzado en la dimensión social un grado de avance mayor en comparación a las organizaciones científicas e industriales. Por lo que se desprende que las políticas de innovación impulsadas por estas organizaciones tienen un compromiso con la sociedad intrínseco a la naturaleza de estas. La dimensión económica es un pilar fundamental en las empresas, pero aunar el beneficio económico en el concepto de EC parece ser en muchos casos, una barrera.

Atendiendo a la definición y uso de los indicadores por los casos de estudio analizados, se sugiere una propuesta de medición que contemple las dimensiones económicas, sociales y medioambientales de modo que se alinee con las innovaciones tecnológicas y los ODS. Tal y como puede observarse en la figura 24, se toma como referencia el indicador de desempeño ambiental (EPI) (Wendling et al., 2020), que está compuesto por varias categorías tales como la mitigación del cambio climático, la calidad del aire, la gestión de los recursos, etc. Cada una de las categorías mencionadas está dividida en subcategorías y representa un porcentaje del valor total. Los datos del EPI provienen de organizaciones internacionales, instituciones de investigación, instituciones académicas y agencias gubernamentales.

Figura 24 Organización del EPI 2020, con abreviaturas de tres letras (TLA) y pesos (Wt.) dentro de cada nivel (Wendling et al., 2020).

Policy Objective	Issue Category	TLA	Wt.	Indicator	TLA	Wt.
Climate Change PCC (38%)	Climate Change Mitigation	CCH	100%	Projected GHG Emissions in 2050	GHN	36.3%
				CO ₂ Growth Rate	CDA	36.3%
				CH ₄ Growth Rate	CHA	8.7%
				CO ₂ from Land Cover	LCB	3.9%
				GHG Intensity Trend	GIB	3.9%
				F-Gas Growth Rate	FGA	3.7%
				Black Carbon Growth Rate	BCA	2.6%
				GHG Emissions per Capita	GHP	2.6%
				N ₂ O Growth Rate	NDA	1.8%
				Environmental Health HLT (20%)	Air Quality	AIR
Household Solid Fuels	HAD	38%				
Ozone Exposure	OZD	5%				
NO _x Exposure	NOE	5%				
SO ₂ Exposure	SOE	2%				
CO Exposure	COE	2%				
VOC Exposure	VOE	2%				
Sanitation & Drinking Water	H2O	25%	Unsafe Drinking Water		UWD	60%
			Unsafe Sanitation		USD	40%
Heavy Metals	HMT	10%	Lead Exposure		PBD	100%
			Controlled Solid Waste	MSW	50%	
Waste Management	WM G	10%	Recycling Rates	REC	25%	
			Ocean Plastic Pollution	OCP	25%	
Ecosystem Vitality ECO (42%)	Biodiversity & Habitat	BDH	43%	Terrestrial Biome Protection (national)	TBN	22.2%
				Terrestrial Biome Protection (global)	TBG	22.2%
				Marine Protected Areas	MPA	22.2%
				Protected Areas Rep. Index	PAR	14%
				Species Habitat Index	SHI	8.3%
				Species Protection Index	SPI	8.3%
				Biodiversity Habitat Index	BHV	3%
				Ecosystem Services	ECS	19%
	Grassland Loss	GRL	12.5%			
	Wetland Loss	WTL	12.5%			
	Fisheries	FSH	11.9%	Fish Stock Status	FSS	36%
				Marine Trophic Index	RMS	36%
				Fish Caught by Trawling	FTD	28%
	Acid Rain	ACD	9.5%	SO ₂ Growth Rate	SDA	50%
				NO _x Growth Rate	NXA	50%
	Agriculture	AGR	9.5%	Sustainable Nitrogen Mgmt. Index	SNM	50%
Sustainable Pesticide Use				SPU	50%	
Water Resources	WRS	7.1%	Wastewater Treatment	WWT	100%	

Teniendo en cuenta que los datos empleados para el cálculo del EPI pueden recopilarse durante años en cada país, se propone un indicador más sencillo con el fin de motivar la eficiencia en la monitorización de la EC. Se evidencia que el indicador propuesto no proporciona el grado de detalle ni complejidad que el EPI pero al mismo tiempo se promueve una mayor agilidad y velocidad en la monitorización de la EC.

Tomando como punto de partida el indicador EPI (Wendling et al., 2020) descrito en la figura 24, se puede definir una tabla base del indicador (tabla 16) que incluya las categorías medioambientales, económicas y sociales y tengan el mismo valor. Sin embargo, la definición de los valores específicos de las subcategorías propuestas (Emisiones; Materiales; Eficiencia energética; Calidad de los recursos recuperados/reciclados; Inversiones; Formación; Empleo; Retorno social de las inversiones; Inclusión) requieren de un estudio más amplio y detallado y se proponen como una futura línea de investigación.

Tabla 15 Tabla base para construir el indicador propuesto

Fórmula del indicador		Indicador= (Medioambiental+Económico+Social)/3	
Campo	Valor (%)	Categoría	Valor (%)
Medioambiental	33.3	Emisiones	
		Materiales	
		Eficiencia energética	
Económico	33.3	Calidad de los recursos recuperados/reciclados	
		Inversiones	
		Formación	
Social	33.3	Empleo	
		Retorno social de las inversiones	
		Inclusión	

Capítulo 6. Conclusiones

Capítulo 6. Conclusiones

6.1. Conclusiones

Esta sección muestra las conclusiones específicas de la revisión de la literatura y definición del marco conceptual de la EC, indicadores y estrategias (capítulo 2), análisis bibliométrico (capítulo 4) y estudio del caso (capítulo 5) desarrollado en los capítulos anteriores de la tesis.

Tal y como se describe en el capítulo 2, las definiciones y referencias de la EC en la literatura son múltiples y atienden a diversas áreas (económica, ambiental, social) o naturalezas (institucional, conceptual). No obstante, la economía circular puede definirse como un sistema económico que minimiza la entrada y el desperdicio de recursos, las emisiones y las fugas de energía del sistema mitigando los impactos negativos sin poner en peligro el crecimiento y la prosperidad. (Geissdoerfer et al., 2018).

La EC ha captado cada vez más la atención de la comunidad científica, las empresas y la administración, convirtiéndose en un enfoque prometedor para promover la sostenibilidad y la competitividad (Murray, 2017). Por ello, en la tesis se ha analizado el concepto, estrategias e indicadores de la EC desde la perspectiva

de la triple hélice (ciencia-industria-administración), entrevistando, analizando y comparando once organizaciones. El criterio aplicado para la selección de las once organizaciones ha sido (1) la diversidad geográfica (representación internacional (Alemania, Bélgica, Irlanda e Italia), nacional (España) y regional (Comunidad Valenciana)) y tipológica (pequeñas y grandes empresas, universidades, centros tecnológicos, organizaciones representantes de la administración); (2) la autenticidad y relevancia relativas al grado del conocimiento de la EC.

Las políticas de innovación se basan en sistemas de innovación y negocios, ciencia y conocimiento, y transiciones de gobernanza y sostenibilidad (López-Rubio et al., 2021). Sehnem et al. (2019) confirman la sostenibilidad como impulsor de la EC y Schaubroeck et al. (2021) el impacto de la sostenibilidad en el tiempo.

Si vinculamos las innovaciones en la EC con el desarrollo regional, de forma genérica se define que la estrategia de innovación abierta podría promover la colaboración empresarial cuando se combina con universidades con alto nivel de excelencia, así como con la clásica estrategia de innovación estándar que mejora el gasto público y privado en I+D y colaboración de negocios (Más-Verdú et al., 2020).

Del capítulo 2 que está centrado en la revisión de la literatura, se desprende que el concepto de la EC ha sido definido de forma heterogénea por numerosos autores y se ha enfocado desde diversos puntos de vista y aspectos atendiendo a su área predominante (económico, ambiental, social) o su naturaleza (institucional, conceptual).

En cuanto a los indicadores más relevantes analizados para monitorizar la EC, el 77% de los mismos tiene el enfoque medioambiental y no cubre el aspecto económico o social. En particular, tal y como se describe en estudios previos (Elia et al., 2017 y De Pascal et al., 2021), no se encuentra un solo indicador que abarque todos los requisitos y necesidades del paradigma de la EC. Aún no se ha llegado a un consenso sobre qué y de qué modo deben medir los indicadores de EC por lo que se crea un marco metodológico subjetivo para evaluar las estrategias de EC (Niero y Kalbar, 2019 y Pontes y Angelo, 2019).

Del análisis se concluye la necesidad de definir los indicadores de forma transparente y sencilla para facilitar su aplicación y medición, que tengan solidez y que se calculen utilizando metodologías similares que puedan ser estandarizables. Dicha conclusión refuerza la propuesta de un indicador de la EC que contempla las dimensiones ambientales, económicas y sociales (tabla 16) basado en la estructura del indicador EPI (Wendling et al., 2020) que persigue cuantificar numéricamente el desempeño ambiental, atribuyendo a cada categoría un % en peso acorde a su importancia. En nuestro caso particular, se ha optado por otorgar el mismo peso a las dimensiones ambientales, económicas y sociales ya que se desprende que todas ellas son esenciales para alcanzar un conocimiento real y eficiente de la monitorización de la EC.

En las figuras 21 y 22 se muestra el rendimiento de los ODS 12 y 13 de los países de las organizaciones seleccionadas (Alemania, Bruselas, España, Italia, Irlanda) comparadas con la media europea. El ODS 12 se centra en desvincular los impactos ambientales del crecimiento económico, la economía verde y la generación y gestión de residuos mientras que el ODS 13 trabaja en la prevención de la degradación ambiental. Los ODS 12 y 13 son los ODS que más relación tienen con rendimiento de la EC.

Dicha información de cada país (figuras 21 y 22) se compara con el rendimiento específico de cada caso de estudio presentado a lo largo de la tesis en la tabla 15 de modo que se muestre "la foto" de la situación actual.

Tabla 16 Rendimiento de los casos de estudio en los ODS

	Caso	ODS 12			ODS 13		
		Nivel caso	Lecciones aprendidas	Nivel país	Nivel caso	Lecciones aprendidas	Nivel país
Ciencia	1 AIMPLAS (España)	◆◆	L1, L2, L5, L7	↗	◆◆	L1, L2, L7	—
	2 AIT (Irlanda)	◆	L1, L5, L7	↘	◆◆	L1, L7	↘ ↘
	3 UHO (Alemania)	◆	L1, L5, L7	—	◆◆	L1, L7	↘
Industria	4 GREENCYCLE (Alemania)	◆	L1, L2, L5, L7	—	◆	L1, L2, L3, L7	↘
	5 IMECAL (España)	◆	L1, L5, L7	↗	◆	L1, L7	—
	6 RINA (Italia)	◆	L1, L5, L7, L9	↗	◆	L1, L7, L9	—
	7 SAV (España)	◆	L1, L5, L7	↗	◆	L1, L7	—

	Caso	ODS 12			ODS 13		
		Nivel caso	Lecciones aprendidas	Nivel país	Nivel caso	Lecciones aprendidas	Nivel país
Administración	8 COST (Bélgica)	◆◆	L1, L2, L5, L7, L9	↙	◆	L1, L2, L7, L9	↙
	9 CVI (España)	◆◆	L1, L5, L7, L8, L9, L10	↗	◆	L1, L7, L8, L9, L10	—
	10 DIVAL (España)	◆◆	L1, L5, L7, L8, L9	↗	◆	L1, L3, L7, L8, L9	—
	11 MITECO (España)	◆◆	L1, L5, L7, L8, L9	↗	◆	L1, L7, L8, L9	—

Legenda:

Inicial ◆ -en progreso ◆◆ -avanzado ◆◆◆;

↙ por encima de la media- ↗ por debajo de la media- — en la media;

L1-Cooperación en proyectos de I+D+i financiados; L2-Involucrar a todos los actores de la cadena de valor para maximizar la implementación de la EC; L3-Considerar todos los flujos de materiales; L4-Uso de indicadores de forma transparente y sencilla; L5-Impacto económico positivo en las cadenas de valor circulares; L6-Uso y definición de procesos estandarizados; L7-Formación permanente; L8-Introducción de medidas legislativas; L9-Aplicación de una estrategia global europea; L-10-Digitalización

ODS 12 (consumo y producción responsable); ODS 13 (Acción por el clima)

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 15 se concluye que a pesar de que el rendimiento de Irlanda en los ODS está por debajo de la media, existen organizaciones en el país trabajando para impulsar iniciativas tales como la EC. Por otro lado, parece existir una desconexión entre la administración, en este caso belga y las organizaciones industriales y académicas que están por debajo de la media en el cumplimiento. En el caso de España e Italia, las organizaciones estudiadas están en sintonía con el rendimiento medio del país. Las organizaciones estudiadas de Alemania muestran un nivel más avanzado que el rendimiento medio del país. De todo ello se desprende la necesidad de avanzar realizando acciones conjuntas y coordinadas en cada país europeo.

Del capítulo 4 se destaca que las principales áreas de investigación de las publicaciones empleadas en el análisis bibliométrico sobre EC e indicadores son la ecología de las ciencias medioambientales, tecnología científica, ingeniería y economía de la empresa.

La EC es una temática de investigación reciente cuya productividad científica ha aumentado exponencialmente en la última década: desde las 6 publicaciones del año 2011 hasta las más de 350 publicaciones del año 2021. El artículo más citado *A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems* de los autores Ghisellini et al. (2016) describe que la evolución hacia la adopción de la EC acaba de empezar y su éxito depende del compromiso de todos los actores de la sociedad y su capacidad para establecer modelos de colaboración. Se deduce que el artículo se encuentra alineado con las lecciones aprendidas, L2-Involucrar a todos los actores de la cadena de valor para maximizar la implementación de la EC y L9-Aplicación de una estrategia global europea.

Por otro lado, tanto el artículo más citado Ghisellini et al. (2016) así como Bezama et al. (2019) y Su et al. (2013) entre otros numerosos autores plantean la necesidad de establecer una cooperación en proyectos de I+D+i financiados e involucrar a todos los actores de la cadena de valor para maximizar la implementación de la EC tal y como se describe en las lecciones aprendidas.

En Europa se concentran más del 50% de las publicaciones de EC e indicadores seguida de China, 142 publicaciones, 14.032%. Coincidiendo con la afiliación de los autores con mayor número de citas e influencia: Geng Y; (Shanghai Jiao Tong University), Dewulf J; (Ghent University) y Ulgiati S; (Beijing Normal University). Se concluye que la relevancia de la Comisión Europea como autor y organización co-citada viene impulsada por el gran presupuesto destinado no sólo a la ejecución de proyectos de I+D+i sino a la difusión de los resultados a través de publicaciones científicas. La Comisión Europea es una pieza clave en la promoción de la cooperación europea eficaz de las instituciones.

Cabe destacar el hecho de que “China” aparezca como palabra clave en el análisis de co-ocurrencias y se desprende el esfuerzo realizado en investigación y aplicación de políticas de economía circular por parte del país (Geng et al., 2012 y Naustdalslid, 2014). La creciente industrialización del país ha requerido de políticas de desarrollo sostenible, de modo que tal y como se describe en el capítulo 2, existen numerosos artículos científicos alineados con la economía verde y la sostenibilidad. Dichos estudios y desarrollos científicos tienen un impacto positivo a nivel medioambiental, social y económico en un país con un desarrollo industrial exponencial que ha sucedido en un corto periodo de tiempo.

Dado que la relación comercial y productiva de China está relacionada con el continente europeo, se concluye que la inversión y las políticas de ambas administraciones públicas tienen un alto impacto en el alcance y aplicación de la EC.

Se observa que los vínculos entre países están relacionado con sus políticas de innovación similares, idiomas comunes, acuerdos de investigación entre organizaciones pre-establecidos o localizaciones geográficas próximas.

Del capítulo 5, se enfatiza en la figura 25 qué desafíos comunes se han identificado para todas las organizaciones analizadas y cuales son específicos para las organizaciones científicas, industriales o pertenecientes a la administración:

Figura 25 Sinopsis de los desafíos de la EC y su monitorización en el estudio del caso



Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, en la figura 26 se muestran las lecciones aprendidas en la aplicación de las estrategias de EC y su monitorización comunes a todos los casos de estudio, así como las que se han identificado de forma específica por cada bloque dentro de la triple hélice:

Figura 26 Sinopsis de las lecciones aprendidas en el estudio del caso



Fuente: Elaboración propia

De todo ello, se concluye que las organizaciones aumentan su impacto en la EC a través de colaboraciones estratégicas con la triple hélice, formación continua a nivel tecnológico, económico y social, así como a través de la consolidación de modelos circulares independientemente del sector. Los proyectos financiados son la puerta de entrada y consolidación a la aplicación de estrategias de alto nivel tecnológico, contacto con socios estratégicos y financiación por parte de la Comisión Europea. Tal y como se ha destacado a lo largo de las conclusiones, la Comisión Europea resulta un agente clave para el alcance de los objetivos relativos a la EC estratégicos en los países, regiones, municipios y organizaciones por su transparencia, equidad y vocación de servicio a la ciudadanía.

Se requiere la cooperación de todas las partes interesadas, incluidos los responsables políticos (de diferentes estados miembros), profesionales de la industria,

consumidores y organizaciones no gubernamentales, entre otros, para traducir sus políticas europeas propuestas en acciones concretas (Camilleri, 2020).

En último lugar se muestra en la figura 27 la sinopsis de los indicadores que son empleados por todas las organizaciones analizadas y aquellos que utilizan el sector industrial o académico o la administración:

Figura 27 Sinopsis de los indicadores de la EC en el estudio del caso



Fuente: Elaboración propia

Todos los indicadores mencionados tienen en común que no son monitores específicos de la EC, sino que miden el impacto desde una perspectiva específica que no muestra todas las dimensiones de la EC independientemente del carácter

medioambiental (huella de carbono, LCA) o el carácter general (KPI) de los indicadores.

Del hecho que sólo dos organizaciones hayan destacado como lección aprendida el uso de indicadores de forma transparente y sencilla (L4) y que el LCA es el indicador más empleado por las organizaciones a nivel medioambiental para monitorizar el progreso de la EC se desprende que no se definen y emplean indicadores de la EC que valoren el impacto no sólo a nivel medioambiental sino económico, social y político. Sin embargo, cabe destacar que todas las organizaciones tienen en común su capacidad de mejora continua y políticas de innovación a corto y medio plazo en torno a la EC.

6.2. Limitaciones y futuras líneas de investigación

En toda investigación existen una serie de limitaciones y riesgos a considerar. En particular, durante la elaboración de esta tesis, se subrayan las siguientes:

- En las entrevistas a las organizaciones seleccionadas puede existir un sesgo hacia una opinión concreta. Se ha procurado en la medida de lo posible, mantener el tono neutral y objetivo.
- Se destaca el hecho de que no se han incluido en este estudio, las publicaciones no indexadas en la base de datos WoS que no cumplan con los escenarios de las búsquedas realizadas. Se matiza que se asigna una unidad a todos los autores participantes en una publicación, por lo que cada autor recibe una unidad con independencia de que la publicación haya sido firmada por uno o múltiples autores. De igual modo ocurre en las publicaciones que comparten autores de diferentes instituciones o países. A su vez, dado que la EC es una temática reciente y con una producción científica creciente en modo exponencial, no se han incluido las últimas publicaciones relevantes de 2022-2023.

Tal y como se ha mencionado en la sección de las conclusiones, una de las futuras líneas de investigación que se sugiere podría ser) un estudio más amplio y

detallado sobre el valor de cada subcategoría del indicador propuesto, así como una aplicación práctica en los casos de estudio analizados en la tesis. Los casos de estudio pueden ampliarse a otras organizaciones de otros países y sectores para realizar una validación.

A través del análisis de la producción de publicaciones científicas relativas a la EC, Mazur-Wierzbicka (2021), identificó la existencia de una “Europa de dos velocidades” Los países más avanzados en la investigación de los principios de CE, incluyen Alemania, Bélgica, España, Francia, Italia, los Países Bajos y el Reino Unido. El 90% de los casos de estudio analizados se ubica en los países avanzados (Alemania, Bélgica, España, Italia) por lo que se sugiere el análisis de organizaciones pertenecientes a la parte con menor grado de desarrollo.

Por otro lado, se podría trasladar el estudio realizado en la tesis a los países en vías de desarrollo. Dichos países deben considerar la adopción de recomendaciones para diseñar políticas e incentivos que fomenten la adopción de la EC en la operación real de la industria para estimular el desarrollo económico, sin descuidar el bienestar ambiental y poner en peligro los beneficios sociales (Ngan et al., 2019).

Por último, podría profundizarse en el seguimiento de los casos de estudio analizados dentro de unos años para comparar el estado actual y futuro dentro de la aplicación de las estrategias de EC y su monitorización.

Bibliografía

Bibliografía

Abad-Segura, E., Batlles-delaFuente, A., González-Zamar, M. D., & Belmonte-Ureña, L. J. (2021). Implications for sustainability of the joint application of bioeconomy and circular economy: A worldwide trend study. *Sustainability*, 13(13), 7182.

Abokersh, M. H., Norouzi, M., Boer, D., Cabeza, L. F., Casa, G., Prieto, C., ... & Valles, M. (2021). A framework for sustainable evaluation of thermal energy storage in circular economy. *Renewable Energy*, 175, 686-701.

Acelandu, M. I., Şerban, A. C., Suciu, M. C., & Biţoiu, T. I. (2019). The management of municipal waste through circular economy in the context of smart cities development. *IEEE Access*, 7, 133602-133614.

Adibi, N., Lafhaj, Z., Yehya, M., & Payet, J. (2017). Global Resource Indicator for life cycle impact assessment: Applied in wind turbine case study. *Journal of Cleaner Production*, 165, 1517-1528.

Agarwal, S., Tyagi, M., & Garg, R. K. (2021). Conception of circular economy obstacles in context of supply chain: a case of rubber industry. *International Journal of Productivity and Performance Management*.

Agarwal, S., Tyagi, M., & Garg, R. K. (2021). Restorative measures to diminish the covid-19 pandemic effects through circular economy enablers for sustainable and resilient supply chain. *Journal of Asia Business Studies*.

Agarwal, R., Wankhede, V. A., Kumar, A., Upadhyay, A., & Garza-Reyes, J. A. (2021). Nexus of circular economy and sustainable business performance in the era of digitalization. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 71(3), 748-774.

Aguiar, M. F., Mesa, J. A., Jugend, D., Pinheiro, M. A. P., & Fiorini, P. D. C. (2021). Circular product design: strategies, challenges and relationships with new product development. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 33(2), 300-329.

Aguilar-Hernandez, G. A., Sigüenza-Sanchez, C. P., Donati, F., Merciai, S., Schmidt, J., Rodrigues, J. F., & Tukker, A. (2019). The circularity gap of nations: A multiregional analysis of waste generation, recovery, and stock depletion in 2011. *Resources, Conservation and Recycling*, 151, 104452.

Alaerts, L., Van Acker, K., Rousseau, S., De Jaeger, S., Moraga, G., Dewulf, J., ... & Eyckmans, J. (2019). Towards a more direct policy feedback in circular economy monitoring via a societal needs perspective. *Resources, Conservation and Recycling*, 149, 363-371.

Alejandrino, C., Mercante, I., & Bovea, M. D. (2021). Life cycle sustainability assessment: Lessons learned from case studies. *Environmental Impact Assessment Review*, 87, 106517.

Allwood, J. M., Ashby, M. F., Gutowski, T. G., & Worrell, E. (2013). Material efficiency: providing material services with less material production. *Philosophical transactions of the royal society a: mathematical, physical and engineering sciences*, 371(1986), 20120496.

Amicarelli, V., Rana, R., Lombardi, M., & Bux, C. (2021). Material flow analysis and sustainability of the Italian meat industry. *Journal of Cleaner Production*, 299, 126902.

Antikainen, M., & Valkokari, K. (2016). A framework for sustainable circular business model innovation. *Technology Innovation Management Review*, 6(7).

Antonopoulos, I., Faraca, G., & Tonini, D. (2021). Recycling of post-consumer plastic packaging waste in the EU: Recovery rates, material flows, and barriers. *Waste Management*, 126, 694-705.

Aranda-Usón, A., Portillo-Tarragona, P., Scarpellini, S., & Llena-Macarulla, F. (2020). The progressive adoption of a circular economy by businesses for cleaner production: An approach from a regional study in Spain. *Journal of Cleaner Production*, 247, 119648.

Archambault, É., Campbell, D., Gingras, Y., & Larivière, V. (2009). Comparing bibliometric statistics obtained from the Web of Science and Scopus. *Journal of the American society for information science and technology*, 60(7), 1320-1326.

Avdiushchenko, A. (2018). Toward a circular economy regional monitoring framework for European regions: conceptual approach. *Sustainability*, 10(12), 4398.

Avdiushchenko, A., & Zając, P. (2019). Circular economy indicators as a supporting tool for European regional development policies. *Sustainability*, 11(11), 3025.

Ávila-Gutiérrez, M. J., Martín-Gómez, A., Aguayo-González, F., & Córdoba-Roldán, A. (2019). Standardization framework for sustainability from circular economy 4.0. *Sustainability*, 11(22), 6490.

La Economía Circular en las organizaciones: estrategias e indicadores. Un análisis comparativo de casos

Ažman Momirski, L., Mušič, B., & Cotič, B. (2021). Urban strategies enabling industrial and urban symbiosis: The case of slovenia. *Sustainability*, 13(9), 4616.

Aznar-Sánchez, J. A., Mendoza, J. M. F., Ingrao, C., Failla, S., Bezama, A., Nemecek, T., & Gallego-Schmid, A. (2020). Indicators for circular economy in the agri-food sector. *Resour. Conserv. Recycl*, 163, 105028.

Baldassarre, B., Schepers, M., Bocken, N., Cuppen, E., Korevaar, G., & Calabretta, G. (2019). Industrial Symbiosis: towards a design process for eco-industrial clusters by integrating Circular Economy and Industrial Ecology perspectives. *Journal of cleaner production*, 216, 446-460.

Banaité, D. (2016). Towards circular economy: analysis of indicators in the context of sustainable development. *Social Transformation in Contemporary Society*, 4(9), 142-150.

Barbieri, R., & Santos, D. F. L. (2020). Sustainable business models and eco-innovation: A life cycle assessment. *Journal of Cleaner Production*, 266, 121954.

Barnabè, F., & Nazir, S. (2022). Conceptualizing and enabling circular economy through integrated thinking. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 29(2), 448-468.

Barriball, K., & White, A. (1994). Collecting data using a semi-structured interview: a discussion paper. *Journal of Advanced Nursing*, 19, 328-335. Retrieved May 2019.

Battle-Bayer, L., Aldaco, R., Bala, A., Puig, R., Laso, J., Margallo, M., ... & Fullana-i-Palmer, P. (2020). Environmental and nutritional impacts of dietary changes in Spain during the COVID-19 lockdown. *Science of The Total Environment*, 748, 141410.

Belmonte-Ureña, L. J., Plaza-Úbeda, J. A., Vazquez-Brust, D., & Yakovleva, N. (2021). Circular economy, degrowth and green growth as pathways for research on sustainable development goals: A global analysis and future agenda. *Ecological Economics*, 185, 107050.

Bezama, A., Hildebrandt, J., & Thrän, D. (2021). Integrating Regionalized Socioeconomic Considerations onto Life Cycle Assessment for Evaluating Bioeconomy Value Chains: A Case Study on Hybrid Wood–Concrete Ceiling Elements. *Sustainability*, 13(8), 4221.

Bezama, A., Ingrao, C., O’Keeffe, S., & Thrän, D. (2019). Resources, collaborators, and neighbors: The three-pronged challenge in the implementation of bioeconomy regions. *Sustainability*, 11(24), 7235.

Bhanot, N., Qaiser, F. H., Alkahtani, M., & Rehman, A. U. (2020). An integrated decision-making approach for cause-and-effect analysis of sustainable manufacturing indicators. *Sustainability*, 12(4), 1517.

Bianchini, A., & Rossi, J. (2021). Design, implementation and assessment of a more sustainable model to manage plastic waste at sport events. *Journal of Cleaner Production*, 281, 125345.

Bianchini, A., Rossi, J., & Pellegrini, M. (2019). Overcoming the main barriers of circular economy implementation through a new visualization tool for circular business models. *Sustainability*, 11(23), 6614.

Blasi, S., Crisafulli, B., & Sedita, S. R. (2021). Selling circularity: Understanding the relationship between circularity promotion and the performance of manufacturing SMEs in Italy. *Journal of Cleaner Production*, 303, 127035.

Blengini, G. A., Garbarino, E., & Bevilacqua, P. (2017). SUSTAINABILITY AND INTEGRATION BETWEEN MINERAL RESOURCES AND C&DW MANAGEMENT: OVERVIEW OF KEY ISSUES TOWARDS A RESOURCE-EFFICIENT EUROPE. *Environmental Engineering & Management Journal (EEMJ)*, 16(2).

Blomsma, F., & Brennan, G. (2017). The emergence of circular economy: a new framing around prolonging resource productivity. *Journal of Industrial Ecology*, 21(3), 603-614.

Bluhm, D. J., Harman, W., Lee, T. W., & Mitchell, T. R. (2011). Qualitative research in management: A decade of progress. *Journal of management studies*, 48(8), 1866-1891.

Bocken, N. M., De Pauw, I., Bakker, C., & Van Der Grinten, B. (2016). Product design and business model strategies for a circular economy. *Journal of industrial and production engineering*, 33(5), 308-320.

Bonciu, F., & Balgar, A. C. (2016). Sharing economy as a contributor to sustainable growth, an EU perspective. *Romanian J. Eur. Aff.*, 16, 36.

Bontempi, E., Sorrentino, G. P., Zanoletti, A., Alessandri, I., Depero, L. E., & Caneschi, A. (2021). Sustainable materials and their contribution to the sustainable development goals (SDGs): A critical review based on an Italian example. *Molecules*, 26(5), 1407.

Boons, F., & Howard-Grenville, J. A. (Eds.). (2009). The social embeddedness of industrial ecology. *Edward Elgar Publishing*.

Briassoulis, D., Pikasi, A., & Hiskakis, M. (2021). Recirculation potential of post-consumer/industrial bio-based plastics through mechanical recycling-Techno-economic sustainability criteria and indicators. *Polymer Degradation and Stability*, 183, 109217.

British Standards Institution. (2017). Framework for implementing the principles of the circular economy in organizations-guide. *BSI*.

Brouwer, M., Picuno, C., van Velzen, E. U. T., Kuchta, K., De Meester, S., & Ragaert, K. (2019). The impact of collection portfolio expansion on key performance indicators of the Dutch recycling system for Post-Consumer Plastic Packaging Waste, a comparison between 2014 and 2017. *Waste management*, 100, 112-121.

Brown, P. J., & Bajada, C. (2018). An economic model of circular supply network dynamics: Toward an understanding of performance measurement in the context of multiple stakeholders. *Business Strategy and the Environment*, 27(5), 643-655.

Buckley, J. W., Buckley, M. H., & Chiang, H. F. (1976). Research methodology and business decisions.

Bui, T. D., Tseng, J. W., Tseng, M. L., & Lim, M. K. (2022). Opportunities and challenges for solid waste reuse and recycling in emerging economies: A hybrid analysis. *Resources, Conservation and Recycling*, 177, 105968.

Busu, C., & Busu, M. (2018). Modelling the circular economy processes at the EU level using an evaluation algorithm Based on Shannon entropy. *Processes*, 6(11), 225.

Busu, M., & Trica, C. L. (2019). Sustainability of circular economy indicators and their impact on economic growth of the European Union. *Sustainability*, 11(19), 5481.

Cagno, E., Neri, A., Negri, M., Bassani, C. A., & Lampertico, T. (2021). The role of digital technologies in operationalizing the circular economy transition: A systematic literature review. *Applied Sciences*, 11(8), 3328.

Callon, M., Law, J., & Rip, A. (1986). Qualitative scientometrics. In *Mapping the dynamics of science and technology* (pp. 103-123). *Palgrave Macmillan, London*.

Calzolari, T., Genovese, A., & Brint, A. (2022). Circular Economy indicators for supply chains: A systematic literature review. *Environmental and Sustainability Indicators*, 13, 100160.

Camilleri, M. A. (2020). European environment policy for the circular economy: Implications for business and industry stakeholders. *Sustainable Development*, 28(6), 1804-1812.

Camón Luis, E., & Celma, D. (2020). Circular Economy. A review and bibliometric analysis. *Sustainability*, 12(16), 6381.

Cavaleiro de Ferreira, A., & Fuso-Nerini, F. (2019). A framework for implementing and tracking circular economy in cities: The case of Porto. *Sustainability*, 11(6), 1813.

Cayzer, S., Griffiths, P., & Beghetto, V. (2017). Design of indicators for measuring product performance in the circular economy. *International Journal of Sustainable Engineering*, 10(4-5), 289-298.

Chen, C. W. (2021). Clarifying rebound effects of the circular economy in the context of sustainable cities. *Sustainable Cities and Society*, 66, 102622.

Chen, W., Zhong, S., Geng, Y., Chen, Y., Cui, X., Wu, Q., ... & Tian, X. (2017). Emergy based sustainability evaluation for Yunnan Province, China. *Journal of Cleaner Production*, 162, 1388-1397.

- Chen, X., Liu, X., & Hu, D. (2015). Assessment of sustainable development: A case study of Wuhan as a pilot city in China. *Ecological Indicators*, 50, 206-214.
- Chobanova, R. (2020). Circular Economy as a New Stage of Economic Development. In *Circular Economy-Recent Advances, New Perspectives and Applications*. *IntechOpen*.
- Cobo, M. J., López-Herrera, A. G., Herrera-Viedma, E., & Herrera, F. (2011). Science mapping software tools: Review, analysis, and cooperative study among tools. *Journal of the American Society for information Science and Technology*, 62(7), 1382-1402.
- Cong, L., Zhao, F., & Sutherland, J. W. (2019). A design method to improve end-of-use product value recovery for circular economy. *Journal of Mechanical Design*, 141(4).
- Corbin, J., & Strauss, A. (2014). *Basics of qualitative research: Techniques and procedures for developing grounded theory*. *Sage publications*.
- Corona, B., Shen, L., Reike, D., Carreón, J. R., & Worrell, E. (2019). Towards sustainable development through the circular economy—A review and critical assessment on current circularity metrics. *Resources, Conservation and Recycling*, 151, 104498.
- D'Adamo, I., Falcone, P. M., Huisingh, D., & Morone, P. (2021). A circular economy model based on biomethane: What are the opportunities for the municipality of Rome and beyond?. *Renewable Energy*, 163, 1660-1672.
- D'Adamo, I., Falcone, P. M., Imbert, E., & Morone, P. (2020). Exploring regional transitions to the bioeconomy using a socio-economic indicator: The case of Italy. *Economia Politica*, 1-33.
- D'Adamo, I., Falcone, P. M., Imbert, E., & Morone, P. (2020). A socio-economic indicator for EoL strategies for bio-based products. *Ecological Economics*, 178, 106794.
- Daim, T. U., Rueda, G., Martin, H., & Gerdtsri, P. (2006). Forecasting emerging technologies: Use of bibliometrics and patent analysis. *Technological forecasting and social change*, 73(8), 981-1012.
- D'Amato, D., & Korhonen, J. (2021). Integrating the green economy, circular economy and bioeconomy in a strategic sustainability framework. *Ecological Economics*, 188, 107143.
- De Benedetto, L., & Klemeš, J. (2009). The Environmental Performance Strategy Map: an integrated LCA approach to support the strategic decision-making process. *Journal of Cleaner Production*, 17(10), 900-906.
- De Oliveira, C. T., Dantas, T. E. T., & Soares, S. R. (2021). Nano and micro level circular economy indicators: Assisting decision-makers in circularity assessments. *Sustainable Production and Consumption*, 26, 455-468.
- Demets, R., Van Kets, K., Huysveld, S., Dewulf, J., De Meester, S., & Ragaert, K. (2021). Addressing the complex challenge of understanding and quantifying substitutability for recycled plastics. *Resources, Conservation and Recycling*, 174, 105826.

La Economía Circular en las organizaciones: estrategias e indicadores. Un análisis comparativo de casos

Di Maio, F., & Rem, P. C. (2015). A robust indicator for promoting circular economy through recycling. *Journal of Environmental Protection*, 6(10), 1095.

Di Maio, F., Rem, P. C., Baldé, K., & Polder, M. (2017). Measuring resource efficiency and circular economy: A market value approach. *Resources, Conservation and Recycling*, 122, 163-171.

Didenko, N. I., Klochkov, Y. S., & Skripnuk, D. F. (2018). Ecological criteria for comparing

Dominguez, S., Laso, J., Margallo, M., Aldaco, R., Rivero, M. J., Irabien, Á., & Ortiz, I. (2018). LCA of greywater management within a water circular economy restorative thinking framework. *Science of the Total Environment*, 621, 1047-1056.

Droege, H., Raggi, A., & Ramos, T. B. (2021). Overcoming current challenges for circular economy assessment implementation in public sector organisations. *Sustainability*, 13(3), 1182.

East, A. J. (2008, September). What is a carbon footprint? An overview of definitions and methodologies. In Vegetable industry carbon footprint scoping study—Discussion papers and workshop, 26 September 2008. *Sydney: Horticulture Australia Limited*.

Eisenhardt, K. M. (1989). Building theories from case study research. *Academy of management review*, 14(4), 532-550.

El Alaoui, M. (2020). A fuzzy multiplicative performance indicator to measure circular economy efficiency. *International Journal of Mathematical, Engineering and Management Sciences*, 5(6), 1118.

Elia, V., Gnoni, M. G., & Tornese, F. (2017). Measuring circular economy strategies through index methods: A critical analysis. *Journal of cleaner production*, 142, 2741-2751.

Ferronato, N., Moresco, L., Guisbert Lizarazu, G. E., Gorrity Portillo, M. A., Conti, F., & Torretta, V. (2021). Comparison of environmental impacts related to municipal solid waste and construction and demolition waste management and recycling in a Latin American developing city. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-15.

Ferronato, N., Rada, E. C., Portillo, M. A. G., Cioca, L. I., Ragazzi, M., & Torretta, V. (2019). Introduction of the circular economy within developing regions: A comparative analysis of advantages and opportunities for waste valorization. *Journal of environmental management*, 230, 366-378.

Figge, F., Thorpe, A. S., & Good, J. (2021). Us before me: A group level approach to the circular economy. *Ecological economics*, 179, 106838.

Figge, F., Thorpe, A. S., Givry, P., Canning, L., & Franklin-Johnson, E. (2018). Longevity and circularity as indicators of eco-efficient resource use in the circular economy. *Ecological economics*, 150, 297-306.

Fioramonti, L., Coscieme, L., & Mortensen, L. F. (2019). From gross domestic product to wellbeing: How alternative indicators can help connect the new economy with the Sustainable Development Goals. *The Anthropocene Review*, 6(3), 207-222.

Fogarassy, C., & Finger, D. (2020). Theoretical and practical approaches of circular economy for business models and technological solutions. *Resources*, 9(6), 76.

Franklin-Johnson, E., Figge, F., & Canning, L. (2016). Resource duration as a managerial indicator for Circular Economy performance. *Journal of Cleaner Production*, 133, 589-598.

Galvão, G. D. A., de Nadae, J., Clemente, D. H., Chinen, G., & de Carvalho, M. M. (2018). Circular economy: overview of barriers. *Procedia Cirp*, 73, 79-85.

Gao, H., Tian, X., Zhang, Y., Shi, L., & Shi, F. (2021). Evaluating circular economy performance based on ecological network analysis: A framework and application at city level. *Resources, Conservation and Recycling*, 168, 105257.

Gao, H., Tian, X., Zhang, Y., Shi, L., & Shi, F. (2021). Standardized method for material flow data collection at city level. *Data in Brief*, 35, 106891.

Gao, J., Yin, Y., Myers, K. R., Lakhani, K. R., & Wang, D. (2021). Potentially long-lasting effects of the pandemic on scientists. *Nature communications*, 12(1), 1-6.

García-Sánchez, I. M., Somohano-Rodríguez, F. M., Amor-Esteban, V., & Frías-Aceituno, J. V. (2021). Which region and which sector leads the circular economy? CEBIX, a multivariant index based on business actions. *Journal of Environmental Management*, 297, 113299.

Garfield, E. (2001). From bibliographic coupling to co-citation analysis via algorithmic. *A citationist's tribute to Belver C. Griffith*.

Geissdoerfer, M., Vladimirova, D., & Evans, S. (2018). Sustainable business model innovation: A review. *Journal of cleaner production*, 198, 401-416.

Gerring, J. (2016). Case study research: Principles and practices. *Cambridge university press*.

Geng, Y., Fu, J., Sarkis, J., & Xue, B. (2012). Towards a national circular economy indicator system in China: an evaluation and critical analysis. *Journal of cleaner production*, 23(1), 216-224.

Geng, Y., Liu, Y., Liu, D., Zhao, H., & Xue, B. (2011). Regional societal and ecosystem metabolism analysis in China: A multi-scale integrated analysis of societal metabolism (MSIASM) approach. *Energy*, 36(8), 4799-4808.

Geng, Y., Liu, Z., Xue, B., Dong, H., Fujita, T., & Chiu, A. (2014). Emergy-based assessment on industrial symbiosis: a case of Shenyang Economic and Technological Development Zone. *Environmental Science and Pollution Research*, 21(23), 13572-13587.

La Economía Circular en las organizaciones: estrategias e indicadores. Un análisis comparativo de casos

Genovese, A., Acquaye, A. A., Figueroa, A., & Koh, S. L. (2017). Sustainable supply chain management and the transition towards a circular economy: Evidence and some applications. *Omega*, 66, 344-357.

Ghisellini, P., Cialani, C., & Ulgiati, S. (2016). A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Journal of Cleaner production*, 114, 11-32.

Giannakitsidou, O., Giannikos, I., & Chondrou, A. (2020). Ranking European countries on the basis of their environmental and circular economy performance: A DEA application in MSW. *Waste management*, 109, 181-191.

Gibbs, L., Kealy, M., Willis, K., Green, J., Welch, N., & Daly, J. (2007). What have sampling and data collection got to do with good qualitative research?. *Australian and New Zealand journal of public health*, 31(6), 540-544.

Glänzel, W., & Schubert, A. (2004). Analysing scientific networks through co-authorship. In *Handbook of quantitative science and technology research* (pp. 257-276). Springer, Dordrecht.

Gomonov, K., Ratner, S., Lazanyuk, I., & Revinova, S. (2021). Clustering of EU countries by the level of circular economy: An object-oriented approach. *Sustainability*, 13(13), 7158.

Gouldson, A., Hills, P., & Welford, R. (2008). Ecological modernisation and policy learning in Hong Kong. *Geoforum*, 39(1), 319-330.

Goyal, S., Chauhan, S., & Mishra, P. (2021). Circular economy research: A bibliometric analysis (2000–2019) and future research insights. *Journal of Cleaner Production*, 287, 1

Graedel, T. E., & Allenby, B. R. (2010). Industrial ecology and sustainable engineering.

Gupta, A., & Singh, R. K. (2021). Applications of emerging technologies in logistics sector for achieving circular economy goals during COVID 19 pandemic: analysis of critical success factors. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 1-22.

Haas, W., Krausmann, F., Wiedenhofer, D., & Heinz, M. (2015). How circular is the global economy?: An assessment of material flows, waste production, and recycling in the European Union and the world in 2005. *Journal of industrial ecology*, 19(5), 765-777.

Haleem, A., Javaid, M., Vaishya, R., & Deshmukh, S. G. (2020). Areas of academic research with the impact of COVID-19. *The American journal of emergency medicine*, 38(7), 1524-1526.

Hapuwatte, B. M., & Jawahir, I. S. (2021). Closed-loop sustainable product design for circular economy. *Journal of Industrial Ecology*, 25(6), 1430-1446.

Harling, K. (2012). An overview of case study. *Available at SSRN 2141476*.

Haupt, M., Vadenbo, C., & Hellweg, S. (2017). Do we have the right performance indicators for the circular economy?: insight into the Swiss waste management system. *Journal of Industrial Ecology*, 21(3), 615-627.

Haupt, M., & Hellweg, S. (2019). Measuring the environmental sustainability of a circular economy. *Environmental and Sustainability Indicators*, 1, 100005.

Haustein, S., & Larivière, V. (2015). The use of bibliometrics for assessing research: Possibilities, limitations and adverse effects. In *Incentives and performance* (pp. 121-139). Springer, Cham.

Henry, C., & Foss, L. (2015). Case sensitive? A review of the literature on the use of case method in entrepreneurship research. *International Journal of Entrepreneurial Behavior & Research*.

Heshmati, A. (2017). A Review of the Circular Economy and its Implementation. *International Journal of Green Economics*, 11(3-4), 251-288.

Hobson, K. (2016). Closing the loop or squaring the circle? Locating generative spaces for the circular economy. *Progress in Human Geography*, 40(1), 88-104.

Hu, J., Xiao, Z., Zhou, R., Deng, W., Wang, M., & Ma, S. (2011). Ecological utilization of leather tannery waste with circular economy model. *Journal of Cleaner Production*, 19(2-3), 221-228.

Hu, Y., Wen, Z., Lee, J. C., & Luo, E. (2017). Assessing resource productivity for industrial parks using adjusted raw material consumption (ARMC). *Resources, Conservation and Recycling*, 124, 42-49.

Huysman, S., De Schaepmeester, J., Ragaert, K., Dewulf, J., & De Meester, S. (2017). Performance indicators for a circular economy: A case study on post-industrial plastic waste. *Resources, conservation and recycling*, 120, 46-54.

Huysveld, S., Hubo, S., Ragaert, K., & Dewulf, J. (2019). Advancing circular economy benefit indicators and application on open-loop recycling of mixed and contaminated plastic waste fractions. *Journal of Cleaner Production*, 211, 1-13.

Hysa, E., Kruja, A., Rehman, N. U., & Laurenti, R. (2020). Circular economy innovation and environmental sustainability impact on economic growth: An integrated model for sustainable development. *Sustainability*, 12(12), 4831.

Klöpffer, W., & Renner, I. (2008). Life-cycle based sustainability assessment of products. In *Environmental management accounting for cleaner production* (pp. 91-102). Springer, Dordrecht.

Iacovidou, E., Millward-Hopkins, J., Busch, J., Purnell, P., Velis, C. A., Hahladakis, J. N., ... & Brown, A. (2017). A pathway to circular economy: Developing a conceptual framework for complex value assessment of resources recovered from waste. *Journal of cleaner production*, 168, 1279-1288.

La Economía Circular en las organizaciones: estrategias e indicadores. Un análisis comparativo de casos

Intlekofer, K., Bras, B., & Ferguson, M. (2010). Energy implications of product leasing.

Janik, A., & Ryszko, A. (2017). Towards measuring circularity at product level—Methodology and application of material circularity indicator. *In 7th Carpathian Logistics Congress-CLC*.

Jarneving, B. (2007). Bibliographic coupling and its application to research-front and other core documents. *Journal of informetrics*, 1(4), 287-307.

Jensen, J. P., Prendeville, S. M., Bocken, N. M., & Peck, D. (2019). Creating sustainable value through remanufacturing: Three industry cases. *Journal of Cleaner Production*, 218, 304-314.

Jeswani, H. K., Azapagic, A., Schepelmann, P., & Ritthoff, M. (2010). Options for broadening and deepening the LCA approaches. *Journal of Cleaner Production*, 18(2), 120-127.

Jiang, M., Behrens, P., Wang, T., Tang, Z., Yu, Y., Chen, D., ... & Zhu, B. (2019). Provincial and sector-level material footprints in China. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(52), 26484-26490.

Jonker, J., & Pennink, B. (2010). The essence of research methodology: A concise guide for master and PhD students in management science. *Springer Science & Business Media*.

Joustra, D. J., de Jong, E., & Engelaer, F. (2013). Guided Choices towards a Circular Business Model. *Project C2C Bizz*.

Kallio, H., Pietilä, A. M., Johnson, M., & Kangasniemi, M. (2016). Systematic methodological review: developing a framework for a qualitative semi-structured interview guide. *Journal of advanced nursing*, 72(12), 2954-2965.

Karayilan, S., Yılmaz, Ö., Uysal, Ç., & Naneci, S. (2021). Prospective evaluation of circular economy practices within plastic packaging value chain through optimization of life cycle impacts and circularity. *Resources, Conservation and Recycling*, 173, 105691.

Kardung, M., Cingiz, K., Costenoble, O., Delahaye, R., Heijman, W., Lovrić, M., ... & Zhu, B. X. (2021). Development of the circular bioeconomy: Drivers and indicators. *Sustainability*, 13(1), 413.

Kirchherr, J., Reike, D., & Hekkert, M. (2017). Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, conservation and recycling*, 127, 221-232.

Kitto, S. C., Chesters, J., & Grbich, C. (2008). Quality in qualitative research. *Medical journal of Australia*, 188(4), 243-246.

Krajnc, D., & Glavič, P. (2003). Indicators of sustainable production. *Clean technologies and environmental policy*, 5(3), 279-288.

Kraus, S., Jones, P., Kailer, N., Weinmann, A., Chaparro-Banegas, N., & Roig-Tierno, N. (2021). Digital transformation: An overview of the current state of the art of research. *Sage Open*, 11(3), 21582440211047576.

Krausmann, F., Wiedenhofer, D., Lauk, C., Haas, W., Tanikawa, H., Fishman, T., ... & Haberl, H. (2017). Global socioeconomic material stocks rise 23-fold over the 20th century and require half of annual resource use. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(8), 1880-1885.

Kravchenko, M., McAloone, T. C., & Pigosso, D. C. (2019). Implications of developing a tool for sustainability screening of circular economy initiatives. *Procedia Cirp*, 80, 625-630.

Kravchenko, M., Pigosso, D. C., & McAloone, T. C. (2020). A procedure to support systematic selection of leading indicators for sustainability performance measurement of circular economy initiatives. *Sustainability*, 12(3), 951.

Kristensen, H. S., & Mosgaard, M. A. (2020). A review of micro level indicators for a circular economy—moving away from the three dimensions of sustainability?. *Journal of Cleaner Production*, 243, 118531.

Kuzma, E. L., Sehnem, S., de Sousa Jabbour, A. B. L., & Campos, L. M. (2021). Circular economy indicators and levels of innovation: an innovative systematic literature review. *International Journal of Productivity and Performance Management*.

Lee, Y., Hu, J., & Lim, M. K. (2021). Maximising the circular economy and sustainability outcomes: An end-of-life tyre recycling outlets selection model. *International Journal of Production Economics*, 232, 107965.

Lei, S., & Yi, Q. (2004). Strategy and mechanism study for promotion of circular economy in China. *Chinese Journal of Population Resources and Environment*, 2(1), 5-8.

Lewis Chen, J., & Liu, C. C. (2001). An eco-innovative design approach incorporating the TRIZ method without contradiction analysis. *The Journal of Sustainable Product Design*, 1(4), 263-272.

Lieder, M., & Rashid, A. (2016). Towards circular economy implementation: a comprehensive review in context of manufacturing industry. *Journal of cleaner production*, 115, 36-51.

Lifset, R., & Graedel, T. E. (2002). Industrial ecology: goals and definitions. *A handbook of industrial ecology*, 3-15.

Linder, M., Sarasini, S., & van Loon, P. (2017). A metric for quantifying product-level circularity. *Journal of Industrial Ecology*, 21(3), 545-558.

Linder, M., & Williander, M. (2017). Circular business model innovation: inherent uncertainties. *Business strategy and the environment*, 26(2), 182-196.

La Economía Circular en las organizaciones: estrategias e indicadores. Un análisis comparativo de casos

Linser, S., & Lier, M. (2020). The contribution of sustainable development goals and forest-related indicators to national bioeconomy progress monitoring. *Sustainability*, 12(7), 2898.

Liu, Z., Geng, Y., Wang, H., Sun, L., Ma, Z., Tian, X., & Yu, X. (2015). Emergy-based comparative analysis of energy intensity in different industrial systems. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(23), 18687-18698.

Liu, Z., Wang, Y., Geng, Y., Li, R., Dong, H., Xue, B., ... & Wang, S. (2019). Toward sustainable crop production in China: An emergy-based evaluation. *Journal of Cleaner Production*, 206, 11-26.

Locke, E. A., & Latham, G. P. (2012). Goal setting theory. In *Motivation: Theory and research* (pp. 23-40). *Routledge*.

Lopez-Rubio, P., Roig-Tierno, N., & Mas-Verdu, F. (2022). Assessing the origins, evolution and prospects of national innovation systems. *Journal of the Knowledge Economy*, 13(1), 161-184.

López-Rubio, P., Roig-Tierno, N., & Mas-Tur, A. (2021). Mapping trending topics and leading producers in innovation policy research.

Lu, T., & Halog, A. (2020). Towards better life cycle assessment and circular economy: on recent studies on interrelationships among environmental sustainability, food systems and diet. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 27(6), 515-523.

Ma, S. H., Wen, Z. G., Chen, J. N., & Wen, Z. C. (2014). Mode of circular economy in China's iron and steel industry: a case study in Wu'an city. *Journal of Cleaner Production*, 64, 505-512.

MacArthur, E. (2014, January). Towards the circular economy: Accelerating the scale-up across global supply chains. *In World Economic Forum*.

MacArthur, E. (2013). Towards the circular economy, economic and business rationale for an accelerated transition. *Ellen MacArthur Foundation: Cowes, UK*, 21-34.

Marshall III, J. M. (2005). *Walking with grandfather: The wisdom of Lakota elders*. Sounds True.

Marshall, C., & Rossman, G. B. (2014). *Designing qualitative research*. *Sage publications*.

Martinho, V. D., & Mourão, P. R. (2020). Circular economy and economic development in the European Union: a review and bibliometric analysis. *Sustainability*, 12(18), 7767.

Martinho, V. J. P. D. (2021). Insights into circular economy indicators: Emphasizing dimensions of sustainability. *Environmental and Sustainability Indicators*, 10, 100119.

Mas-Verdu, F., Garcia-Alvarez-Coque, J. M., Nieto-Aleman, P. A., & Roig-Tierno, N. (2021). A systematic mapping review of European Political Science. *European Political Science*, 20(1), 85-104.

Mayer, A., Haas, W., Wiedenhofer, D., Krausmann, F., Nuss, P., & Blengini, G. A. (2019). Measuring progress towards a circular economy: a monitoring framework for economy-wide material loop closing in the EU28. *Journal of industrial ecology*, 23(1), 62-76.

Mazur-Wierzbicka, E. (2021). Circular economy: advancement of European Union countries. *Environmental Sciences Europe*, 33(1), 1-15.

Mazur-Wierzbicka, E. (2021). Towards circular economy—A comparative analysis of the countries of the European Union. *Resources*, 10(5), 49.

McBurney, M. K., & Novak, P. L. (2002, September). What is bibliometrics and why should you care?. In *Proceedings. IEEE international professional communication conference* (pp. 108-114). IEEE.

McDowall, W., Geng, Y., Huang, B., Barteková, E., Bleischwitz, R., Türkeli, S., ... & Doménech, T. (2017). Circular economy policies in China and Europe. *Journal of Industrial Ecology*, 21(3), 651-661.

Melece, L. (2016). Challenges and opportunities of circular economy and green economy. *Engineering for Rural Development*, 25, 1162-1169.

Mendoza, J. M. F., Sharmina, M., Gallego-Schmid, A., Heyes, G., & Azapagic, A. (2017). Integrating backcasting and eco-design for the circular economy: The BECE framework. *Journal of Industrial Ecology*, 21(3), 526-544.

Merigó, J. M., Rocafort, A., & Aznar-Alarcón, J. P. (2016). Bibliometric overview of business & economics research. *Journal of Business Economics and Management*, 17(3), 397-413.

Mesa, J., Esparragoza, I., & Maury, H. (2018). Developing a set of sustainability indicators for product families based on the circular economy model. *Journal of cleaner production*, 196, 1429-1442.

Mesa, J., González-Quiroga, A., & Maury, H. (2020). Developing an indicator for material selection based on durability and environmental footprint: A Circular Economy perspective. *Resources, Conservation and Recycling*, 160, 104887.

Mishra, S., Singh, S. P., Johansen, J., Cheng, Y., & Farooq, S. (2018). Evaluating indicators for international manufacturing network under circular economy. *Management Decision*.

Molina-Moreno, V., Leyva-Díaz, J. C., Llorens-Montes, F. J., & Cortés-García, F. J. (2017). Design of indicators of circular economy as instruments for the evaluation of sustainability and efficiency in wastewater from pig farming industry. *Water*, 9(9), 653.

La Economía Circular en las organizaciones: estrategias e indicadores. Un análisis comparativo de casos

Molina-Sánchez, E., Leyva-Díaz, J. C., Cortés-García, F. J., & Molina-Moreno, V. (2018). Proposal of sustainability indicators for the waste management from the paper industry within the circular economy model. *Water*, 10(8), 1014.

Moraga, G., Huysveld, S., Mathieux, F., Blengini, G. A., Alaerts, L., Van Acker, K., ... & Dewulf, J. (2019). Circular economy indicators: What do they measure?. *Resources, Conservation and Recycling*, 146, 452-461.

Moraga, G., Huysveld, S., De Meester, S., & Dewulf, J. (2021). Development of circularity indicators based on the in-use occupation of materials. *Journal of Cleaner Production*, 279, 123889.

Moreau, V., Sahakian, M., Van Griethuysen, P., & Vuille, F. (2017). Coming full circle: why social and institutional dimensions matter for the circular economy. *Journal of Industrial Ecology*, 21(3), 497-506.

Moriguchi, Y., & Hashimoto, S. (2016). Material flow analysis and waste management. *Taking stock of industrial ecology*, 247-262.

Muradin, M., & Foltynowicz, Z. (2019). The circular economy in the standardized management system. *Amfiteatru Economic*, 21(13 (Special Issue)).

Murray, A., Skene, K., & Haynes, K. (2017). The circular economy: an interdisciplinary exploration of the concept and application in a global context. *Journal of business ethics*, 140(3), 369-380.

Naustdalslid, J. (2014). Circular economy in China—the environmental dimension of the harmonious society. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 21(4), 303-313.

Negri, M., Neri, A., Cagno, E., & Monfardini, G. (2021). Circular economy performance measurement in manufacturing firms: A systematic literature review with insights for small and medium enterprises and new adopters. *Sustainability*, 13(16), 9049.

Ngan, S. L., How, B. S., Teng, S. Y., Promentilla, M. A. B., Yatim, P., Er, A. C., & Lam, H. L. (2019). Prioritization of sustainability indicators for promoting the circular economy: The case of developing countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 111, 314-331.

Niero, M., & Hauschild, M. Z. (2017). Closing the loop for packaging: finding a framework to operationalize Circular Economy strategies. *Procedia Cirp*, 61, 685-690.

Niero, M., & Kalbar, P. P. (2019). Coupling material circularity indicators and life cycle based indicators: A proposal to advance the assessment of circular economy strategies at the product level. *Resources, Conservation and Recycling*, 140, 305-312.

Nika, C. E., Expósito, A., Kissler, J., Bertino, G., Oral, H. V., Dehghanian, K., ... & Katsou, E. (2021). Validating Circular Performance Indicators: The Interface between Circular Economy and Stakeholders. *Water*, 13(16), 2198.

Oliveira, M., Cocozza, A., Zucaro, A., Santagata, R., & Ulgiati, S. (2021). Circular economy in the agro-industry: Integrated environmental assessment of dairy products. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 148, 111314.

Padilla-Rivera, A., do Carmo, B. B. T., Arcese, G., & Merveille, N. (2021). Social circular economy indicators: Selection through fuzzy delphi method. *Sustainable Production and Consumption*, 26, 101-110.

Padilla-Rivera, A., Russo-Garrido, S., & Merveille, N. (2020). Addressing the social aspects of a circular economy: A systematic literature review. *Sustainability*, 12(19), 7912.

Pandey, D., Agrawal, M., & Pandey, J. S. (2011). Carbon footprint: current methods of estimation. *Environmental monitoring and assessment*, 178(1), 135-160.

Papageorgiou, A., Henrysson, M., Nuur, C., Sinha, R., Sundberg, C., & Vanhuysse, F. (2021). Mapping and assessing indicator-based frameworks for monitoring circular economy development at the city-level. *Sustainable Cities and Society*, 75, 103378.

Parchomenko, A., Nelen, D., Gillabel, J., & Rechberger, H. (2019). Measuring the circular economy-A Multiple Correspondence Analysis of 63 metrics. *Journal of cleaner production*, 210, 200-216.

Parisi, C., & Bekier, J. (2021). Assessing and managing the impact of COVID-19: a study of six European cities participating in a circular economy project. *Accounting, Auditing & Accountability Journal*.

Park, J. Y., & Chertow, M. R. (2014). Establishing and testing the "reuse potential" indicator for managing wastes as resources. *Journal of environmental management*, 137, 45-53.

Parmenter, D. (2015). Key performance indicators: developing, implementing, and using winning KPIs. *John Wiley & Sons*.

Pauliuk, S. (2018). Critical appraisal of the circular economy standard BS 8001: 2017 and a dashboard of quantitative system indicators for its implementation in organizations. *Resources, Conservation and Recycling*, 129, 81-92.

Pauliuk, S., Arvesen, A., Stadler, K., & Hertwich, E. G. (2017). Industrial ecology in integrated assessment models. *Nature Climate Change*, 7(1), 13-20.

Pinjing, H., Fan, L., Hua, Z., & Liming, S. (2013). Reference to the circular economy as a guiding principle. *Waste as a Resource*, 37, 144.

Polit, D. F., & Beck, C. T. (2010). Generalization in quantitative and qualitative research: Myths and strategies. *International journal of nursing studies*, 47(11), 1451-1458.

Pollaro, N., Santagata, R., & Ulgiati, S. (2020). Sustainability evaluation of sheep and goat rearing in Southern Italy. A life cycle cost/benefit assessment. *Journal of Environmental Accounting and Management*, 8(3), 229-242.

La Economía Circular en las organizaciones: estrategias e indicadores. Un análisis comparativo de casos

Pontes, A. T., & Angelo, A. C. M. (2019) Use of life cycle assessment in the context of circular economy: a literature review.

Poponi, S., Arcese, G., Pacchera, F., & Martucci, O. (2022). Evaluating the transition to the circular economy in the agri-food sector: Selection of indicators. *Resources, Conservation and Recycling*, 176, 105916.

Preston, F. (2012). A global redesign? Shaping the circular economy.

Ranga, M., & Etzkowitz, H. (2015). Triple Helix systems: an analytical framework for innovation policy and practice in the Knowledge Society. *Entrepreneurship and knowledge exchange*, 117-158.

Raucci, D., & Tarquinio, L. (2020). Sustainability performance indicators and non-financial information reporting. Evidence from the Italian case. *Administrative Sciences*, 10(1), 13.

Rebitzer, G., Ekvall, T., Frischknecht, R., Hunkeler, D., Norris, G., Rydberg, T., ... & Pennington, D. W. (2004). Life cycle assessment: Part 1: Framework, goal and scope definition.

Reinecke, J., Arnold, D. G., & Palazzo, G. (2016). Qualitative methods in business ethics, corporate responsibility, and sustainability research. *Business Ethics Quarterly*, 26(4), xiii-xxii.

Reuter, M. A. (2016). Digitalizing the circular economy. *Metallurgical and Materials transactions B*, 47(6), 3194-3220.

Rigamonti, L., & Mancini, E. (2021). Life cycle assessment and circularity indicators. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 26(10), 1937-1942.

Rigamonti, L., Falbo, A., Zampori, L., & Sala, S. (2017). Supporting a transition towards sustainable circular economy: sensitivity analysis for the interpretation of LCA for the recovery of electric and electronic waste. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 22(8), 1278-1287.

Rincón-Moreno, J., Ormazábal, M., Álvarez, M. J., & Jaca, C. (2021). Advancing circular economy performance indicators and their application in Spanish companies. *Journal of Cleaner Production*, 279, 123605.

Robert, N., Giuntoli, J., Araujo, R., Avraamides, M., Balzi, E., Barredo, J. I., ... & Mubareka, S. (2020). Development of a bioeconomy monitoring framework for the European Union: An integrative and collaborative approach. *New biotechnology*, 59, 10-19.

Rodrigues, M., & Franco, M. (2021). The role of citizens and transformation of energy, water, and waste infrastructure for an intelligent, sustainable environment in cities. *Smart and Sustainable Built Environment*.

Rodriguez-Anton, J. M., Rubio-Andrada, L., Celemín-Pedroche, M. S., & Alonso-Almeida, M. D. M. (2019). Analysis of the relations between circular economy and

sustainable development goals. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 26(8), 708-720.

Ruiz-Real, J. L., Uribe-Toril, J., De Pablo Valenciano, J., & Gázquez-Abad, J. C. (2018). Worldwide research on circular economy and environment: A bibliometric analysis. *International journal of environmental research and public health*, 15(12), 2699.

Saavedra, Y. M., Iritani, D. R., Pavan, A. L., & Ometto, A. R. (2018). Theoretical contribution of industrial ecology to circular economy. *Journal of cleaner production*, 170, 1514-1522.

Saidani, M., Yannou, B., Leroy, Y., & Cluzel, F. (2017, August). Hybrid top-down and bottom-up framework to measure products' circularity performance. *In International Conference on Engineering Design*, ICED 17.

Saidani, M., Yannou, B., Leroy, Y., Cluzel, F., & Kendall, A. (2019). A taxonomy of circular economy indicators. *Journal of Cleaner Production*, 207, 542-559.

Salguero-Puerta, L., Leyva-Díaz, J. C., Cortés-García, F. J., & Molina-Moreno, V. (2019). Sustainability indicators concerning waste management for implementation of the circular economy model on the University of Lome (Togo) Campus. *International journal of environmental research and public health*, 16(12), 2234.

Sánchez-Ortiz, J., Rodríguez-Cornejo, V., Del Río-Sánchez, R., & García-Valderrama, T. (2020). Indicators to measure efficiency in circular economies. *Sustainability*, 12(11), 4483.

Santagata, R., Zucaro, A., Viglia, S., Ripa, M., Tian, X., & Ulgiati, S. (2020). Assessing the sustainability of urban eco-systems through Emergy-based circular economy indicators. *Ecological indicators*, 109, 105859.

Sauve, G., & Van Acker, K. (2021). Integrating life cycle assessment (LCA) and quantitative risk assessment (QRA) to address model uncertainties: defining a landfill reference case under varying environmental and engineering conditions. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 26(3), 591-603.

Scarpellini, S. (2022). Social impacts of a circular business model: An approach from a sustainability accounting and reporting perspective. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 29(3), 646-656.

Scarpellini, S., Portillo-Tarragona, P., Aranda-Usón, A., & Llena-Macarulla, F. (2019). Definition and measurement of the circular economy's regional impact. *Journal of Environmental Planning and Management*, 62(13), 2211-2237.

Scarpellini, S., Valero-Gil, J., Moneva, J. M., & Andraus, M. (2020). Environmental management capabilities for a "circular eco-innovation". *Business Strategy and the Environment*, 29(5), 1850-1864.

La Economía Circular en las organizaciones: estrategias e indicadores. Un análisis comparativo de casos

Schaubroeck, T., Gibon, T., Igos, E., & Benetto, E. (2021). Sustainability assessment of circular economy over time: Modelling of finite and variable loops & impact distribution among related products. *Resources, Conservation and Recycling*, 168, 105319.

Schiller, G., Lützkendorf, T., Gruhler, K., Lehmann, I., Mörmann, K., Knappe, F., & Muchow, N. (2019, June). Material Flows In Buildings' Life Cycle And Regions–Material Inventories To Support Planning Towards Circular Economy. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 290, No. 1, p. 012031). IOP Publishing.

Scholz, R. (2007). Assessment of land use impacts on the natural environment. Part 1: an analytical framework for pure land occupation and land use change (8 pp). *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 12(1), 16-23.

Sehnem, S., Pandolfi, A., & Gomes, C. (2019). Is sustainability a driver of the circular economy?. *Social Responsibility Journal*.

Sendra, C., Gabarrell, X., & Vicent, T. (2007). Material flow analysis adapted to an industrial area. *Journal of Cleaner Production*, 15(17), 1706-1715.

Shakir, M. (2002). The selection of case studies: strategies and their applications to IS implementation case studies.

Shen, K. W., Li, L., & Wang, J. Q. (2020). Circular economy model for recycling waste resources under government participation: a case study in industrial waste water circulation in China. *Technological and Economic Development of Economy*, 26(1), 21-47.

Shin, K. R., Kim, M. Y., & Chung, S. E. (2009). Methods and strategies utilized in published qualitative research. *Qualitative health research*, 19(6), 850-858.

Sillanpää, M., & Ncibi, C. (2019). The circular economy: case studies about the transition from the linear economy. *Academic Press*.

Silvestri, F., Spigarelli, F., & Tassinari, M. (2020). Regional development of Circular Economy in the European Union: A multidimensional analysis. *Journal of Cleaner Production*, 255, 120218.

Singh, J., & Ordoñez, I. (2016). Resource recovery from post-consumer waste: important lessons for the upcoming circular economy. *Journal of Cleaner Production*, 134, 342-353.

Small, H. (1999). Visualizing science by citation mapping. *Journal of the American society for Information Science*, 50(9), 799-813.

Smol, M., Kulczycka, J., & Avdiushchenko, A. (2017). Circular economy indicators in relation to eco-innovation in European regions. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 19(3), 669-678.

Smol, M., & Koneczna, R. (2021). Economic Indicators in Water and Wastewater Sector Contributing to a Circular Economy (CE). *Resources*, 10(12), 129.

- Snyder, H. (2019). Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. *Journal of business research*, 104, 333-339.
- Stahel, W. (2010). *The performance economy*. Springer.
- Stahel, W. (1994). The utilization-focused service economy: Resource efficiency and product-life extension. *The greening of industrial ecosystems*, 178-190.
- Su, B., Heshmati, A., Geng, Y., & Yu, X. (2013). A review of the circular economy in China: moving from rhetoric to implementation. *Journal of cleaner production*, 42, 215-227.
- Su, F., Chang, J., Li, X., Zhou, D., & Xue, B. (2021). Urban Circular Economy in China: A Review Based on Chinese Literature Studies. *Complexity*, 2021.
- Sverko Grdic, Z., Krstinic Nizic, M., & Rudan, E. (2020). Circular economy concept in the context of economic development in EU countries. *Sustainability*, 12(7), 3060.
- Tellis, W. (1997). Application of a case study methodology. *The qualitative report*, 3(3), 1-19.
- Thomas, J. S., & Birat, J. P. (2013). Methodologies to measure the sustainability of materials—focus on recycling aspects. *Metallurgical Research & Technology*, 110(1), 3-16.
- Tranfield, D., Denyer, D., & Smart, P. (2003). Towards a methodology for developing evidence-informed management knowledge by means of systematic review. *British journal of management*, 14(3), 207-222.
- Trollman, H., Colwill, J., & Jagtap, S. (2021). A circularity indicator tool for measuring the ecological embeddedness of manufacturing. *Sustainability*, 13(16), 8773.
- Tsai, F. M., Bui, T. D., Tseng, M. L., Lim, M. K., & Hu, J. (2020). Municipal solid waste management in a circular economy: A data-driven bibliometric analysis. *Journal of cleaner production*, 275, 124132.
- Tseng, M. L., Tan, R. R., Chiu, A. S., Chien, C. F., & Kuo, T. C. (2018). Circular economy meets industry 4.0: Can big data drive industrial symbiosis?. *Resources, conservation, and recycling*, 131, 146-147.
- Tseng, M. L., Tran, T. P. T., Ha, H. M., Bui, T. D., & Lim, M. K. (2021). Sustainable industrial and operation engineering trends and challenges Toward Industry 4.0: A data driven analysis. *Journal of Industrial and Production Engineering*, 38(8), 581-598.
- Türkeli, S., Kemp, R., Huang, B., Bleischwitz, R., & McDowall, W. (2018). Circular economy scientific knowledge in the European Union and China: A bibliometric, network and survey analysis (2006–2016). *Journal of cleaner production*, 197, 1244-1261.
- Üsas, J., Balezentis, T., & Streimikiene, D. (2021). Development and integrated assessment of the circular economy in the European Union: the outranking approach. *Journal of Enterprise Information Management*, (ahead-of-print).

Van Eck, N. J. V., & Waltman, L. (2007). VOS: A new method for visualizing similarities between objects. In *Advances in data analysis* (pp. 299-306). Springer, Berlin, Heidelberg.

Van Eck, N., & Waltman, L. (2010). Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics*, 84(2), 523-538.

Van Eck, N. J., & Waltman, L. (2013). VOSviewer manual. *Leiden: Univeriteit Leiden*, 1(1), 1-53.

Viedma-Del-Jesus, M. I., Perakakis, P., Muñoz, M. Á., López-Herrera, A. G., & Vila, J. (2011). Sketching the first 45 years of the journal *Psychophysiology* (1964–2008): A co-word-based analysis. *Psychophysiology*, 48(8), 1029-1036.

Vinante, C., Sacco, P., Orzes, G., & Borgianni, Y. (2021). Circular economy metrics: Literature review and company-level classification framework. *Journal of cleaner production*, 288, 125090.

Vuță, M., Vuță, M., Enciu, A., & Cioacă, S. I. (2018). Assessment of the circular economy's impact in the EU economic growth. *Amfiteatru Economic*, 20(48), 248-261.

Wang, P., Jiang, Z. Y., Geng, X. Y., & Hao, S. Y. (2013). Dynamic material flow analysis of steel resources in China based on circular economy theory. In *Advanced Materials Research* (Vol. 813, pp. 64-71). Trans Tech Publications Ltd.

Wang, S. (2015). Study on Province-Wide Evaluation Index System of Energy-Saving and Emission-Reduction in China. In *Advanced Materials Research* (Vol. 1092, pp. 1616-1619). Trans Tech Publications Ltd.

Webster, J., & Watson, R. T. (2002). Analyzing the past to prepare for the future: Writing a literature review. *MIS quarterly*, xiii-xxiii.

Wengraf, T. (2001). *Qualitative research interviewing: Biographic narrative and semi-structured methods*. sage.

Wendling, Z. A., Emerson, J. W., de Sherbinin, A., Esty, D. C., Hoving, K., Ospina, C. D., ... & Schreck, M. (2020). Environmental performance index. New Haven, CT: Yale Center for Environmental Law And Policy. epi. yale. edu.

Wiedenhofer, D., Fishman, T., Lauk, C., Haas, W., & Krausmann, F. (2019). Integrating material stock dynamics into economy-wide material flow accounting: concepts, modelling, and global application for 1900–2050. *Ecological economics*, 156, 121-133.

Wieland, H., Lenzen, M., Geschke, A., Fry, J., Wiedenhofer, D., Eisenmenger, N., ... & Giljum, S. (2021). The PIOLab: Building global physical input–output tables in a virtual laboratory. *Journal of Industrial Ecology*.

Winans, K., Kendall, A., & Deng, H. (2017). The history and current applications of the circular economy concept. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 68, 825-833.

Winkler, H. (2011). Closed-loop production systems—A sustainable supply chain approach. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 4(3), 243-246.

Wu, H., Fan, W., & Lu, J. (2021). Researching on the sustainability of transportation industry based on a coupled energy and system dynamics model: a case study of Qinghai. *Sustainability*, 13(12), 6804.

Wu, J., Lv, L., Sun, J., & Ji, X. (2015). A comprehensive analysis of China's regional energy saving and emission reduction efficiency: from production and treatment perspectives. *Energy Policy*, 84, 166-176.

Xue, B., Chen, X. P., Geng, Y., Guo, X. J., Lu, C. P., Zhang, Z. L., & Lu, C. Y. (2010). Survey of officials' awareness on circular economy development in China: Based on municipal and county level. *Resources, Conservation and Recycling*, 54(12), 1296-1302.

Yadav, G., Mangla, S. K., Bhattacharya, A., & Luthra, S. (2020). Exploring indicators of circular economy adoption framework through a hybrid decision support approach. *Journal of Cleaner Production*, 277, 124186.

Yang, T., Ren, Y., Shi, L., & Wang, G. (2018). The circular transformation of chemical industrial parks: An integrated evaluation framework and 20 cases in China. *Journal of Cleaner Production*, 196, 763-772.

Yang, Y. B., & Sun, L. W. (2012). Energy Consumption, Resource Utilization and Environmental Protection in Beijing-Practice and Challenges. *In Advanced Materials Research* (Vol. 524, pp. 3618-3625). Trans Tech Publications Ltd.

Yin, R. K. (2012). Case study methods.

Yong, R. (2007). The circular economy in China. *Journal of material cycles and waste management*, 9(2), 121-129.

Yu, X., Geng, Y., Dong, H., Fujita, T., & Liu, Z. (2016). Energy-based sustainability assessment on natural resource utilization in 30 Chinese provinces. *Journal of Cleaner Production*, 133, 18-27.

Zainal, Z. (2007). Case study as a research method. *JurnalKemanusiaan*, 9, 1-6.

Anexos

Anexos

ANEXO I-SÍNTESIS DE LAS ENTREVISTAS REALIZADAS A LAS ORGANIZACIONES

Tal y como se describe en el Capítulo 3, las entrevistas se han definido y realizado siguiendo la estructura de entrevista semiestructurada. Debido a la situación de COVID-19, durante el proceso de realización de las entrevistas, se han realizado por teléfono o utilizando la herramienta de comunicación online TEAMS o skype. Los entrevistados han respondido a las preguntas basándose en su experiencia organizativa en el campo de la EC y sus propios antecedentes y experiencia. Algunas de las entrevistas (AIT, UHO, GREENCYCLE, RINA) se llevaron a cabo en inglés y se han traducido. Las principales ideas e información proporcionada se sintetizan en este anexo.

Caso 1 AIMPLAS [Asociación de investigación de materiales plásticos y conexas]

AIMPLAS inició sus contactos con la EC en 2016 a través del proyecto europeo financiado URBANREC. A nivel técnico se realizaron aproximaciones a la EC

previamente a través del ecodiseño y las iniciativas de gestión y valorización de residuos.

Los proyectos financiados europeos han resultado clave para investigar, aplicar y transferir estrategias de EC al sector industrial.

Se aplican estrategias de EC a dos niveles; 1) a nivel de investigación a través de proyectos financiados europeos, nacionales o regionales y en servicios y contratos directos con empresas, 2) a nivel de organización interna con comités y líneas de investigación específicas, e-books para ayudar a las empresas, realizando diagnósticos del nivel de implementación del concepto de EC en las empresas.

Dentro de las líneas de investigación, se destacan las dedicadas al reciclado mecánico y químico, uso y captura de CO₂, materiales de fuentes renovables, materiales con fin de vida circular.

Se comenta que, para maximizar la aplicación de la EC, se debe involucrar a todos los actores de la cadena de valor, especialmente en los flujos de materiales. Las estrategias de EC deben ser accesibles y sencillas.

A nivel de impactos positivos para la organización, se relata que se alcanzan impactos económicos en forma de nuevos ingresos (mayor número de proyectos colaborativos y asesoramiento tecnológico para las empresas).

Se trasfiere a las empresas que gracias a la aplicación del concepto de EC que se define desde la etapa de diseño pueden reducirse el uso de recursos desde el principio hasta el final de la cadena de valor. Con una aplicación rigurosa, la EC puede resultar una etiqueta comercializable y atractiva.

COVID-19 ha ocasionado la pérdida de oportunidades en la implementación de las estrategias de la EC por la falta de interacciones cara a cara y visitas a las plantas piloto.

A nivel económico se ha comentado que el marco de tiempo (corto o largo plazo) tiene unas implicaciones diferentes. A modo de ejemplo, a corto plazo, la legislación de plásticos de un solo uso ha precipitado que a corto plazo las empresas adapten sus instalaciones y necesiten incrementar sus inversiones. A largo

plazo, dichas empresas reducirán los recursos empleados (materiales, consumo de energía).

Se describe como desafío que las empresas estén realmente comprometidas con el concepto de EC, siendo parte de su misión. Se detecta un cambio de comportamiento: conciencia más ecológica por parte de las empresas.

Se destaca la legislación (a modo de ejemplo, la Estrategia Europea para los Plásticos en una Economía Circular <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1516265440535&uri=COM:2018:28:FIN>) como factor clave para avanzar en la implementación de la EC así como involucrar a toda la cadena de valor es clave para alcanzar incluyendo a la ciudadanía.

Respecto a los beneficios económicos derivados de la aplicación del enfoque EC se destaca la mejora del posicionamiento de la empresa.

Cada proyecto está siguiendo una estrategia de EC en función de su desafío: se necesita un diagnóstico y/o un estado del arte y de la técnica. Por ejemplo: cambio de materiales, ecodiseño, estrategias de fin de vida y gestión de residuos (reciclaje químico y/o mecánico), simbiosis industrial.

Existen indicadores internos para medir el impacto que AIMPLAS está generando en sus empresas asociadas y socios, así como su éxito en los proyectos, evaluaciones técnicas y servicios de EC. Además, se revisan las líneas de investigación relacionadas con la EC. De ese modo, se tiene la visión general de cómo AIMPLAS impacta en las empresas a través de su enfoque de economía circular: ingresos, intereses.

En los proyectos específicos financiados, existen indicadores ambientales que no se refieren específicamente a la EC, se centran en la sostenibilidad en general (emisiones de GEI, consumo de energía, etc).

En todos los proyectos europeos financiados se realizan LCA, SLCA y LCC. LCA es una medida clave para el monitoreo de la sostenibilidad ambiental debido a que analiza el producto/proceso desde la cuna hasta la tumba. Para algunos proyectos, es difícil medir todos los procesos y simular las condiciones reales.

Podría ser interesante definir un indicador homogéneo para medir el progreso de la EC y hacer comparativas entre los proyectos de I+D+i. Un indicador homogéneo o estándar de la aplicación de la EC ayudaría a saber cómo estamos aplicando las estrategias de la EC y poder compararnos con otras instituciones de Investigación y conocer nuestra evolución.

Personas entrevistadas: Líder del grupo de reciclado mecánico; líder del grupo de reciclado químico.

Fecha: 15/12/2021

Caso 2 AIT [Athlone Institute of Technology]

AIT se familiarizó con el concepto de EC en 2018 pero llevaban aplicando estrategias de reciclabilidad desde 2008.

Se aplican estrategias de EC a dos niveles; 1) a nivel de investigación a través de proyectos financiados europeos o nacionales, 2) a nivel de organización interna con iniciativas que involucran a los estudiantes tales como recolección de botellas de PET para su posterior valorización (la empresa que recibe la botellas, financia proyectos de los estudiantes <https://www.ait.ie/news-and-events/news/banking-on-bottles-ait-debuts-pet-recycling-scheme>). Se comenta que al involucrar a investigadores, profesores y alumnos en 1) y 2) se visibiliza el valor de la EC y se conecta con una gran comunidad de personas que son usuarios finales.

Los casos de éxito han focalizado sus esfuerzos en biotecnología, tecnologías verdes y materiales.

A nivel de impactos positivos para la organización, se describe que la EC motiva a trabajar por un fin común y permite plantear soluciones para solventar crisis a nivel global tales como el cambio climático, la contaminación de los materiales plásticos o el COVID-19.

COVID-19 ha derivado en algunas conclusiones positivas tales como la conexión de la ciudadanía con la ciencia, poniendo en valor el trabajo que se realiza. En ese sentido, puede contribuir a reforzar la necesidad de trabajar hacia una transición completa de la EC.

Por otro lado, COVID-19 ha contribuido negativamente al aumento del consumo de los plásticos de un solo uso y de los embalajes. Y algunas empresas han aprovechado la coyuntura para priorizar otros aspectos más lucrativos frente a la sostenibilidad.

Se considera que la EC se encuentra en un estado inicial y queda mucho camino por recorrer. Se destaca que la implicación de todos los actores de la cadena de valor priorizará el potencial y beneficio de las estrategias de EC en lugar de su coste.

Los desafíos más relevantes la falta de casos de negocio totalmente circulares transparentes y accesibles, la falta de formación en el sector industrial y en la administración, la falta de conexión entre todos los actores de la cadena de valor, el desinterés por parte de los usuarios finales.

La existencia de un beneficio económico derivado de la aplicación de las estrategias de EC se destaca como factor clave.

No se miden las estrategias de EC. En los Proyectos financiados europeos se miden algunos parámetros medioambientales o se aplica el LCA, LCC o SLCA.

Personas entrevistadas: Investigadora principal, profesora y coordinadora de proyectos de la UE.

Fecha: 30/09/2020

Caso 3 UHO [University of Hohenheim]

UHO se familiarizó con el concepto de EC en 2012 tomando como objetivo alcanzar una tasa de residuos cero.

Se identificaron las zonas rurales como nichos de aplicación de tecnologías de ingeniería química para introducir la EC y así reducir el consumo energético.

La falta de infraestructuras y equipamiento constituye una barrera de entrada para las estrategias de EC.

COVID-19 afectó a los canales de comunicación tradicionales. A modo de ejemplo, se concluyó que era necesario reforzar la comunicación con las industrias y los agricultores.

Respecto a las lecciones aprendidas: El enfoque de centrarse no solo en la investigación fundamental sino también en las demandas del mercado, abrió un amplio campo de aplicación como por ejemplo trabajar con diversas fuentes de biomasa.

Las inversiones que deben realizar las empresas para alcanzar los objetivos de la EC, implican un riesgo por su novedosa adquisición y manejo de tecnología. Por ejemplo, en el sector de las biorefinerías es necesario realizar altas inversiones para la adquisición de equipos.

Se identifican desafíos para implementar la EC tales como: el tratamiento de biomasa heterogéneas en la misma planta para centralizar el sistema y adquirir datos reales y precisos o la falta de conexiones, capacidad de innovación e infraestructuras entre pequeñas plantas de producción o empresas regionales.

Las ONG, los políticos y los usuarios finales juegan un papel clave para aprovechar las oportunidades en la EC. La percepción del usuario final sobre la EC a veces no es clara o entendible. A modo de ejemplo, el usuario final no percibe las mejoras en términos de sostenibilidad de productos intermedios empleados en la manufactura de un producto final (moléculas plataforma para la obtención de polímeros).

Se miden los resultados de la aplicación de las estrategias de EC en término científicos y técnicos (energía y balance de carbono).

Se emplean indicadores relacionados con el fin de vida de los productos como son la reciclabilidad, compostabilidad, biodegradabilidad y la legislación.

Se sugiere que resultaría de utilidad usar indicadores LCA & SLCA, pero sin límites: en lugar de detener el análisis en la puerta de la fábrica o del supermercado, avanzar hasta llegar al final de la vida útil del producto donde participa el usuario final.

Se percibe la falta de información sobre los impactos derivados del usuario final: tendencias que se han establecido, cambios, estrategias para informar a los ciudadanos.

Personas entrevistadas: Investigador.

Fecha: 18/09/2020

Caso 4 GREENCYCLE [Greencycle GmbH]

GREENCYCLE se familiarizó con el concepto de EC en 2009 cuando se creó la empresa, aunque al principio no se empleaba de forma directa. El foco de GREENCYCLE ha sido la conversión/reintroducción de los materiales al final de su vida útil en recursos. GREENCYCLE ha trabajado más allá del reciclado de los materiales.

Se han focalizado en cerrar círculos (*close-loop*) de recursos aplicando soluciones existentes o innovadoras siguiendo los principios de la EC.

Se comenta que resulta clave establecer una comunicación clara con los *stakeholders* y con toda la cadena de valor considerando que existen diversos niveles de responsabilidad e interés.

Los impactos positivos para GREENCYCLE derivados de la aplicación de las estrategias de la EC son la reducción de costes (a largo plazo) y la identificación de nuevas áreas de negocio.

El COVID-19 ocasionó que los proyectos que requerían presencialidad y viajes fueron retrasados.

Se describe que la aplicación de la EC está generando nuevas fuentes de ingresos y oportunidades, mejorando la responsabilidad social de la empresa, la fidelidad de los clientes y la competitividad.

Los desafíos más relevantes son la ausencia de estrategias y políticas explícitas a nivel organizacional de EC, la complejidad de la cadena de suministro, la falta de incentivos para el diseño y producción de productos con un fin de vida circular.

Se destaca que el mercado actual no está preparado para asumir el sobrecoste del diseño y producción de productos con fin de vida circular y el poco apoyo legislativo al respecto.

Se enfatiza que los factores legislativos y económicos son los más influyentes para el progreso en la aplicación del concepto de EC a nivel masivo. Se menciona la legislación sobre el porcentaje de material reciclado que se incluye en los

productos plásticos. Se comenta la importancia de involucrar a la cadena de suministro en las acciones de aplicación de estrategias de EC.

Los valores derivados de la aplicación del concepto de EC son el ahorro de costes, cumplimiento de la regulación medioambiental y la mejora de resultados medioambientales.

Actualmente GREENCYCLE mide la cantidad de residuos, materiales reciclados o materiales reintroducidos como recursos en la cadena de valor, así como consumo energético y CO₂. Se mide el progreso general de cada proyecto, pero no en particular la EC.

Se considera que la definición indicadores de la EC que considere la dimensión social, y económica enriquecería la información obtenida. Los errores identificados de la monitorización de los proyectos son la heterogeneidad de las mediciones, condiciones y personal encargado (por ejemplo, diferentes localizaciones y personal responsable) y la pérdida de información.

Personas entrevistadas: Consultora de sostenibilidad.

Fecha: 16/09/2020

Caso 5 IMECAL [Industrias Mecánicas Alcudia SA]

Imecal se familiarizó con el concepto de EC en 2007 con la creación de Perseo Biotechnology. Perseo emplea una tecnología innovadora para la transformación de los residuos orgánicos en productos comerciales de alto valor añadido como fuel o materiales para la industria química.

Perseo está basado en el concepto de EC, aunque cuando lo definieron inicialmente no eran conscientes de ello.

Se considera que los proyectos europeos financiados en los que han participado son ejemplos de casos de éxito de aplicación del concepto de EC. Por ejemplo, Urbiofin (<https://www.urbiofin.eu/>) o PERCAL (<https://www.percal-project.eu/>) en los que se demostraba la viabilidad tecno-económica y medioambiental de la transformación de residuos sólidos urbanos en bioproductos, productos biopolímeros y aditivos.

Sin embargo, con el proyecto europeo Was2Bio (<http://www.waste2bio.com/>) también centrado la transformación de residuos sólidos urbanos en bioetanol se aprendió que siempre hay margen de mejora para la eficiencia del proceso.

Se comenta que la valorización completa de los residuos es el mayor impacto positivo derivado de la aplicación de las estrategias de EC.

Las empresas de la competencia también aplican el concepto de EC ya que es el núcleo del negocio. La clave en la diferenciación está en la eficiencia de la aplicación y los resultados.

Al ser la EC una estrategia a largo plazo, el COVID-19 no les afectó por ser un negocio estable.

Resulta fundamental acceder a nuevos mercados a través de la aplicación de la EC.

Se destaca el papel limitante de la legislación que se aplica a los productos finales obtenidos a partir de residuos.

Se emplean diversos indicadores a nivel técnico, medioambiental y social. A modo de ejemplo: huella de carbono, % de conversión de residuos en productos finales y el retorno de las inversiones, competidores directos e indirectos.

Los indicadores utilizados son clave para controlar el desarrollo eficiente de la tecnología de Perseo a nivel técnico, económico y medioambiental y tomar decisiones, corregir errores y buscar nuevas oportunidades.

Se considera que la definición de un solo indicador de la EC que considere la dimensión social, económica favorecería el crecimiento en la aplicación de las estrategias de EC.

Personas entrevistadas: CEO Perseo biotechnology.

Fecha: 22/10/2020

Caso 6 RINA [RINA Consulting S.p.A.,]

La aproximación de RINA al concepto de EC se inició en 2010.

Se han aplicado estrategias de EC relacionadas con el reciclaje y la reutilización de residuos, así como la digitalización de la gestión de los residuos.

RINA describe que los avances tecnológicos permiten avanzar para alcanzar los objetivos de EC. Sin embargo, se destaca la necesidad de disponer de estándares para realizar la transición de la economía lineal a la circular, así como la implementación de incentivos.

Se considera que para impulsar la implementación de prácticas de economía circular se deben incluir las perspectivas legislativas, empresariales, sociales, técnicas económicas y normativas. Se destaca que las alianzas con todos los agentes de la cadena de valor resultan clave para apostar por la EC como motor de progreso.

RINA emplea el Análisis del ciclo de vida (ACV o LCA en inglés), el análisis de costes del ciclo de vida (LCC) y el análisis del ciclo de vida social (SLCA) como medio de monitorización de los proyectos y como argumento para aumentar la aceptación del usuario final de productos reciclados y reusados.

La implantación de las medidas de EC se realiza en los proyectos europeos financiados, en particular en los casos piloto y demostradores.

RINA no emplea indicadores para monitorizar específicamente el progreso de la EC.

Se considera que la definición de un solo indicador de la EC que considere la dimensión social, económica y ambiental del ciclo de vida del producto o proceso sería clave para favorecer el avance y obtención de estándares de EC.

Personas entrevistadas: Senior Project Manager R&D.

Fecha: 5/11/2020

Caso 7 SAV [S.A. Agricultores de la Vega de Valencia]

SAV apuesta por la biotecnología como estrategia para impulsar la EC ya que la innovación y la observación de nuevas tecnologías resultan clave para avanzar.

Se describen como casos de éxito en la organización aplicando las estrategias de EC la transformación de posos de café en compuesto de alto valor para industria alimentaria y la extracción de bioproductos de alto valor de carne y pescado, como, por ejemplo, lípidos y gelatinas.

Se considera que la EC ha aportado impactos positivos a la organización tales como una mejor imagen de marca, nuevos modelos de negocio y una mejor prestación de servicios a los clientes.

COVID 19 obligó a postponer acciones donde era necesario la participación de otros agentes de la Sociedad (Industria, ciudadanos, ayuntamientos, etc).

Se plantea la necesidad de la definición de una estrategia clara por parte de la administración para impulsar instrumentos que faciliten la aplicación de la EC a nivel económico y legislativo.

Se comenta que la visión estratégica empresarial, la presión social de la implementación de la EC y los medios económicos (inversiones, personal...) y conocimiento tecnológico son desafíos que pueden impedir la implementación de prácticas de Economía Circular.

Se destaca que las alianzas con empresas o institutos de naturaleza tecnológica y los responsables regionales o Municipales, resulta fundamentales para apostar por la EC como motor de progreso.

La EC se ha convertido en el buque insignia de la sostenibilidad empresarial aportando valores no solo medio ambientales, sino sociales y por supuesto económicos.

SAV emplea algunos indicadores relacionados con la EC tales como ejemplo, ratios de biorresiduos en comparación con los residuos totales recogidos, la rentabilidad de la bioconversión y venta frente al vertedero, los fondos europeos captados frente a la inversión en procesos de EC. En la memoria medioambiental

europea, SAV incluye indicadores tales como los consumos de recursos o emisiones GEI.

Se describe que las herramientas de ciclo de vida resultan complejas y no siempre es posible usarlas por lo que los indicadores que conlleven su uso resultan complejos para el sector no académico.

Personas entrevistadas: Coordinadora de proyectos europeos y sostenibilidad Medioambiental.

Fecha: 8/06/2021

Caso 8 COST [European Cooperation in Science and Technology]

El concepto de CE se volvió familiar cuando comenzaron los primeros programas H2020 (2014-2020) de la Comisión Europea. Durante el Séptimo Programa Marco de la Comisión Europea (2007-2013) era más habitual hablar de reciclabilidad, sostenibilidad, análisis de ciclo de vida, impacto ambiental, etc.

La entrevistada comenta que trabaja y gestiona acciones COST que tratan temas como química verde, reciclabilidad, energías renovables, materiales novedosos, sostenibilidad, ciudades inteligentes, etc. Temáticas relacionadas o parte de la EC.

Se comenta que la digitalización es uno de los factores críticos para alcanzar los objetivos de sostenibilidad en muchos sectores diferentes. Y en COST han favorecido la conectividad en línea de los participantes de COST Action para evitar los desplazamientos. Estas medidas se han visto maximizadas durante el COVID-19.

En COST siguen la estrategia bottom up por lo que no hay temáticas concretas para presentar las Acciones. Esta estrategia les permite monitorear las tendencias de investigación. Desde hace 2-3 años, han notado que las acciones enfocadas en sostenibilidad, química verde, reciclabilidad (y también economía circular) han aumentado.

Si bien el concepto de economía circular no aparece explícitamente en las Acciones COST, existen varias relacionadas cuando escribes en su navegador "economía circular". a modo de ejemplo CA19124 *Rethinking packaging for circular and sustainable food supply chains of the future*, CA18101 - *SOURDOugh biotechnology network towards novel, healthier and sustainable food and bloproCesseS*; CA17133 - *Implementing nature based solutions for creating a resourceful circular city*.

En la actualidad no se monitorizan los resultados de la EC. La entrevistada comenta que con el crecimiento de las acciones COST relacionadas con la EC, se podrá monitorizar medir su impacto.

La pandemia de COVID-19 ha afectado profundamente al programa COST, ya que se financian actividades de networking, organización de eventos, todo tipo de reuniones, escuelas de formación, visitas de corta duración, etc. Esto fue completamente interrumpido por COVID-19, sin embargo, impulsó la implementación y el uso de plataformas en línea y la digitalización para comunicarse internamente, externamente y permitir que los participantes de la Acción continuaran con sus actividades.

Se describe que la publicación de las prioridades políticas y los retos del Green Deal de la Comisión Europea, la Agenda 2030 de las Naciones Unidas y los objetivos de desarrollo sostenible contribuyen implementar la estrategia de la EC. La entrevistada comenta que los futuros programas de I+D+i en toda Europa se alinearán cada vez más con los objetivos de la EC.

Se promoverá la implementación de las estrategias de EC de una manera clara, con unos indicadores bien alineados con la estrategia Green Deal de la CE.

El impacto del programa COST en términos de presupuesto es pequeño, pero tiene la capacidad de llegar a grandes comunidades de investigadores. Actualmente cuenta con más de 45.000 investigadores de todos los países participando en unas 300 redes de todo tipo de temas de ciencia y tecnología.

COST emplea una lógica de "cadena de medición" en su modelo de impacto. A nivel de resultados, existen formas confiables de medición, como el seguimiento y los informes de acción. Estos se centran en las actividades y productos directos de las Acciones. En el nivel de los resultados a medio plazo, existen instrumentos de medición como encuestas de seguimiento, informes retrospectivos y análisis de redes, que pueden no captar toda la riqueza de los resultados, pero pueden proporcionar datos estructurados sobre ellos. Finalmente, la identificación de los impactos a largo plazo involucra la narración de historias y el análisis de rutas que brindan información relativamente no estructurada pero potencialmente muy rica sobre los efectos a largo plazo de la creación de redes de COST Action.

Personas entrevistadas: Science Officer.

Fecha: 23/04/2020

Caso 9 CVI [Consortio Valencia Interior]

El consorcio Valencia interior es una asociación cuyo rol es la gestión de los residuos. Su aproximación al concepto de EC se inició en 2008. Al ser gestores de residuos, dependen de la legislación actual tanto de la Comunidad Autónoma como a nivel nacional y europeo. Las legislaciones que mayor impacto han causado en los últimos años son el Paquete de Medidas de la EC (2015), Directivas de residuos de envases (2018) y el Impuesto al vertido (2021).

Destacan las diferencias de la gestión entre las diversas comunidades autónomas. Siendo las mejor posicionadas navarra, Guipúzcoa, Baleares y Cataluña.

Se destaca que actualmente no existen sanciones por el incumplimiento de la planificación.

La monitorización de la aplicación de la EC a nivel micro y macro tiene un impacto positivo en la sociedad. La fundación Ellen MacArthur es el referente pionero en la EC ya que le dieron la vuelta al concepto de economía sostenible.

Se destaca el Análisis del ciclo de vida (ACV o LCA en inglés) como indicador de progreso de la energía, las emisiones, los materiales. Se emplean indicadores focalizados en el reciclado efectivo (% materiales separados, % materiales recuperados). Dichos indicadores están relacionados con la circularidad.

Durante la pandemia COVID-19 disminuyó el % del material reciclado debido a la disminución del personal por el estado de alarma (se redujeron los turnos y los equipos).

Algunas de las lecciones aprendidas para contribuir a la circularidad se derivan de la eficiencia en la gestión de residuos y el apoyo político a través de legislación que contribuya a alargar el ciclo de vida del producto y la gestión sostenible a nivel técnico, económico y social del fin de vida del producto. Se comenta que la digitalización es uno de los factores esenciales para alcanzar los objetivos de EC.

Personas entrevistadas: Gerente

Fecha: 8/04/2021

Caso 10 DIVAL [Diputación de Valencia]

DIVAL es un organismo público al servicio de los municipios que inició sus contactos con la EC en 2016 a través del proyecto europeo financiado URBANREC y el proyecto LIFE Recycpack.

Se destaca la compra pública verde como tractor del uso y gestión de fin de vida de productos enmarcados dentro de la estrategia de la EC. (como por ejemplo incentivar la compra de productos reciclados, con baja huella de carbono y de proximidad).

Actualmente no disponen de un plan exclusivo de EC. Se comenta la necesidad de incluir medidas legislativas que exijan un % de materiales reciclados en los productos. Se enfatiza que la legislación es clave para avanzar en la aplicación de las estrategias de la EC. Se emplean indicadores focalizados en el reciclado efectivo (% materiales separados, % materiales recuperados). Dichos indicadores están relacionados con la circularidad.

Los beneficios positivos de la aplicación de la EC identificados son la economía local, la disminución de la huella de carbono (logística, transporte), la disminución de las noticias falsas en torno al reciclaje y la gestión de residuos.

El ciudadano como usuario final no percibe en muchas ocasiones el valor de la disminución de la huella de carbono, aprovechamiento de recursos etc. Se menciona la necesidad de realizar campañas de sensibilización. Cada municipio realiza una estrategia de recogida de residuos distinta por lo que existe heterogeneidad en la gestión del fin de vida de los productos.

Se comenta que las empresas deben estar alineadas con las prioridades ambientales de la UE y tomar acción. Es necesario que todos los actores de la cadena de valor trabajen juntos (recicladores, empresas, políticos, ciudadanos, centros de investigación y universidades).

Personas entrevistadas: Técnico del Servicio de Medio Ambiente, Diputación de Valencia.

Fecha: 15/04/2021

Caso 11 MITECO [Ministerio de transición ecológica y cambio demográfico]

La aproximación al concepto de EC se inició en 2014 a partir de que la fundación Ellen MacArthur (MacArthur, 2014) introdujera el concepto de economía circular dentro de las agendas políticas. Previamente se focalizaban las acciones en la eficiencia de los recursos.

A partir de 2015, los países geopolíticamente más estables tienen dificultades para aplicar políticas relacionadas con la EC.

En el paquete de medidas de la EC existen directivas que obligan a trasponer a los estados miembro.

Actualmente existen algunas medidas con carácter voluntario tanto para la administración como el sector productivo.

Se destaca la necesidad de trabajar de forma coordinada a nivel europeo, nacional y regional en las estrategias de EC. En España se trasladan las estrategias y legislación relativa a la EC de forma horizontal a todos los ministerios.

Se comenta que la digitalización es uno de los factores clave para alcanzar los objetivos de EC.

En relación con los datos proporcionados por Eurostat (<https://ec.europa.eu/eurostat/web/environment/overview>) España está muy bien posicionada en la eficiencia del uso de materiales, pero tiene bastante margen de mejora en la gestión de recursos.

Iniciativas como la plataforma de EC promueve el intercambio de buenas prácticas entre las empresas.

A partir del año 2015, el enfoque del concepto de la EC es más holístico, más completo ya que con anterioridad se centraban los esfuerzos en el final de la cadena de valor.

Las ecoetiquetas han resultado de utilidad a nivel de mercado para evaluar los parámetros ambientales. España junto con Francia y Alemania es el país que aporta mayor número de ecoetiquetas.

Implicar a toda la cadena de valor resulta vital para alcanzar los objetivos de la EC.

Algunas de las estrategias exitosas del MITECO son “el pacto por un EC” que incluye a 382 empresas nacionales y promueve su concienciación e implicación.

Existen tres tipos de indicadores a nivel estatal: 1) Indicadores propuestos por la Unión europea (ej gases de efecto invernadero), 2) Indicadores con carácter estadístico, 3) Indicadores de seguimiento. Dichos indicadores no dan la información completa sobre la EC.

Los indicadores existentes a nivel estadístico en muchas ocasiones no se revelan porque la información es confidencial, especialmente en sectores donde el número de empresas es reducido.

Personas entrevistadas: Consejera Técnica, Subdirección General de Economía Circular.

Fecha: 19/05/2021

ANEXO II-BIBLIOGRAFÍA EMPLEADA EN EL ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO

En el análisis bibliométrico se han considerado 958 publicaciones científicas. A continuación, a título ilustrativo, se incluyen algunas capturas de pantalla de la base de datos Web of Science y de las publicaciones analizadas:

Figura 28 Resultados obtenidos de WoS empleando los filtros “circular economy” AND “indicator”

The screenshot displays the Web of Science search interface. At the top, it shows 958 results from the Web of Science Core Collection for the query "(TS=(\"circular economy\") AND TS=(indicator))". The search filters are set to Publication Years: 2023, 2022, 2006 or 2008 or 2007 or 2009 or 2010. The results are sorted by Relevance, showing 1 of 20 items. The first three results are:

- 1 Circular Economy Evaluation Index System Design and Empirical Methods**
Zhang, X. and Jiang, G. 2011 | PROCEEDINGS OF 2011 INTERNATIONAL CONFERENCE ON PUBLIC ADMINISTRATION (TTH), VOL.1, pp.942-946
For the status quo of evaluation methods imperfect in circular economy development level, this article put forward the evaluation index system of circular economy developing level constituted by 4 categories contains resources consumption, environmental disturbance, recycling and social development and 16 indicators, reflecting the characteristic of resources recycling specialty, and ranking th ... Show more
2 Citations
8 References
- 2 The Method and Indicator System of Evaluation the Coal Industry Supportive of Circular Economy**
Zhang, C.D. and Sun, J.C. 2011 | INTERNATIONAL CONFERENCE ON MACHINE INTELLIGENCE (ICMI 2011) 2011 | 2011 INTERNATIONAL CONFERENCE ON MACHINE INTELLIGENCE (ICMI 2011), PT 2 4, pp.87-+
Based on the general statement of circular economy and the supportiveness of coal industrial circular economy, and with both internal and external factors taken into consideration, Established a set of indicator system and assessment mode on weight and scores for coal circular economy is proposed. And it could be ensures the feasibility of specific assessment of supportiveness on coal industrial ... Show more
1 Citation
2 References
- 3 DEVELOPMENT OF ENVIRONMENTAL PILLAR IN THE CONTEXT OF CIRCULAR ECONOMY ASSESSMENT: BALTIC SEA REGION CASE**
Khanlouei, M. and Zandevichiani, J. 2020 | ENTREPRENEURSHIP AND SUSTAINABILITY ISSUES # (1), pp.1209-1223
Circular Economy (CE) is an economic approach which aims to save the environment by eliminating waste and efficiently using resources by applying recycle, reuse, repair, remanufacturing and recycling strategies. The purpose of the article is to propose a concept of measurement the development of Environmental pillar in the context of Circular Economy, apply and provide empirical evidence based ... Show more
8 Citations
34 References

Figura 29 Informa de citación



Figura 30 Publicaciones y citas de las publicaciones analizadas

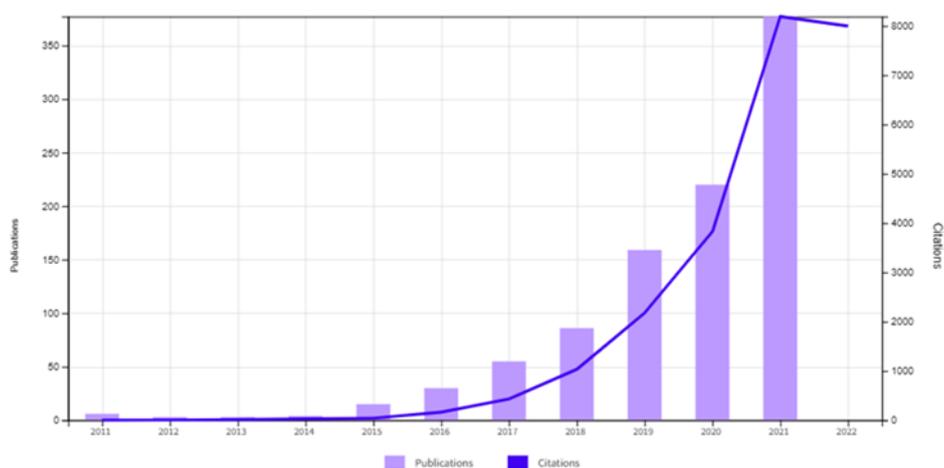


Figura 31 Listado inicial de las publicaciones analizadas

958 Publications	Sort by: Citations: highest first	< 1 of 20 >	Citations						
			< Previous year			Next year >		Average per year	Total
			2018	2019	2020	2021	2022		
Total			1,034	2,176	3,831	8,189	7,998	2,181.55	23,997
1	A review on circular economy : the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems Chisellini, P., Cialani, C. and Ulgiati, S. Feb 15 2016 JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION 114, pp.11-32		199	334	414	506	384	277.57	1,943
2	A review of the circular economy in China: moving from rhetoric to implementation Su, B., Heshmati, B. (-); Yu, X.M. Mar 2013 JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION 42, pp.215-227		71	100	113	126	112	62.1	621
3	Sustainable supply chain management and the transition towards a circular economy : Evidence and some applications Genovese, G., Acquaviva, A. (-); Koh, S.C. Jan 2017 OMEGA-INTERNATIONAL JOURNAL OF MANAGEMENT SCIENCE 66, pp.344-357		46	114	96	154	120	91.33	548
4	Towards a national circular economy indicator system in China: an evaluation and critical analysis Geng, Y.; Fan, J. (-); Yue, B. Mar 2012 JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION 23 (1), pp.216-224		53	74	74	85	48	40	440
5	Measuring circular economy strategies through index methods: A critical analysis Ella, V., Gnoni, M.G. and Tomese, F. Jan 20 2017 JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION 142, pp.2741-2751		21	42	67	104	88	54.83	329
6	Circular economy indicators : What do they measure? Mozera, G., Maravelias, S. (-); Demirel, J. Jul 2019 RESOURCES CONSERVATION AND RECYCLING 146, pp.452-461		0	13	61	126	105	76.5	306
7	A taxonomy of circular economy indicators Saidani, M., Yamnou, B. (-); Kendall, A. Jan 10 2019 JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION 207, pp.542-559		0	19	54	108	93	68.75	275

Figura 32 Artículo analizado con el mayor número de publicaciones.

A review on [circular economy](#): the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems

By: [Ghisellini, P \(Ghisellini, Patrizia\)](#)^[1]; [Cialani, C \(Cialani, Catia\)](#)^[2]; [Ulgiati, S \(Ulgiati, Sergio\)](#)^[3]; ^[4]

[View Web of Science ResearcherID and ORCID](#) (provided by Clarivate)

JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION

Volume: 114 Page: 11-32
 DOI: 10.1016/j.jclepro.2015.09.007
 Published: FEB 15 2016
 Indexed: 2016-02-15
 Document Type: Review

Abstract

In the last few years [Circular Economy](#) (CE) is receiving increasing attention worldwide as a way to overcome the current production and consumption model based on continuous growth and increasing resource throughput. By promoting the adoption of closing-the-loop production patterns within an economic system CE aims to increase the efficiency of resource use, with special focus on urban and industrial waste, to achieve a better balance and harmony between economy, environment and society. This study provides an extensive review of the literature of last two decades, with the purpose of grasping the main CE features and perspectives: origins, basic principles, advantages and disadvantages, modelling and implementation of CE at the different levels (micro, meso and macro) worldwide.

Results evidence that CE origins are mainly rooted in ecological and environmental economics and industrial ecology. In China CE is promoted as a top-down national political objective while in other areas and countries as European Union, Japan and USA it is a tool to design bottom-up environmental and waste management policies. The ultimate goal of promoting CE is the decoupling of environmental pressure from economic growth. The implementation of CE worldwide still seems in the early stages, mainly focused on recycle rather than reuse. Important results have been achieved in some activity sectors (e.g. in waste management, where large waste recycling rates are achieved in selected developed countries). CE implies the adoption of cleaner production patterns at company level, an increase of producers and consumers responsibility and awareness, the use of renewable technologies and materials (wherever possible) as well as the adoption of suitable, clear and stable policies and tools. The lesson learned from successful experiences is that the transition towards CE comes from the involvement of all actors of the society and their capacity to link and create suitable collaboration and exchange patterns. Success stories also point out the need for an economic return on investment, in order to provide suitable motivation to companies and investors. In summary, the CE transition has just started. Moreover, the interdisciplinary framework underpinning CE offers good prospects for gradual improvement of the present production and consumption models, no longer adequate because of their environmental load and social inequity, a clear [indicator](#) of resource use inefficiency. (C) 2015 Elsevier Ltd. All rights reserved.

Keywords

Author Keywords: [Circular economy](#); Resource efficiency; Reuse; Recycling; Zero waste; Sustainability

Keywords Plus: ECO-INDUSTRIAL PARK; CLEANER PRODUCTION; QUANTITATIVE ASSESSMENT; SYMBIOSIS NETWORKS; MANAGEMENT SYSTEMS; WASTE MANAGEMENT; ZERO WASTE; CHINA; SUSTAINABILITY; LEVEL

Author Information

Corresponding Address: [Ghisellini, Patrizia](#) (corresponding author)

- 1 Univ Bologna, Alma Mater Studiorum, Dept Agri Food Sci & Technol, I-40127 Bologna, Italy

Addresses:

- 1 Univ Bologna, Alma Mater Studiorum, Dept Agri Food Sci & Technol, I-40127 Bologna, Italy
- 2 Dalarna Univ, Sch Technol & Business Studies, Econ Unit, S-79188 Falun, Sweden
- 3 Parthenope Univ Naples, Dept Sci & Technol, I-80143 Naples, Italy
- 4 Beijing Normal Univ, Sch Environm, Beijing, Peoples R China

E-mail Addresses: patrizia.ghisellini@alice.it

Categories/Classification

Research Areas: Science & Technology - Other Topics; Engineering; Environmental Sciences & Ecology

Citation Topics: 6 Social Sciences > 6.115 Sustainability Science > 6.115.1554 E-Waste

Funding

Funding agency
School of Environment, Beijing Normal University

Citation Network

In Web of Science Core Collection

1,943
Citations

Highly Cited Paper

Create citation alert

1,970 Times Cited in All Databases

229 Cited References

[View Related Records](#)

See more times cited

Citing items by classification New

Breakdown of how this article has been mentioned, based on available citation context data and snippets from 252 citing items(s).

Background	Count
Basic	20
Support	3
Differ	0
Discuss	35

You may also like...

[Sherwood, J;](#)
The significance of biomass in a circular economy
BIORESOURCE TECHNOLOGY

[Fayaz, A; Ahmad, L; Singh, P;](#)
Vermi-Composting: An Effective Technique to Recycle Wastes into Valuable Organic Fertilizer: A Review
JOURNAL OF PURE AND APPLIED MICROBIOLOGY

[Li, H; Zhao, S; Li, J; et al.](#)
Functional metal-organic frameworks as effective sensors of gases and volatile compounds
CHEMICAL SOCIETY REVIEWS

[Schoeman, Y; Oberholster, P; Somerset, V;](#)
Value Stream Mapping as a Supporting Management Tool to Identify the Flow of Industrial Waste: A Case Study
SUSTAINABILITY

[Dowling, G.R.;](#)
Communicating corporate reputation through

Figura 33 Categorías WoS

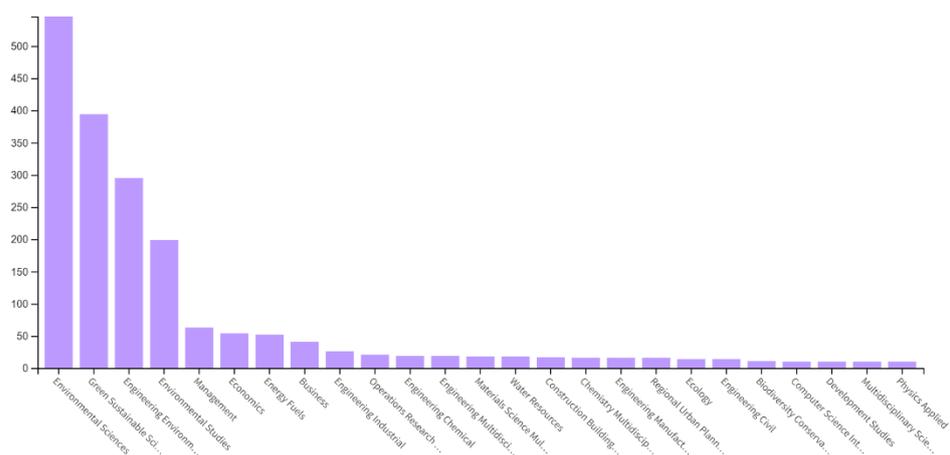


Figura 34 Autores de las publicaciones analizadas



Figura 35 Organizaciones de las publicaciones analizadas

