3 RESUMEN/ABSTRACT

7 INTRODUCCIÓN

TRANSICIÓN ECO-INDUSTRIAL

13 **Presentación**
Raül BLANCO DÍAZ

Fundamentos teóricos y construcción de redes sociales

15 La transición sostenible como soporte de los ecosistemas industriales.
Ebru SUSUR y Antonio HIDALGO

23 La cooperación como instrumento para mejorar la competitividad y la sostenibilidad del sector industrial y empresarial.
Olga MARTÍN

39 La función de aprendizaje en la experimentación de los sistemas eco-industriales.
Ebru SUSUR y Antonio HIDALGO

El papel del contexto en la transición hacia sistemas eco-industriales

47 La transición hacia la economía circular: la experiencia del País Vasco.
Jorge FERNÁNDEZ GÓMEZ

63 La transición hacia la economía circular: la experiencia en Cataluña.
Marta ESCAMILLA MONELL y Gertri FERRER VINARDELL

75 La infraestructura necesaria para alojar a la industria circular.
Verónica KUCHINOW

85 Políticas de innovación desde la demanda para el apoyo a la transición a ecosistemas industriales verdes.
María José OSPINA FADUL y Diego MOÑUX CHÉRCOLES

Estudio de casos

97 Economía circular y ecosistemas industriales. Caso de estudio para la recuperación de metales de los aparatos eléctricos y electrónicos.
Laura TALENS PEIRÓ y Xavier GABARRELL i DURANY

111 Sistema de distribución circular y responsable (SDCR). Un estudio de caso múltiple en la aplicación de un marco metodológico que impulsa la economía circular en PYMEs.
Montserrat GUERRERO PÉREZ

135 *CircularizatE*: un *living lab* de economía circular real en el ámbito universitario.
Ruth CARRASCO GALLEGO, Susana YÁÑEZ GUTIÉRREZ, María Luisa MARTÍNEZ MUNETA y Joaquín MARTÍNEZ URREAGA

OTROS TEMAS

149 Nuevos modelos de negocio en electricidad para la transición energética.
Macarena LARREA BASTERRA y Maider BILBAO OZAMIZ

NOTAS

163 La política de *clusters* del Ministerio de Industria, Comercio y Turismo: evolución, resultados y perspectivas.
Estela GALLEGO VALDUEZA

LIBROS

179 Crítica de libros

185 Selección bibliográfica

ECONOMÍA INDUSTRIAL no se solidariza necesariamente con las opiniones expuestas en los artículos que publica, cuya responsabilidad corresponde exclusivamente a sus autores.

E i
ECONOMÍA
I N D U S T R I A L

Director
Javier Muñoz Carabias
Ministerio de Industria, Comercio y Turismo

Redactor Jefe
Antonio Moreno-Torres Gálvez
Ministerio de Industria, Comercio y Turismo

Redactores
María Ángeles Gueredíaga
Ministerio de Industria, Comercio y Turismo

Administración
Inmaculada García López
Ministerio de Industria, Comercio y Turismo

MINISTERIO DE INDUSTRIA, COMERCIO Y TURISMO

CONSEJO DE REDACCIÓN:
Raül Blanco Díaz, *MINCOTUR*
Eduardo Bueno Campos, *Universidad a Distancia de Madrid*
José Luis Calvo González, *Universidad Nacional de Educación a Distancia*
Juan Ignacio Díaz Bidart, *MINCOTUR*
Miguel Ángel Galindo Martín, *Universidad de Castilla-La Mancha*
Concepción Garcés Ayerbe, *Universidad de Zaragoza*
Nuria García González, *MINCOTUR*
Pablo Garde Lobo, *MINCOTUR*
José Antonio Gil Celedonio, *Oficina Española de Patentes y Marcas*
José Luis Hervás Oliver, *Universidad Politécnica de Valencia*
Antonio Hidalgo Nuchera, *Universidad Politécnica de Madrid*
Emilio Huerta Arribas, *Universidad Pública de Navarra*
Xiana Margarida Méndez Bértolo, *MINCOTUR*
Maria Ángeles Montoro Sánchez, *Universidad Complutense de Madrid*
Nieves Olivera Pérez-Frade, *Escuela de Organización Industrial*
Amadeo Petitbó Juan, *Fundación Rafael del Pino*
Pedro Rey Biel, *ESADE*
María Paz Salmador Sánchez, *Universidad Autónoma de Madrid*
Vicent Soler i Marco, *Universidad de Valencia*
Lluis Torrens Mélich, *Ayuntamiento de Barcelona*
Fernando Valdés Verelst, *MINCOTUR*

PORTADA:
MANATO, S.L

DISEÑO:
M. Luisa G. Guardia
Hernando Gómez

IMPRIME:
DAYTON, S. A.

ISSN:
0422-2784

ISSN-L:
2444-4324

DEPÓSITO LEGAL:
M 1227-1964

NIPO:
112-19-030-6
(Edición papel)

NIPO:
112-19-032-7
(Edición en línea)

DIRECCIÓN Y REDACCIÓN:
Castellana, 160, 9.ª planta
28071 Madrid
Teléfs. 91 349 46 73 - 48 29
Fax 91 349 47 13
E-mail: economiaindustrial@mincotur.es
Ministerio de Industria, Comercio y Turismo.
www. economiaindustrial.es

EDICIÓN, DISTRIBUCIÓN, PUBLICIDAD Y SUSCRIPCIONES:
Centro de Publicaciones del Ministerio de Industria, Comercio y Turismo
Panamá, 1
Teléf. 91 349 51 29
Fax 91 349 44 85
28071 Madrid

PRECIO DEL EJEMPLAR:

España, 16,54 €
(Incluidos IVA y gastos de envío)

Unión Europea, 23,30 €
(Incluidos IVA y gastos de envío)

Resto mundo, 25,66 €
(Incluidos IVA y gastos de envío)

Publicación impresa en papel estucado mate Ecológico. Proceso de fabricación libre de cloro y sin blanqueantes ópticos

RESUMEN/ABSTRACT

Ebru Susur y Antonio Hidalgo

LA TRANSICIÓN SOSTENIBLE COMO SOPORTE DE LOS ECOSISTEMAS INDUSTRIALES

La ecología industrial enfatiza la importancia de los intercambios de recursos entre los actores de un sistema de producción industrial convencional para convertir las rutinas lineales en rutinas circulares. Los ecosistemas industriales se consideran sistemas de producción industrial sostenible de próxima generación, si bien siguen siendo prácticas sostenibles limitadas, pues las transiciones hacia este tipo de ecosistemas aún no se han producido. Este artículo presenta un marco para analizar las transiciones sostenibles hacia los ecosistemas industriales tomando como punto de partida la consideración de la ecología industrial como un modelo de innovación sistémica, y la necesidad de generar nichos estratégicos en los sistemas de producción industrial. El marco propuesto puede utilizarse como una herramienta analítica para estudiar las transiciones hacia los ecosistemas industriales, y como una herramienta de formulación de políticas públicas para apoyar la generación de ecosistemas industriales nuevos o emergentes a nivel local o regional.

Palabras clave: Ecosistemas industriales, transiciones de sostenibilidad, ecología industrial.

Industrial ecology emphasizes the importance of resource exchanges between the actors of a conventional industrial production system to convert linear routines into circular routines. Industrial ecosystems are considered next-generation sustainable industrial production systems, although they remain limited sustainable practices, as transitions to these types of ecosystems have not yet occurred. This article presents a framework for analysing sustainable transitions to industrial ecosystems, taking as a starting point the consideration of industrial ecology as a model of systemic innovation, and the need to generate strategic niches in industrial production systems. The proposed framework can be used as an analytical tool to study transitions to industrial ecosystems, and as a policy-making tool to support the generation of new or emerging industrial ecosystems at the local or regional level.

Keywords: *Industrial ecosystems, sustainability transitions, industrial ecology.*

Olga Martín

LA COOPERACIÓN COMO INSTRUMENTO PARA MEJORAR LA COMPETITIVIDAD Y LA SOSTENIBILIDAD DEL SECTOR INDUSTRIAL Y EMPRESARIAL

La cooperación siempre acarrea consecuencias positivas, esta verdad es fácilmente demostrable con los ejemplos de los sistemas eco-industriales, donde empresas e industrias se alían para compartir gastos, recursos, materiales, gestión de residuos, infraestructuras etc. y, de esta manera, impulsar sus réditos económicos y alcanzar un mayor desarrollo sostenible. Este concepto no tan nuevo se va aplicando cada vez en más casos y, en todos, la experiencia resulta muy positiva para las empresas, y las ventajas de administrar el grupo industrial como un todo integrado en el medio ambiente son palpables.

Palabras clave: Economía circular, cooperación empresarial, ecología industrial, eco-industria, desarrollo sostenible, simbiosis industrial, parque eco-industrial.

Cooperation always has positive consequences, this truth is easily demonstrated by the examples of eco-industrial systems, where companies and industries join forces to share costs, resources, materials, waste management, infrastructures, etc. and, in this way, boost their economic returns and achieve greater sustainable development. This not so new concept is being applied in more and more cases and, in all of them, the experience is very positive for the companies, and the advantages of managing the industrial group as a whole integrated in the environment are palpable.

Keywords: *Circular economy, business cooperation, industrial ecology, eco-industry, sustainable development, industrial symbiosis, eco-industrial park.*

Ebru Susur y Antonio Hidalgo

LA FUNCIÓN DE APRENDIZAJE EN LA EXPERIMENTACIÓN DE LOS SISTEMAS ECO-INDUSTRIALES

Uno de los argumentos clave del ámbito de la ecología industrial lo constituye el aprendizaje, como se pone de manifiesto en los ecosistemas existentes en la naturaleza. Sin embargo, se echa en falta en el estado actual del arte un énfasis explícito del rol de la función de aprendizaje en el desarrollo de los ecosistemas industriales. Este artículo enfatiza la importancia de los procesos de aprendizaje entre los actores de los ecosistemas industriales emergentes para cambiar las rutinas que se encuentran incorporadas en los sistemas de producción industrial existentes. Sobre la base del enfoque de la gestión estratégica de nichos, este artículo analiza 108 casos de ecosistemas industriales que permiten una mejor comprensión de los procesos de aprendizaje y cómo estos pueden influir en los sistemas de producción industrial tradicionales para lograr transiciones sostenibles hacia los ecosistemas industriales.

Palabras clave: aprendizaje, ecosistemas industriales, transiciones de sostenibilidad, ecología industrial, gestión estratégica de nichos.

One of the key arguments in the field of industrial ecology is learning, as evidenced by ecosystems in nature. However, an explicit emphasis on the role of the learning function in the development of industrial ecosystems is lacking in the current state of the art. This article emphasizes the importance of learning processes among the actors of emerging industrial ecosystems to change the routines incorporated in existing industrial production systems. Based on the strategic niche management approach, this article analyzes 108 cases of industrial ecosystems that allow a better understanding of learning processes and how they can influence traditional industrial production systems to achieve sustainability transitions to industrial ecosystems.

Keywords: *learning, industrial ecosystems, sustainability transitions, industrial ecology, strategic niche management.*

Jorge Fernández Gómez

LA TRANSICIÓN HACIA LA ECONOMÍA CIRCULAR: LA EXPERIENCIA DEL PAÍS VASCO

Este artículo analiza la situación actual del sector de economía circular en el País Vasco. El Gobierno Vasco aprobó en enero de 2020 la Estrategia de Economía Circular de Euskadi 2030, que fija objetivos ambiciosos en relación con la productividad material, el uso de materiales reciclados o la generación de residuos. En el artículo se describen los principales ámbitos y líneas de actuación dentro de esta estrategia y la estructura del sector de economía circular en el País Vasco. Además, se lleva a cabo una evaluación de la estrategia desde el punto de vista de la sostenibilidad.

Palabras clave: economía circular, País Vasco, ecodiseño, remanufactura, reciclaje.

This article analyzes the current situation of the circular economy sector in the Basque Country. The Basque Government approved in January 2020 the Circular Economy Strategy for Euskadi 2030, setting ambitious targets in terms of resource productivity, use of recycled materials or waste generation. The article reviews the main areas and lines of action within this strategy and describes the structure of the circular economy sector in the Basque Country. An assessment of the sustainability of the strategy is also carried out.

Keywords: *circular economy, Basque Country, ecodesign, remanufacturing, recycling.*

Marta Escamilla Monell y Gertri Ferrer Vinardell

LA TRANSICIÓN HACIA LA ECONOMÍA CIRCULAR: LA EXPERIENCIA EN CATALUÑA

Para entender la economía circular es necesaria una redefinición de los productos y servicios existentes en el mercado actual, hace falta consumir de manera responsable, diseñar eficientemente, producir sin residuos, etc. Y aquí es donde puede entrar en acción las administraciones públicas y la industria, con la oportunidad de hacer un cambio de mentalidad en cada uno de los eslabones de la cadena de valor. Este articulo evidencia como la economía circular se está extiendo paulatinamente, pero con éxito a todo el territorio, con avances tecnológicos y nuevos modelos de negocio circulares con ejemplos a nivel comarcal (Vallès Occidental) y regional (Cataluña).

Palabras clave: estrategia comarcal, economía circular, modelos de negocio, simbiosis industrial.

In order to fully understand the circular economy concept, current products and services need to be redefined, we need a more sustainable consumption, efficient design, sustainable productions designing out waste, etc. And here is where public administration and enterprises can play their role, as an opportunity to shift mentality in each step of the whole value chain of products and services. This article shows how the transition to a circular economy is being implemented gradually but successfully among the territory, with advanced technologies and new circular business models, in several examples at Vallès Occidental region and Catalonia.

Keywords: *regional strategy, circular economy, business models, industrial simbiosis.*

Verónica Kuchinow

LA INFRAESTRUCTURA NECESARIA PARA ALOJAR A LA INDUSTRIA CIRCULAR

La economía circular aplicada al tejido productivo de un territorio requiere no sólo de cambios en la manera de producir para ser más eficientes, sino cambios en la manera de relacionarse con las industrias vecinas y con el territorio en el que el polígono industrial se encuentra ubicado. En este artículo se repasan qué cambios son esos y qué infraestructuras son necesarias para hacer que esos cambios se hagan realidad. Algunas infraestructuras son tangibles (como instalaciones de energía fotovoltaica o carriles bici) pero otras son intangibles (gestores y facilitadores) y quizás sean las más indispensables.

Palabras clave: simbiosis industrial, economía circular, gestión, infraestructuras, eficiencia uso recursos, facilitador.

The circular economy when applied to the industrial sector, to the industrial ecosystem, requires changes not only in the way we produce to be more efficient, but also changes in the relationships between companies, with the surrounding territory. This article reviews what changes are those and what infrastructures are necessary to make those changes come true. Some infrastructures are tangible (such as photovoltaic energy plants or bike lanes) but others are intangible (managing entities and facilitators) and probably they are the most important.

Keywords: *industrial symbiosis, circular economy, management, infrastructure, resource efficiency, facilitator.*

María José Ospina Fadul y Diego Moñux Chércoles

POLÍTICAS DE INNOVACIÓN DESDE LA DEMANDA PARA EL APOYO A LA TRANSICIÓN A ECOSISTEMAS INDUSTRIALES VERDES

La transición de los ecosistemas industriales hacia ecosistemas verdes se encuentra en el centro de la agenda política en diversos países. Existe consenso sobre la necesidad de fomentar la innovación para impulsar esta transición, pero hay debate sobre los mejores mecanismos para sistematizarla. Este artículo examina los obstáculos que han ralentizado esta transición, así como la forma en que políticas de innovación desde la demanda pueden ser particularmente valiosas para propiciarla. Utilizando el ejemplo de la gestión de residuos, ilustramos las ventajas y retos de la compra pública de innovación y la regulación inteligente para apoyar la innovación como motor de esta transición.

Palabras claves: políticas de innovación, compra pública de innovación, regulación inteligente, ecosistemas industriales, economías verdes, crecimiento sostenible, gestión de residuos.

The transition from industrial ecosystems to green ecosystems is at the centre of the political agenda in various countries. There is consensus on the need to foster innovation to drive this transition, but debate persists over the best mechanisms to systematize it. This article assesses the obstacles that have slowed down this transition and examines how demand-side innovation policies can be particularly valuable in fostering it. Using the example of waste management, the article illustrates the advantages and challenges of public procurement of innovation and smart regulation to support innovation as the engine of this transition.

Keywords: *innovation policies, public purchase of innovation, smart regulation, industrial ecosystems, green economies, sustainable growth, waste management.*

Laura Talens Peiró y Xavier Gabarrell i Durany

ECONOMÍA CIRCULAR Y ECOSISTEMAS INDUSTRIALES. CASO DE ESTUDIO PARA LA RECUPERACIÓN DE METALES DE LOS APARATOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS

Los ecosistemas industriales conocidos desde hace décadas serán clave en la transición hacia una sociedad de flujos circulares. Existen diferentes escalas de ecosistemas industriales y en cada uno de ellos se puede hacer uso de diferentes herramientas para facilitar dicha transición. En este artículo se presenta un caso de estudio para ilustrar el potencial de reaprovechamiento de algunos metales como el oro, la plata y otros metales críticos a partir de su contenido en discos duros.

Palabras clave: ecosistemas industriales, recuperación de metales, caso estudio, aparatos eléctricos y electrónicos.

Industrial ecosystems known for decades will be key in the transition to a society of circular flows. There are different scales of industrial ecosystems and in each of them you can use different tools to facilitate this transition. This article presents a case study to illustrate the potential for reuse of some metals such as gold, silver and other critical metals from their hard disk content.

Keywords: *industrial ecosystems, metal recovery, case study, electrical and electronic equipment.*

Montserrat Guerrero Pérez

SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN CIRCULAR Y RESPONSABLE (SDCR). UN ESTUDIO DE CASO MÚLTIPLE EN LA APLICACIÓN DE UN MARCO METODOLÓGICO QUE IMPULSA LA ECONOMÍA CIRCULAR EN PYMES

La transición de la industria hacia una Economía Circular necesita de marcos de implementación prácticos. Los existentes carecen de enfoque social y de aplicabilidad específica en partes concretas de la cadena de valor de las empresas. En este artículo se presenta un estudio de caso de la aplicación de un nuevo marco de Economía Circular, denominado Sistema de Distribución Circular y Responsable (SDCR), y los resultados de su implementación en tres PYMEs navarras. SDCR está orientado a implementar criterios de circularidad, incluyendo aspectos sociales, específicamente en los procesos industriales vinculados a los sistemas de distribución.

Palabras clave: economía circular, sistema de distribución, aspectos sociales, marco de implementación, estudio de caso.

Industry transition towards the Circular Economy needs of practical implementation frameworks. The existing ones lack of social approach and application on specific parts of the company´s value chain. This article presents a case study of the application of a new Circular Economy framework, called the Circular and Responsible Distribution System (CRDS), and the results of its implementation in 3 SMEs from the Navarre region. CRDS is focused on the implementation of circularity criteria specifically in distribution processes including a social approach.

Keywords: *circular economy, distribution system, social approach, implementation framework, case study.*

Ruth Carrasco Gallego, Susana Yáñez Gutiérrez, María Luisa Martínez Muneta y Joaquín Martínez Urreaga

***CircularizatE*: UN *LIVING LAB* DE ECONOMÍA CIRCULAR REAL EN EL ÁMBITO UNIVERSITARIO**

El proyecto "CircularizatE" ha sido diseñado como un banco de pruebas para el ensayo de modelos de negocio basados en los principios de la ecología industrial en la comunidad de 5.000 personas que forma la ETSI Industriales (UPM), y por extensión en la comunidad de 43.000 personas que forma la Universidad Politécnica de Madrid. A su vez, permite mostrar al alumnado y a otros grupos de interés que los ecosistemas industriales son técnicamente viables, económicamente rentables, y social y ambientalmente sostenibles. "CircularizatE" tiene una importante componente formativa, contribuyendo así a que los futuros egresados de ingeniería adquieran el cambio de mentalidad necesario para liderar la transición de la linealidad a la circularidad en la industria, así como las competencias transversales asociadas. El proyecto se está revelando, además, como una experiencia muy valiosa para activar e impulsar nuevas redes de colaboración e innovación con empresas y otras organizaciones, que muestra características de un ecosistema industrial.

Palabras clave: economía circular, demostrador, innovación abierta, ODS.

"CircularizatE" project has been designed as a testbed for industrial-ecology-based business models within the 5,000 people community that comprise ETSI Industriales, one of the engineering schools belonging to the Technical University of Madrid (UPM). This project is the germ of a circular economy living lab that is currently expanding its scope to the whole university (a 43,000 people community). Along with its testbed function, the lab shows to students and other stakeholders that industrial ecosystems are technically viable, economically profitable and socially and environmentally sustainable. "CircularizatE" also has a strong educational dimension for the future engineers that will lead the transition to a more resource-efficient economy, contributing to the change in mindsets required to move from linearity to a circularity in the industry, and the acquisition of the required transversal skills. The lab is also revealing as a valuable experience for fostering and activating new collaboration and innovation networks with companies and other organizations, that shows characteristics of an industrial ecosystem.

Keywords: *circular economy, living lab, open innovation, SDG.*

Macarena Larrea Basterra y Maider Bilbao Ozamiz

NUEVOS MODELOS DE NEGOCIO EN ELECTRICIDAD PARA LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA

El sector energético se encuentra en proceso de cambio debido a diferentes tendencias como la electrificación, la descarbonización y la descentralización. Como consecuencia de esta transición, el modelo de negocio de las compañías eléctricas tradicionales también está en proceso de transformación. Ello es debido a que están

apareciendo nuevos modelos de negocio y agentes. Entre estos últimos, algunos ya existían y otros son nuevos. A continuación, se presentan los principales modelos de negocio que están surgiendo en diferentes partes del mundo, teniendo en cuenta que estos modelos se organizan bajo marcos jurídicos, de políticas y regulación, concretos.

Palabras clave: modelos de negocio, recursos distribuidos, factores de cambio, eléctricas tradicionales.

The energy sector is in a process of change due to different trends such as electrification, decarbonization and decentralization. As a consequence of this transition, the business model of traditional electricity companies is also in the process of transformation. This is because new business models and agents are emerging. Among the latter, some already existed and others are new. The main business models that are emerging in different parts of the world are presented below, bearing in mind that these models are organized under specific legal, policy and regulatory frameworks.

Keywords: *business models, distributed resources, factors of change, traditional utilities.*

Los índices y abstracts de Economía Industrial se incluyen en las bases de datos e índices on line de la ***American Economic Association*** y en su publicación especializada **ECONLIT**, editada por el ***Journal of Economic Literature***. A la consulta de sus 200.000 registros, entre los que se encuentran 300 revistas —100 fuera de Estados Unidos—, recurren estudiantes, investigadores y profesores de todo el mundo económico.

Los contenidos de Economía Industrial también están disponibles en la red Internet, en la dirección **www.economiaindustrial.es**

INTRODUCCIÓN

La producción industrial es una actividad que presenta una aceleración creciente, especialmente desde la revolución industrial en el siglo XIX que marcó un punto de inflexión, modificando e influenciando todos los aspectos de la vida cotidiana, y que trajo como consecuencia el cambio drástico hacia la producción intensiva, el rápido crecimiento de bienes, un enfoque específico en la productividad, el exceso de capacidad y la preocupación por los niveles de vida marginales.

Desde una perspectiva sistémica, los sistemas de producción industrial actuales están configurados por elementos de carácter técnico y social integrados en niveles organizativos e institucionales que están interconectados a través de dinámicas entre una amplia gama de actores que incluyen, además de las empresas, organizaciones gubernamentales, regionales y locales, organizaciones no gubernamentales, universidades, centros de investigación, organismos de intermediación, etc. Desde este enfoque, la transición hacia un sistema de producción industrial más sostenible implica el intercambio de recursos entre los actores del sistema, argumento que conecta la perspectiva de un sistema de producción industrial con los denominados ecosistemas industriales que se basan en sinergias creadas a través del intercambio simbiótico de recursos físicos y no físicos entre los diferentes actores del sistema.

El enfoque de un ecosistema industrial se basa en la imitación de los principios de los ecosistemas naturales por los procesos industriales con el objetivo de contribuir a la generación de procesos de producción más sostenibles. Las principales características de un ecosistema industrial sostenible incluyen la generación de productos y tecnologías que reducen las emisiones de carbono y la contaminación, la incorporación de procesos que mejoren la eficiencia energética y la gestión de recursos, y un funcionamiento interno que favorezca la dependencia que cualquier acción empresarial tiene con los ecosistemas y sus servicios. En este contexto, el reciclaje y la reutilización constituyen un elemento clave de los ecosistemas industriales sostenibles tanto en la dimensión de generación de valor, como en la utilización de tecnologías transversales, que son las suelen habilitar el cierre de la brecha para generar este valor.

Este monográfico de **Economía Industrial** sobre transición eco-industrial, coordinado por **Antonio Hidalgo Nuchera**, Catedrático de la Universidad Politécnica de Madrid y a la sazón Consejero de nuestra revista, y **Ebru Susur**, Profesora de la Universidad de Utrecht, se estructura en tres bloques. El primero se centra en el análisis de los fundamentos teóricos y la construcción de redes sociales; el segundo analiza el papel del contexto en la transición hacia los sistemas eco-industriales, y el tercero presenta tres casos reales que permiten profundizar en el conocimiento de los aspectos tratados en los bloques anteriores. Por su temática, y a modo de presentación, el monográfico lo abren unas líneas de **Raül Blanco Díaz** en su condición de Secretario General de Industria y de la PYME.

El primer bloque, que consta de tres artículos, comienza con un trabajo de **Ebru Susur** y **Antonio Hidalgo** que presenta un marco para analizar las transiciones sostenibles hacia los ecosistemas industriales tomando como punto de partida la consideración de la ecología industrial como un modelo de innovación sistémica, y la necesidad de generar nichos estratégicos en los sistemas de producción industrial. El marco propuesto puede ser utilizado como una herramienta analítica para estudiar las transiciones hacia los ecosistemas industriales y como una herramienta de formulación de políticas públicas para apoyar la generación de ecosistemas industriales nuevos o emergentes a nivel local o regional.

Un segundo trabajo de **Olga Martín** analiza la cooperación como instrumento para mejorar la competitividad y la sostenibilidad del sector industrial. La autora plantea que la cooperación es un activo que siempre aporta consecuencias positivas, lo que es demostrable con los ejemplos de los sistemas eco-industriales, donde las diferentes empresas integradas se alían para compartir gastos, recursos, materiales, gestión de residuos, infraestructuras etc… y, de esta manera, impulsar sus beneficios económicos y alcanzar un mayor desarrollo sostenible. Este concepto se está aplicando cada vez en mayor medida y las experiencias obtenidas resultan muy positiva para las empresas, así como las ventajas de administrar el conjunto de empresas como un todo integrado en el medio ambiente.

En el trabajo que cierra este primer bloque introductorio, **Ebru Susur** y **Antonio Hidalgo** se centran en el análisis del aprendizaje como uno de los argumentos clave del ámbito de la ecología industrial, al igual que se pone de manifiesto en los ecosistemas existentes en la naturaleza. En el artículo se pone énfasis en la importancia de los procesos de aprendizaje entre los actores de los ecosistemas industriales emergentes para cambiar las rutinas que se encuentran incorporadas en los sistemas de producción industrial existentes. Sobre la base del enfoque de la gestión estratégica de nichos, en el artículo se analizan 108 casos de ecosistemas industriales que permiten una mejor comprensión de los procesos de aprendizaje y cómo estos pueden influir en los sistemas de producción industrial tradicionales para lograr transiciones sostenibles hacia los ecosistemas industriales.

El segundo bloque de este monográfico incluye cuatro artículos. Comienza con el trabajo de **Jorge Fernández Gómez** que analiza la situación actual del sector de la economía circular en el País Vasco. El Gobierno Vasco aprobó en enero de 2020 la Estrategia de Economía Circular de Euskadi 2030, que fija objetivos ambiciosos en relación con la productividad material, el uso de materiales reciclados y la generación de residuos. En el artículo se describen los principales ámbitos y líneas de actuación dentro de esta estrategia y la estructura del sector de la economía circular en el País Vasco. Además, se lleva a cabo una evaluación de esta Estrategia desde el punto de vista de la sostenibilidad.

Por su parte, el trabajo de **Marta Escamilla Monell** y **Gertri Ferrer Vinardell** analiza cómo la economía circular se está extiendo paulatinamente con éxito a todo el territorio catalán, con avances tecnológicos y nuevos modelos de negocio circulares. En el artículo ponen de manifiesto que para entender la economía circular es necesaria una redefinición de los productos y servicios existentes en el mercado actual, consumir de manera responsable, diseñar eficientemente y producir sin residuos. Además, plantean que en este ámbito es donde pueden actuar las administraciones públicas y la industria, con la oportunidad de hacer un cambio de mentalidad en cada uno de los eslabones de la cadena de valor.

En el tercero de los trabajos, a cargo de **Verónica Kuchinow**, se pone de relieve que la economía circular aplicada al tejido productivo de un territorio requiere no sólo de cambios en la manera de producir para ser más eficientes, sino también de cambios en la manera de relacionarse con las industrias vecinas y con el territorio en el que el ecosistema industrial se encuentra ubicado. Se analizan estos cambios y se presta especial atención a las infraestructuras que son necesarias para que esos cambios se hagan realidad, diferenciando entre infraestructuras tangibles, como instalaciones de energía fotovoltaica, e intangibles, como el apoyo de facilitadores, que quizás sean las más indispensables.

El último trabajo de este bloque es presentado por **María José Ospina Fadul** y **Diego Moñux Chércoles**. En el mismo se pone de relieve que la transición de los ecosistemas industriales hacia ecosistemas verdes se encuentra en el centro de la agenda política en diversos países en los que, si bien existe consenso sobre la necesidad de fomentar la innovación para impulsar esta transición, hay un importante debate sobre cuáles son los mejores mecanismos o instrumentos para sistematizarla. En el trabajo se examinan los obstáculos que han ralentizado esta transición, así como la forma en que las políticas de innovación desde la demanda pueden ser particularmente valiosas para propiciarla. Utilizando el ejemplo de la gestión de residuos, los autores ilustran las ventajas y retos de la compra pública de innovación y la regulación inteligente para apoyar la innovación como motor de esta transición.

El tercer y último bloque de este monográfico incluye tres artículos que tienen un carácter eminentemente práctico. En el primero de ellos, **Laura Talens Peiró** y **Xavier Gabarrell i Durany** presentan un caso de estudio para ilustrar el potencial de reaprovechamiento de algunos metales como el oro, la plata y otros metales críticos a partir de su contenido en discos duros incorporados en aparatos eléctricos y electrónicos. Los autores resaltan que los ecosistemas industriales conocidos hasta ahora serán clave en la transición hacia una sociedad de flujos circulares, y que existen diferentes escalas de ecosistemas industriales y en cada uno de ellos se puede hacer uso de diferentes herramientas para facilitar dicha transición.

En el segundo trabajo de este bloque, **Montserrat Guerrero Pérez** pone especial énfasis en que la transición de la industria hacia una economía circular necesita de marcos de implementación prácticos y que los existentes en la actualidad carecen del enfoque social y de la aplicabilidad específica en partes concretas de la cadena de valor de las empresas. La autora describe un estudio de caso de la aplicación de un nuevo marco de economía circular denominado Sistema de Distribución Circular y Responsable (SDCR), y los resultados de su implementación en tres PYMEs navarras. Este marco SDCR está orientado a implementar criterios de circularidad, incluyendo aspectos sociales, específicamente en los procesos industriales vinculados a los sistemas de distribución.

En el trabajo que cierra este bloque y el monográfico, **Ruth Carrasco Gallego**, **Susana Yáñez Gutiérrez**, **María Luisa Martínez Muneta** y **Joaquín Martínez Urreaga** describen el proyecto "CircularizatE" que ha sido diseñado como un banco de pruebas para el ensayo de modelos de negocio basados en los principios de la ecología industrial en la comunidad de 5.000 personas que forma la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y, por extensión, en la comunidad de 43.000 personas que forma la Universidad Politécnica de Madrid. Este proyecto presenta la ventaja de mostrar a los alumnos y a otros grupos de interés que los ecosistemas industriales son técnicamente viables, económicamente rentables, y social y ambientalmente sostenibles, y además tiene una importante componente formativa, pues contribuye a que los futuros egresados de ingeniería adquieran el cambio de mentalidad necesario para liderar la transición de la linealidad a la circularidad en la industria, así como las competencias transversales asociadas. Por último, los autores ponen de relieve que el proyecto se está revelando como una experiencia muy valiosa para activar e impulsar nuevas redes de colaboración e innovación con empresas y otras organizaciones, lo que le permite incorporar características propias de un ecosistema industrial.

La sección de Otros Temas incluye en esta ocasión un artículo de **Macarena Larrea Basterra** y **Maider Bilbao Ozamiz** donde, a partir de una revisión de la literatura y de un estudio de casos en diferentes entornos regulatorios, clasifican y describen los modelos de negocio innovadores que están surgiendo en el sector eléctrico como consecuencia del proceso de transición energética.

ECONOMÍA INDUSTRIAL no se solidariza necesariamente con las opiniones expuestas en los artículos que publica, cuya responsabilidad corresponde exclusivamente a sus autores.

PRESENTACIÓN

RAÜL BLANCO DÍAZ
Secretario General de Industria
y de la Pequeña y Mediana Empresa

La ecología industrial es un área interdisciplinaria que pretende transformar los procesos y sistemas industriales para que el funcionamiento y comportamiento de las industrias sean semejantes a los de la naturaleza y, por ende, reduzcan su impacto ambiental.

Para lograr el cierre del ciclo, la ecología industrial introduce la idea de reutilizar los residuos como materia prima y así, reducir el uso de los recursos naturales, el gasto energético y el impacto ambiental.

El concepto de ecología industrial apareció en la década de 1970 y desde entonces se lleva estudiando la circulación de materia y energía en la industria para reducir su impacto en el medioambiente. Esto ha llevado al cambio de procesos y al cambio del diseño de los productos y también al desarrollo de numerosos servicios asociados a la industria.

La ecología industrial está enmarcada dentro del modelo de economía circular que, desde hace mucho tiempo, lleva utilizando la industria en sus procesos. Ejemplo claro de ello es la producción de acero, donde una lavadora puede transformarse, al final de su vida útil, en una bicicleta que, a su vez, podrá posteriormente transformarse en un aerogenerador. Y todo ello gracias a que el acero es un material claramente circular. No obstante, queda mucho por hacer para conseguir una verdadera economía circular. Y para ello se debe promover y garantizar el desarrollo sostenible a nivel global, así como implementar prácticas económicas eficientes guiadas por principios ecológicos y que aseguren una calidad de vida mejor, pero sin perjudicar el desarrollo económico.

De esta forma se podría llegar a crear comunidades eco-industriales donde tanto las industrias como los habitantes, el gobierno y demás instituciones están integrados y siguen prácticas de ecología industrial.

Los sistemas eco-industriales traen consigo ideas innovadoras que benefician a la economía y al bienestar social, ejemplo de ello son los sistemas de industrias interrelacionadas que intercambien residuos entre sí para ser utilizados como materia prima y que, a su vez, pueden establecer relaciones de cooperación y contribuir a proyectos colectivos.

En general la eco-industria trae consigo beneficios a nivel económico, social y ambiental.

No obstante, no debemos olvidar que el concepto de sostenibilidad vas mucho más allá de la lucha contra el cambio climático. Para determinar si una actividad es verdaderamente sostenible, debemos analizar su comportamiento ambiental, económico y social de un modo global. Si ponemos límites a la industria más eficiente del planeta sin un tratamiento global, esta se desplazará a otros lugares donde el medio ambiente y la sociedad no están tan protegidos y la población sufrirá las consecuencias.

Debemos darnos cuenta de que el camino más corto no siempre es el más rápido, ni el más efectivo.

LA TRANSICIÓN SOSTENIBLE COMO SOPORTE DE LOS ECOSISTEMAS INDUSTRIALES

EBRU SUSUR

ANTONIO HIDALGO

Universidad Politécnica de Madrid

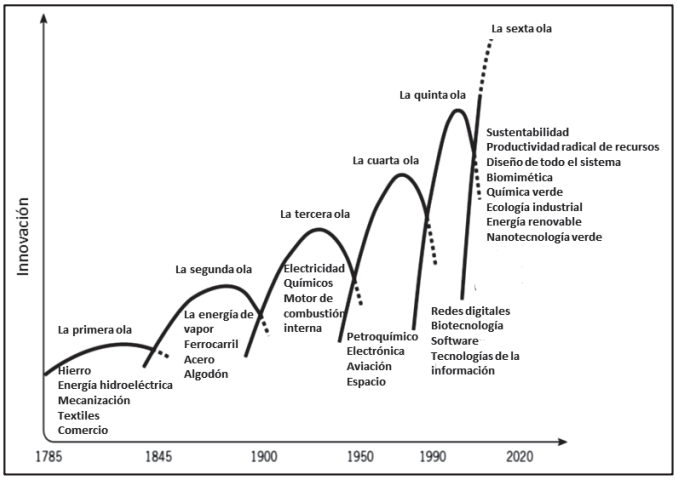
Este trabajo tiene su base en la tesis doctoral de la autora Ebru Susur y recoge parte de los resultados obtenidos de los artículos publicados por los autores, que contó con la financiación del programa EMJD «*European Doctorate in Industrial Management (EDIM)*» financiado por la Comisión Europea, Erasmus Mundus Action 1.

Los sistemas de producción industrial que incorporan principios de ecología industrial pueden definirse como ecosistemas industriales o sistemas de producción industrial de próxima generación (Frosch, 1992; Korhonen, 2001; Deutz y Gibbs, 2008). El ámbito de la ecología industrial aboga por imitar los principios de los ecosistemas naturales a los procesos industriales (Graedel y Allenby, 1995; Erkman, 1997; Korhonen, 2004). Si bien inicialmente este enfoque se centró en las interacciones simbióticas entre los actores del sistema de producción industrial a través del intercambio de recursos físicos, incluidos materiales, agua, energía, infraestructura y hábitat natural (Chertow, 2000; Deutz y Gibbs, 2004), con el tiempo diversos estudios han ido destacando la importancia de los intercambios de recursos no fisicos o intangibles, incluida la información, el conocimiento, la experiencia y la gestión empresarial (Lombardi y Laybourn, 2012). Estos estudios han subrayado también la necesidad de considerar las posibles relaciones simbióticas entre la industria y los demás actores del sistema, como organizaciones gubernamentales y no gubernamentales, universidades, centros de investigación, organismos intermedios, etc. (Boons, *et al*., 2011).

Los ecosistemas industriales se promueven principalmente a escala local y regional, considerando las ventajas potenciales que ofrece la proximidad geográfica entre las industrias aglomeradas (Chertow, 2000; Paquin y Howard-Grenville, 2009), aunque no se descarta la escala nacional. A escala local, la ecología industrial hace referencia a los parques eco-industriales (Ehrenfeld y Gertler, 1997; Carr, 1998). Un ecosistema industrial incorpora elementos técnicos y sociales basados en dinámicas de interacción complejas entre una amplia gama de actores (Mouzakitis, *et al*., 2003), incluidos los organismos de gestión del sistema de producción industrial (Gibbs, *et al*., 2005), organizaciones industriales individuales, organizaciones gubernamentales, universidades y centros de investigación (Lowe, 2001; Valentino, 2015), y campeones regionales (Hewes y Lyons, 2008). El nivel de complejidad de las interacciones depende de la evolución de los elementos de carácter socio-técnico de los ecosistemas industriales que se basa en una colaboración sistémica entre los actores y las instituciones (Gibbs, 2009; Huber, 2000), y es necesario comprenderlo para llevar a cabo una eficaz gestión de las correspondientes transiciones a diseñar.

Una forma de conseguirlo es enfatizando la naturaleza sistémica de la innovación en el ámbito de la

FIGURA 1
ONDAS DE INNOVACIÓN



Fuente: Hargroves y Smith, 2005.

ecología industrial. Como se argumenta en este artículo, desde uno de los campos de investigación más destacados de los estudios de innovación en este momento (transiciones sostenibles) se afirma que se necesitan cambios sistémicos y radicales como consecuencia de los elevados riesgos asociados a los desafíos de la sostenibilidad (Schot y Geels, 2008; Markard, et al., 2012). Los estudios relativos a las transiciones abordan los cambios en los sistemas socio-técnicos, caracterizados por elementos sociales y técnicos, a través de cambios fundamentales sostenibles a nivel individual, organizacional, sectorial y social, teniendo en cuenta las dimensiones institucionales, tecnológicas y culturales que se encuentran bajo la influencia de un amplio conjunto de actores (Truffer y Coenen, 2012; Geels, 2002; Farla, et al., 2012; Rip y Kemp, 1998).

En consonancia con estos argumentos, este artículo tiene un doble objetivo. En primer lugar, fortalecer los vínculos entre la ecología industrial y las transiciones sostenibles a partir de los estudios de innovación. En segundo lugar, proporcionar un marco de referencia que pueda ayudar a gestionar las transiciones de los sistemas de producción industrial convencionales a ecosistemas industriales.

El artículo está estructurado de la siguiente manera. Un primer apartado proporciona los fundamentos teóricos de la ecología industrial, con especial énfasis en los ecosistemas industriales. A continuación se incorpora la perspectiva de las transiciones sostenibles desde los enfoques de la innovación. En el siguiente apartado se presenta la gestión estratégica de nichos como herramienta para el estudio de las transiciones hacia un ecosistema industrial y, finalmente, en un último apartado se exponen las principales conclusiones.

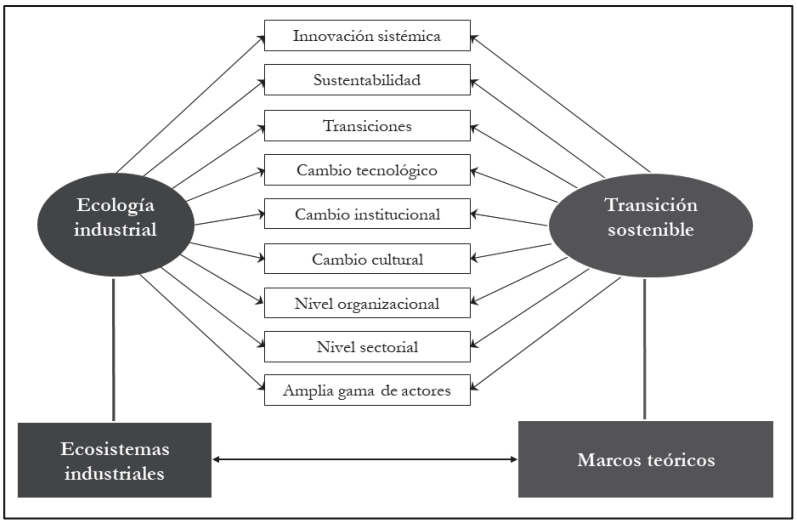
LA ECOLOGÍA INDUSTRIAL COMO INNOVACIÓN SISTÉMICA

La ecología industrial se considera como un nuevo enfoque de la innovación, integrada en el modelo de olas de innovación que abarca el periodo comprendido desde 1785 hasta 2020, que permite abordar los problemas de sostenibilidad de los sistemas de producción industrial, según se muestra en la Figura 1 (OECD, 2009; Kloiber y Priewasser, 2014; Adamides y Mouzakitis, 2009; Hargroves y Smith, 2005; Machiba, 2010).

Los cambios generados por la aplicación de la ecología industrial en los sistemas industriales tienen normalmente una naturaleza incremental, pero los beneficios económicos y ambientales acumulados que se obtienen pueden ser significativos. Las innovaciones incrementales suelen constituir etapas o requisitos previos para futuros cambios radicales, lo que permite que los sistemas industriales puedan ajustarse a nuevas configuraciones que desarrollen innovaciones de carácter sistémico (OECD, 2010; Rotmans y Loorbach, 2009).

Las innovaciones sistémicas que desencadena la ecología industrial pueden conducir no solo a cambios tecnológicos, sino también organizativos e institucionales dentro de las rutinas establecidas en los sistemas de producción industrial (Susur, et al., 2019a). Estos cambios en las rutinas dependen de la reconstrucción de las prácticas predominantes que llevan a cabo los actores del sistema industrial y, de una manera más amplia, a través de la legitimación y la implementación activa de las prácticas de ecología industrial. No obstante, con frecuencia se presentan escenarios de resistencia por parte de los actores existentes en los sistemas de producción industrial debido a los cambios que se pretenden introducir en las rutinas establecidas (Adamides y Mouzakitis, 2009; Susur, *et al.*, 2019b), pues no hay que olvidar que el objetivo

FIGURA 2
VÍNCULO ENTRE LA ECOLOGÍA INDUSTRIAL Y LAS TRANSICIONES SOSTENIBLES



Fuente: elaboración propia.

que se persigue es llevar a cabo una transición de los sistemas lineales de producción dominantes a los sistemas circulares de producción industrial (Machiba, 2010; Erkman, 1997).

UN PUENTE HACIA LAS TRANSICIONES SOSTENIBLES

En la actualidad el análisis del problema de la sostenibilidad en el contexto industrial presenta un fuerte interés desde las perspectivas académica y de regulación, lo que le ha permitido constituirse en un importante ámbito de estudio dentro del campo de la ecología industrial. A esta nueva línea se la conoce como «*transición hacia la sostenibilidad*» y tiene como finalidad proporcionar una visión general de las mejoras, tanto sistémicas como radicales, que hay que implementar en los ecosistemas industriales teniendo en cuenta los riesgos asociados con los desafíos ambientales existentes actualmente (Schot y Geels, 2008; Smith y Raven, 2012; Markard, *et al*., 2012; Kemp, *et al*., 1998). El principal foco de interés se encuentra en las transiciones que hay que diseñar a través de cambios sostenibles fundamentales en los distintos niveles del sistema industrial (individual, organizacional, sectorial y social) y en sus diferentes dimensiones (institucionales, tecnológicas y culturales) (Farla, *et al*., 2012; Truffer y Coenen, 2012).

Teniendo en cuenta estas dimensiones de los ecosistemas industriales y la naturaleza de innovación sistémica de la ecología industrial es posible explicar los procesos de transición hacia la sostenibilidad de los mismos y su gestión. Como se observa en la figura 2, tanto el ámbito de la ecología industrial como el de las transiciones hacia la sostenibilidad enfatizan la innovación sistémica, la sostenibilidad, los cambios tecnológico e institucional, el cambio cultural a nivel organizacional y sectorial con la integración de una amplia gama de actores y redes.

Dentro del ámbito de las transiciones hacia la sostenibilidad existen diferentes enfoques entre los que destacan los siguientes: la perspectiva multinivel de las transiciones socio-técnicas (Geels, 2005; Rip y Kemp, 1998; Geels y Schot, 2007), la gestión estratégica de nichos (Schot y Geels, 2008; Schot, *et al*., 1994; Kemp, *et al*., 1998), y los sistemas de innovación tecnológica (Bergek, *et al*., 2015; Hekkert, *et al*., 2007; Bergek, *et al*., 2008). Estos tres enfoques tienen puntos de partida similares basados en la teoría de la economía evolutiva y otros enfoques constructivistas de carácter social del desarrollo tecnológico, y presentan una perspectiva sistémica centrada en el cambio socio-técnico a través de nuevos modos de producción para sistemas industriales más sostenibles (Markard, *et al*., 2012; Truffer y Coenen, 2012; Coenen y Truffer, 2012).

La **perspectiva multinivel** propone tres niveles analíticos para comprender las transiciones socio-técnicas:

- Paisaje socio-técnico, que se relaciona con elementos materiales e inmateriales a nivel macro, es decir, infraestructura material, cultura política y coaliciones, valores sociales, visiones del mundo y paradigmas, macroeconomía, demografía y entorno natural.
- Régimen socio-técnico, que conceptualiza la estructura que mantiene la estabilidad de los sistemas socio-técnicos existentes como una constelación semi-coherente de artefactos tecnológicos, infraestructuras, regulaciones y prácticas de usuario a nivel meso, y está sujeta a transición.
- Nichos socio-técnicos, que son el lugar de las innovaciones a nivel micro que actúan como salas de incubación de novedades radicales y proporcionan ubicaciones para los procesos de aprendizaje.

La **gestión estratégica de nichos** analiza los proyectos locales como experimentos (de nicho) que proporcionan información teórica y práctica sobre cómo construir y apoyar espacios protegidos para las innovaciones. Este enfoque desarrolla tres procesos internos que son relevantes para comprender las trayectorias de desarrollo del nicho, que se analizan en detalle en el siguiente apartado.

Los **sistemas de innovación tecnológica** se centran en comprender y explicar el complejo sistema de innovaciones emergentes en torno a una tecnología en particular mediante el análisis de las estructuras del sistema (actores, redes e instituciones), sus funciones (experimentación empresarial), el desarrollo y la difusión del conocimiento, la orientación de la identificación de oportunidades, el análisis del mercado, la movilización de recursos, la creación de legitimidad y el desarrollo de economías externas.

Este artículo se centra en el enfoque de la gestión estratégica de nichos porque proporciona las bases apropiadas para organizar los conocimientos que se estiman necesarios sobre los ecosistemas industriales emergentes y las transiciones hacia la sostenibilidad de los sistemas de producción industrial a largo plazo. Hay que tener en cuenta que en estos momentos los ecosistemas industriales no representan la lógica principal detrás del desarrollo del sistema de producción industrial, y las evidencias muestran que actualmente constituyen prácticas marginales sostenibles en geografías distribuidas. En otras palabras, en su mayoría permanecen actualmente en el nivel de nicho.

De acuerdo con este enfoque, y teniendo en cuenta que los nichos actúan como salas de incubación para las transiciones hacia la sostenibilidad, es posible estudiar los ecosistemas industriales desde una perspectiva de transición, ya que pueden considerarse como espacios que nutren las interacciones basadas en el intercambio de recursos entre los actores del sistema de producción industrial. Por tanto, si pueden mantener la incubación durante un tiempo de manera continuada, podrán llevarse a cabo las transiciones hacia un ecosistema industrial en el futuro.

LA GESTIÓN ESTRATÉGICA DE NICHOS. UNA HERRAMIENTA PARA EL ESTUDIO DE LAS TRANSICIONES HACIA ECOSISTEMAS INDUSTRIALES Y LA FORMULACIÓN DE POLÍTICAS

Como se ha puesto de manifiesto en los apartados anteriores, la conceptualización que se presenta en este artículo integra la literatura sobre ecología industrial y el enfoque estratégico de gestión de nichos. Esta conceptualización sigue una perspectiva evolutiva que ha sido dominante en la literatura y que afirma que los principios de la ecología industrial pueden conducir a cambios tecnológicos, institucionales y culturales fundamentales, tanto a nivel organizacional como sectorial, a través de la colaboración e interacción entre múltiples actores y la generación de redes en los sistemas de producción industrial. La ecología industrial se conceptualiza como un modelo de innovación sistémica y los ecosistemas industriales se abordan como construcciones socio-técnicas.

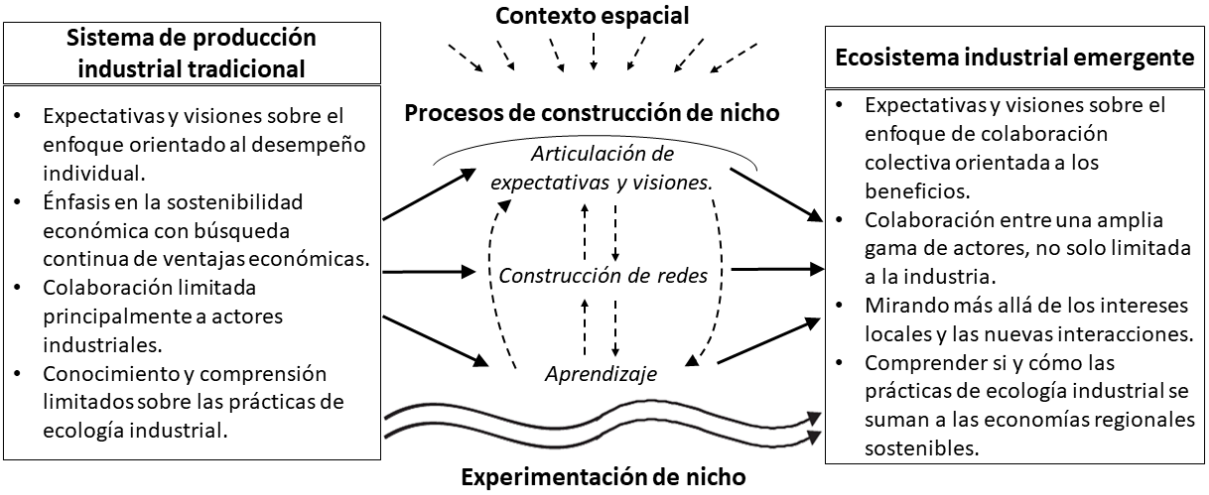
Asimismo, se considera que la gestión estratégica de nichos constituye una herramienta que proporciona las capacidades necesarias para transformar los sistemas industriales convencionales en ecosistemas industriales emergentes siguiendo unas pautas de transición sostenible. Los principales objetivos de la gestión estratégica de nichos se basa en la gestión ex-ante de innovaciones orientadas a la sostenibilidad (Schot y Geels, 2008), y por esta razón adopta los conceptos de la experimentación como elementos centrales de sus fundamentos teóricos (Borghei y Magnusson, 2018; Weber, *et al*., 1999). Desde una perspectiva evolutiva, este enfoque establece que los experimentos que se refieren a proyectos locales orientados a la sostenibilidad son elementos cruciales para construir los nichos, los cuales obtienen un impulso en el tiempo a través de la innovación continua (Geels, 2002). Los nichos actúan como incubadoras de innovación en las que emerge una comunidad con expectativas y visiones compartidas, y proporcionan las condiciones para la penetración exitosa de las innovaciones orientadas a la sostenibilidad en las prácticas convencionales, así como los recursos necesarios para el desarrollo de futuros proyectos locales (Geels y Raven, 2006).

Este enfoque proporciona también las bases para analizar y comprender los experimentos relativos a la gestión estratégica de nichos, lo que en algunos casos conduce con éxito a nichos emergentes que desafían a las rutinas poco sostenibles aunque, en algunos casos, siguen siendo prácticas que tienen una débil caracterización. Esta gestión estratégica requiere de tres procesos interdependientes e interrelacionados a través de los cuales los experimentos pueden contribuir al desarrollo exitoso de nichos (Raven, 2005; Schot y Geels, 2008; van der Laak, *et al*., 2007): (i) articulación de expectativas y visiones, (ii) construcción de redes sociales y (iii) procesos de aprendizaje.

La **articulación de expectativas y visiones** es el primer proceso de nicho para construir un ecosistema industrial. Este proceso de articulación debe conducir al establecimiento de una dirección predominante para el camino o viaje a seguir en las transiciones hacia la sostenibilidad de los sistemas de producción industrial, y puede necesitar del apoyo de una visión sólida, específica, ambiciosa y, al mismo tiempo, realista en consonancia con las expectativas de los actores regionales. Es importante destacar que este proceso permitiría atraer la atención de otros actores y crear las bases a través del intercambio de conocimientos para fomentar nuevos experimentos.

La **construcción de redes sociales** es el segundo proceso de nicho. En esta fase se sugiere adoptar una amplia perspectiva de red para los ecosistemas industriales que faciliten las interacciones entre los diferentes actores del sistema implicados en su planifi-

FIGURA 3
MARCO PARA DESARROLLAR UN ECOSISTEMA INDUSTRIAL EMERGENTE



Fuente: Susur, *et al.*, 2019c.

cación e implementación (industria, organizaciones gubernamentales y no gubernamentales, centros de investigación y universidades, organismos intermedios, comunidades locales, etc.). A medida que las redes se amplían con diferentes tipos de actores y el compromiso entre ellos se incrementa, este proceso contribuye en mayor medida a la generación de nichos emergentes y a la movilización de todos los recursos disponibles.

Finalmente, **el aprendizaje** constituye el tercer proceso de nicho. Está constituido por los conocimientos tangibles e intangibles de los diferentes actores del sistema, lo que permite generar una cultura compartida entre ellos. En esta fase se persigue que las actividades de aprendizaje no solo activen el aprendizaje de primer nivel, basado en el intercambio de conocimiento relacionado con hechos y datos, a través del cual los actores pueden identificar un problema y corregirlo sin cambiar las reglas subyacentes, sino que faciliten el aprendizaje de segundo nivel a través de cambios en los supuestos cognitivos, normativos y regulatorios de los actores involucrados, es decir, lograr implementaciones reales.

La experiencia demuestra que estos tres procesos interactúan entre sí, se refuerzan mutuamente y evolucionan conjuntamente contribuyendo al desarrollo de un nicho, mientras que los entornos interno y externo también contribuyen a configurar esa mediación (van der Laak, *et al.*, 2007; Raven y Geels, 2010).

Además de estos procesos, la gestión estratégica de nichos considera también el **contexto espacial**. Este contexto permite tener en consideración un conjunto de atributos que tienen un peso específico, como son las políticas y otras regulaciones de los gobiernos centrales y regionales, la cultura regional, los mercados disponibles, las estructuras industriales, las redes existentes, la composición industrial en términos de sector y tamaño, la colaboración existente, la confianza, etc., que pueden influir de manera decisiva y pueden servir de apoyo a la incubación de las prácticas de ecología industrial durante la experimentación.

Según esta conceptualización, lo que podemos denominar como el viaje para convertir un sistema de producción industrial convencional en un ecosistema industrial a través de la experimentación de nichos se centra en una planificación adaptativa y continua, y la implementación de diversas prácticas dentro del sistema de producción industrial. Esta experimentación continua puede, con el tiempo, reemplazar las rutinas existentes orientadas al desempeño individual de los sistemas de producción industrial y los ecosistemas industriales pueden desarrollarse como nichos siguiendo las rutinas orientadas a beneficios colectivos. En este denominado viaje, la comunidad que brindaría apoyo a las prácticas de ecología industrial es clave para conseguir el éxito y no se limita a la red de las organizaciones industriales involucradas en el sistema. La Figura 3 refleja el marco propuesto para desarrollar un ecosistema industrial emergente.

Este marco también puede actuar como una herramienta para la formulación de políticas orientadas a apoyar los ecosistemas industriales emergentes, pues hay que tener en consideración que el potencial de un sistema de producción industrial para transformarse en un ecosistema industrial requiere de políticas específicas que ayuden a la formación de nichos. En este contexto es relevante dar importancia al proceso de construcción de redes dirigido a varios actores regionales (no solo enfocados en la industria), lo que permitiría aunar sus expectativas y visiones a través de mecanismos de aprendizaje que difundan el conocimiento sobre las prácticas de ecología industrial (Susur, *et al.*, 2019c).

Sin embargo, hasta ahora el enfoque de la gestión estratégica de nichos no se ha aplicado como una herramienta de gestión ex-ante para introducir nuevas tecnologías y prácticas sostenibles; por el contrario, se ha utilizado como un marco analítico para el análisis ex-post y la evaluación de casos específicos como los biocombustibles (van der Laak, *et al*., 2007), la gasificación de biomasa (Verbong, *et al*., 2010), alimentos orgánicos (Smith, 2006), plantas de biogás (Geels y Raven, 2006), e innovaciones de transporte sostenible aplicadas en vehículos eléctricos de batería (Kemp, *et al*., 1998) y vehículos eléctricos híbridos (Sushandoyo y Magnusson, 2014).

CONCLUSIONES

En este artículo se ha tratado de promover la comprensión y la gestión de las transiciones hacia un ecosistema industrial con la finalidad de abordar el desafío de los problemas de sostenibilidad en los sistemas tradicionales de producción industrial que operan bajo rutinas de producción lineal. Para conseguirlo, en primer lugar se ha tratado de fortalecer el vínculo entre el ámbito de la ecología industrial y el de las transiciones de sostenibilidad, tomando como punto de partida los estudios relativos a la innovación de carácter sistémico. A continuación, se ha propuesto un marco analítico para estudiar y gestionar las transiciones del ecosistema industrial enfocándose en los ecosistemas industriales emergentes a escalas local y regional. Este marco ofrece un enfoque del sistema socio-técnico, basado en el marco estratégico de gestión de nichos, como la principal inspiración de carácter teórico. En resumen, la ecología industrial se ha abordado como un modelo de innovación sistémica, y los ecosistemas industriales como una construcción sociotécnica, más específicamente como nichos que son necesarios para abordar las transiciones de los sistemas socio-técnicos de producción industrial.

El enfoque analítico utilizado en relación al concepto de nicho se ha basado en la experimentación como elemento central de su diseño y se han definido tres procesos específicos (articulación de expectativas y visiones, construcción de redes sociales y aprendizaje), para diseñar el marco de referencia. Este enfoque sugiere que la forma en que emergen los ecosistemas industriales depende de los niveles de interacción e interdependencia en los procesos de generación de los nichos durante la experimentación, teniendo el contexto espacial una influencia muy significativa en su desarrollo.

Pero las transiciones hacia los ecosistemas industriales no son fáciles de realizar, pues las transiciones necesarias requieren de cambios sustanciales en las rutinas existentes en los sistemas de producción industrial. Además, los actores existentes en los sistemas industriales convencionales tienden a presentar resistencia a los cambios que se introduzcan en sus reglas regulatorias, normativas y cognitivas, lo que lleva a la aparición de bloqueos en las rutinas actuales. Es necesario, por tanto, construir nuevas redes, más amplias y heterogéneas, que permitan que dentro de la comunidad puedan surgir actores que protejan y apoyen el proceso de generación de nichos estratégicos. Este proceso debe ser continuo para conseguir los siguientes objetivos:

- Mantener el impulso y el apoyo a estos cambios.
- Involucrar al mayor número posible de actores en las redes del ecosistema industrial emergente.
- Desarrollar más intercambios de naturaleza simbiótica para impulsar el aprendizaje de segundo orden de la industria.
- Crear vínculos más profundos entre los experimentos a escala local y regional, pero sin dejar de lado la proyección a los niveles nacional internacional.
- Informar al mayor número posible de actores de la región sobre lo que se vaya logrando y los pasos futuros a dar.

Por último, es importante tener en consideración que las organizaciones intermedias que aglutinan a diferentes actores locales y regionales, como organismos de coordinación y gestión, pueden ser particularmente útiles para mantener ese impulso. Si las redes que se implementen son capaces de brindar soporte y protección para el desarrollo de nuevos experimentos que contribuyan a la generación de procesos de nicho, será posible realizar cambios en las reglas de los sistemas de producción industrial para lograr las transiciones hacia ecosistemas industriales.

REFERENCIAS

ADAMIDES, E. D. & MOUZAKITIS, Y. 2009. «Industrial ecosystems as technological niches». Journal of Cleaner Production, 17(2): 172-180.

BERGEK, A., HEKKERT, M., JACOBSSON, S., MARKARD, J., SANDÉN, B. & TRUFFER, B. 2015. «Technological innovation systems in contexts: Conceptualizing contextual structures and interaction dynamics». Environmental Innovation and Societal Transitions, 16: 51–64.

BERGEK, A., JACOBSSON, S., CARLSSON, B., LINDMARK, S. & RICKNE, A. 2008. «Analyzing the functional dynamics of technological innovation systems: A scheme of analysis». Research Policy, 37: 407-429.

BOONS, F., SPEKKINK, W. & MOUZAKITIS, Y. 2011. «The dynamics of industrial symbiosis: a proposal for a conceptual framework based upon a comprehensive literature review». Journal of Cleaner Production, 19: 905-911.

BORGHEI, B.B. & MAGNUSSON, T. 2018. «Niche aggregation through cumulative learning: A study of multiple electric bus projects». Environmental Innovation and Societal Transitions, 28: 108-121.

CARR, A.J.P. 1998. «Choctaw eco-industrial park: An ecological approach to industrial land-use planning and design». Landscape and Urban Planning, 42: 239-257.

CHERTOW, M.R. 2000. «Industrial symbiosis: Literature and taxonomy». Annual Review of Energy and the Environment, 25: 313-337.

COENEN, L. & TRUFFER, B. 2012. «Places and spaces of sustainability transitions: Geographical contributions to an emerging research and policy field». European Planning Studies, 20(3): 367-374.

DEUTZ, P. & GIBBS, D. 2004. «Eco-industrial development and economic development: Industrial ecology or place promotion». Business Strategy and the Environment, 13: 347-362.

DEUTZ, P. & GIBBS, D. 2008. «Industrial ecology and regional development: Eco-Industrial development as cluster policy». Regional Studies, 42(10): 1313-1328.

EHRENFELD, J. & GERTLER, N. 1997. «Industrial ecology in practice: The evolution of interdependences at Kalundborg». Journal of Industrial Ecology, 1: 67-79.

ERKMAN, S. 1997. «Industrial ecology: An historical view». Journal of Cleaner Production, 5(1): 1-10.

FARLA, J., MARKARD, J., RAVEN, R. & COENEN, L. 2012. «Sustainability transitions in the making: A closer look at actors, strategies and resources». Technological Forecasting & Social Change, 79: 991–998.

FROSCH, R.A. 1992. «Industrial ecology: A philosophical introduction». Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 89, pp. 800-803.

GEELS, F.W. 2002. «Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: A multi-level perspective and a case study». Research Policy, 31: 1257-1274.

GEELS, F.W. 2005. «Processes and patterns in transitions and system innovations: Refining the co-evolutionary multi-level perspective». Technological Forecasting & Social Change, 72: 681–696.

GEELS, F. W. & RAVEN, R. 2006. «Non-linearity and expectations in niche-development trajectories: Ups and downs in Dutch biogas development (1973-2003)». Technology Analysis and Strategic Management, 18(3-4): 375-392.

GEELS, F.W. & SCHot, J. 2007. «Typology of sociotechnical transition pathways». Research Policy, 36(3): 399-417.

GIBBS, D. 2009. Eco-industrial Parks and Industrial Ecology: Strategic Niche or Mainstream Development. In: The Social Embeddedness of Industrial Ecology. Cheltenham: Edward Elgar: 73-102.

GIBBS, D., DEUTZ, P. & PROCTOR, A. 2005. «Industrial ecology and eco-industrial development: A potential paradigm for local and regional development?». Regional Studies, 39: 171-183.

GRAEDEL, T. & ALLENBY, B. 1995. Industrial ecology. Englewood Cliffs, New Jersey.

HARGROVES, K. & SMITH, M. 2005. Natural Advantage of Nations. In: The Natural Advantage of Nations: Business Opportunities, Innovation and Governance in the 21st Century. London: Earthscan.

HEKKERT, M.P., SUURS, R.A.A., NEGRO, S., KUHLMANN, S. & SMITS, R.E. 2007. «Functions of innovation systems: A new approach for analysing technological change». Technological Forecasting and Social Change, 74: 413–432.

HEWES, A.K. & LYONS, D.I. 2008. «The humanistic side of eco-industrial parks: Champions and the role of trust». Regional Studies, 42(10): 1329-1342.

HUBER, J. 2000. «Towards industrial ecology: Sustainable development as a concept of ecological modernization». Journal of Environmental Policy & Planning, 2: 269-285.

KEMP, R., SCHOT, J. W. & HOOGMA, R. 1998. «Regime shifts to sustainability through processes of niche formation: The approach of strategic niche management». Technology Analysis and Strategic Management, 10: 175-196.

KLOIBER, M. & PRIEWASSER, R. 2014. «Managing cross-industry innovations: A search strategy for radical eco-innovations. In: Eco-Innovation and the Development of Business Models: Lessons from Experience and New Frontiers in Theory and Practice. Switzerland: Springer International Publishing: 19-37.

KORHONEN, J. 2001. «Four ecosystem principles for an industrial ecosystem». Journal of Cleaner Production, 9: 253-259.

KORHONEN, J. 2004. «Theory of industrial ecology». Progress in Industrial Ecology - An International Journal, 1(1-3): 61-88.

LOMBARDI, D. R. & LAYBOURN, P. 2012. «Redefining industrial symbiosis: Crossing academic-practitioner boundaries». Journal of Industrial Ecology, 16(1): 28-37.

LOWE, E. 2001. Eco-industrial Park Handbook for Asian Developing Countries. Oakland, Indigo Development.

MACHIBA, T. 2010. «Eco-innovation for enabling resource efficiency and green growth: development of an analytical framework and preliminary analysis of industry and policy practices». International Economics and Economic Policy, 7: 357–370.

MARKARD, J., RAVEN, R. & TRUFFER, B. 2012. «Sustainability transitions: An emerging field of research and its prospects». Research Policy, 41: 955-967.

MOUZAKITIS, Y., ADAMIDES, E. & GOUTSOS, S. 2003. «Sustainability and industrial estates: The emergence of eco-industrial parks». Environmental research, Engineering and Management, 26(4): 85–91.

OECD. 2009. Sustainable Manufacturing and Eco-Innovation: Framework, Practices and Measurement. Paris.

OECD. 2010. Eco-innovation in Industry: Enabling Green Growth. Paris.

PAQUIN, R. & HOWARD-GRENVILLE, J. 2009. Facilitating regional industrial symbiosis: network growth in the UK's national industrial symbiosis programme. In: The social embeddedness of industrial ecology. Cheltenham: Edward Elgar: 103-127.

RAVEN, R. 2005. Strategic Niche Management for Biomass Strategic Niche Management for Biomass: A comparative study on the experimental introduction of bioenergy technologies in the Netherlands and Denmark. Eindhoven University Press.

RAVEN, R.P. & GEELS, F.W. 2010. «Socio-cognitive evolution in niche development: Comparative analysis of biogas development in Denmark and the Netherlands (1973-2004)». Technovation, 30: 87-99.

RIP, A. & KEMP, R. 1998. Technological Change. In: Human Choice and Climate Change - Resources and Technology. Columbus. Battelle Press: 327-399.

ROTMANS, J. & LOORBACH, D. 2009. «Complexity and transition management». Journal of Industrial Ecology, 13(2): 184-196.

Schot, J. & Geels, F. W., 2008. «Strategic niche management and sustainable innovation journeys: Theory, findings, research agenda, and policy». Technology Analysis and Strategic Management, 20(5): 537-554.

SCHOT, J., HOOGMA, R. & ELZEN, B. 1994. «Strategies for shifting technological systems. The case of the automobile system». Futures, 10: 1060-1076.

SMITH, A., 2006. «Green niches in sustainable development: The case of organic food in the United Kingdom». Environment and Planning C, 24: 439-458.

SMITH, A. & RAVEN, R. 2012. «What is protective space? Reconsidering niches in transitions to sustainability». Research Policy, 41: 1025–1036.

SUSHANDOYO, D. & MAGNUSSON, T. 2014. «Strategic niche management from a business perspective: Taking cleaner vehicle technologies from prototype to series production». Journal of Cleaner Production, 74: 17-26.

SUSUR, E., HIDALGO, A. & CHIARONI, D. 2019a. «The emergence of regional industrial ecosystem niches: A conceptual framework and a case study». Journal of Cleaner Production, 208: 1642-1657.

SUSUR, E., HIDALGO, A. & CHIARONI, D. 2019b. «A strategic niche management perspective on transitions to eco-industrial park development: A systematic review of case studies». Resources, Conservation and Recycling, 140: 338-359.

SUSUR, E., MARTIN-CARRILLO, D., CHIARONI, D. & HIDALGO, A. 2019c. «Unfolding eco-industrial parks through niche experimentation: Insights from three Italian cases». Journal of Cleaner Production, 239: 118069.

SUURS, R. & ROELOFS, E. 2014. Systemic Innovation: Concepts and tools for strengthening National and European Eco-policies. Delft, TNO .

TRUFFER, B. & COENEN, L. 2012. «Environmental innovation and sustainability transitions in regional studies». Regional Studies, 46(1): 1-21.

VALENTINO, A. 2015. Eco-industrial parks: The international state of art. In: Eco-Industrial Parks: A Green and Place Marketing Approach. Rome, Luiss University Press: 21-42.

VAN DER LAAK, W.W.M., RAVEN, R.P.J.M. & VERBONG, G.P.J. 2007. «Strategic niche management for biofuels: Analysing past experiments for developing new biofuel policies». Energy Policy, 35: 3213-3225.

VERBONG, G., CHRISTIAENS, W., RAVEN, R. & BALKEMA, A. 2010. «Strategic Niche Management in an unstable regime: Biomass gasification in India». Environmental Science and Policy, 13(4): 272-281.

WEBER, M., HOOGMA, R., LANE, B. & SCHOT, J. 1999. Experimenting with Sustainable Transport Innovations. A workbook for Strategic Niche Management. Seville/Enschede, Twente University.

LA COOPERACIÓN COMO INSTRUMENTO PARA MEJORAR LA COMPETITIVIDAD Y LA SOSTENIBILIDAD DEL SECTOR INDUSTRIAL Y EMPRESARIAL

OLGA MARTÍN

Aclima, *Basque Environment Cluster*

La Economía Circular es una herramienta eficaz para mejorar la sostenibilidad del planeta, reducir impactos ecológicos y generar beneficios económicos y de otra índole para las empresas. El paradigma del desarrollo sostenible, asumido de manera integral por la sociedad en su conjunto, reserva un papel relevante al sector privado, no solo como generador de actividad económica, sino también como referente en el cuidado del medio ambiente.

Las empresas se encuentran en la obligación de adoptar medidas tendentes a mitigar su impacto ambiental y convertirse en agentes activos ante la protección del entorno. Pero tienen que combinar estos objetivos con una gestión tendente a mantener y, en la medida de lo posible, incrementar sus beneficios económicos. Para ello, la colaboración se erige en un factor diferencial, que puede promover ahorros significativos en sus procesos optimizando la eficiencia, además de posibilitar mejores resultados económicos y ambientales.

En este sentido, conceptos como la eco-industria o los sistemas eco-industriales se convierten en tendencias que, debido a su capacidad aglutinante, van a estar cada vez más presentes en la realidad económica y social. No en vano, las alianzas entre empresas, orientadas a compartir gastos, recursos, materiales, gestión de residuos, infraestructuras etc., constituyen una solución lógica para maximizar los beneficios económicos a la vez que se persigue un mayor desarrollo sostenible.

Los sistemas naturales son circulares, en ellos existen procesos que se repiten de manera cíclica. Por tanto, no tiene sentido seguir con un modelo económico, de producción y de consumo lineal. Ante esto, la Economía Circular se erige en el nuevo paradigma que va a posibilitar un desarrollo económico más sostenible para el medio ambiente, a la vez que convierte a las empresas en más competitivas dentro de un mercado y una sociedad que progresivamente han ido adoptando los valores ecológicos como ineludibles. Uno de los aspectos más relevantes de este nuevo modelo económico es su carácter transversal, ya que es capaz de aplicarse en todos los sectores de la actividad económica, redefiniendo las relaciones entre empresa y sociedad, y reclamando para sí el papel de dinamizador de la actividad económica.

Las empresas desarrollan su actividad en un contexto económico, social y natural del que son partícipes. Para poder operar requieren de recursos naturales y energéticos. Si estos se encuentran en peligro de agotarse, o también si su escasez lleva a que su precio

se encarezca, los efectos para las compañías pueden ser muy negativos. Esta dependencia del medio natural acarrea que las empresas no perciban los recursos naturales tan solo como insumos, sino que constituyen un elemento imprescindible sin el cual su actividad no podría continuar. La reducción en el consumo de recursos naturales o energéticos deriva en un ahorro en los costes corporativos y, al mismo tiempo, consigue una mejora de la eficiencia en los procesos que optimiza la productividad y competitividad de las empresas e industrias. La consecuencia es que este ahorro de costes permite a las compañías ofertar productos o servicios a un menor precio, incrementando sus ventas y mejorando su posición en el mercado (Durán, 2009).

Con la adopción de prácticas circulares y ambientales las empresas logran optimizar sus procesos mediante de la incorporación de sistemas de gestión más detallados. El perfeccionamiento en ecoeficiencia se traduce en una mejora de la eficiencia global de la compañía y esto conlleva el impulso de productos o servicios innovadores, de mayor calidad o que responden mejor a las necesidades del entorno. Pero también existe un aspecto que va ganando peso con el paso de los años. La concienciación social respecto a la necesidad de cuidar el medio ambiente y la ecología como matriz ideológica y social, han predispuesto el surgimiento de un nicho de mercado de bienes y productos en los que la sostenibilidad se ha convertido en un valor diferenciador. Los consumidores se muestran cada vez más dispuestos a adoptar decisiones de compra basados en este tipo de criterios, por ejemplo, en 2018 un estudio llevado a cabo por la Organización de Consumidores y Usuarios y el Foro NESI revelaba que el 73% de los españoles toma decisiones de consumo por motivos éticos o sostenibilidad (OCU y Foro NESI, 2018). Un aspecto relevante para las empresas respecto a estas tendencias es que el consumidor se muestra dispuesto a pagar un mayor precio por productos con la etiqueta de sostenibles y, además, esta tendencia es mayor entre las generaciones más jóvenes (OCDE, 2019).

En el contexto actual la gestión medioambiental puede suponer para las compañías un gran reto, pero también constituye una fuente de oportunidades que, debidamente aprovechadas, puede mejorar su competitividad y presencia en el mercado. En esta situación, las alianzas sectoriales, la cooperación con otras empresas y la búsqueda de sinergias con entidades o instituciones públicas son elementos ineludibles para conseguir avanzar hacia la circularidad de manera sostenible y alcanzar objetivos que de manera individual no podrían conseguir (Babiak y Trendafilova, 2011). También se ha de tener en cuenta que la comunidad internacional se muestra cada vez más activa en este ámbito y, en las últimas décadas, por parte de las administraciones públicas se han incentivado estímulos financieros, beneficios fiscales, ayudas a la innovación y otra serie de medidas tendentes a favorecer la sostenibilidad, la Economía Circular y la colaboración entre empresas.

LA SOSTENIBILIDAD COMO VALOR SOCIAL

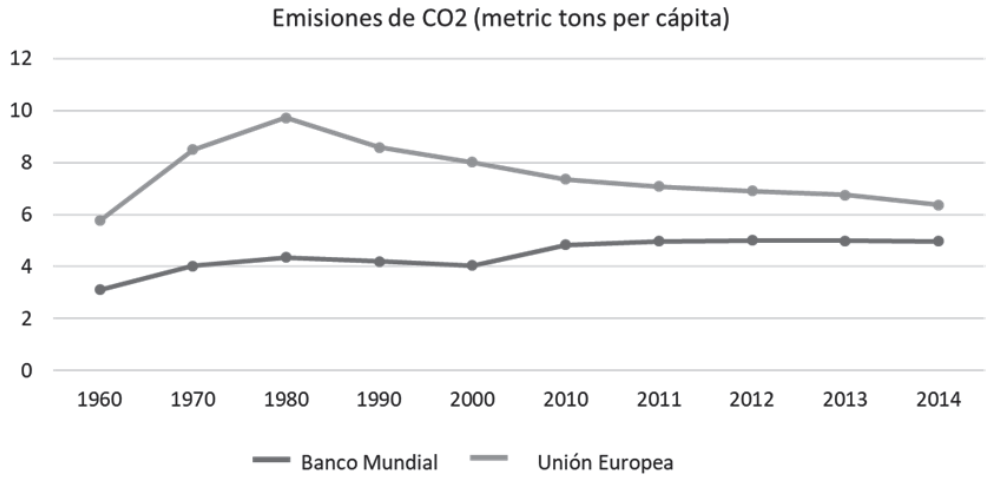
Si bien es cierto que en la actualidad existe un consenso científico y social casi unánime respecto a los efectos en el entorno natural de la acción humana, la asunción de la lucha contra el cambio climático, las consecuencias de las emisiones de gases a la atmósfera o el impacto del hombre sobre el medio ambiente ha recorrido una serie de hitos en las últimas décadas. Hoy día, la comunidad internacional está muy sensibilizada acerca de los aspectos medioambientales que, con el paso del tiempo, han pasado a ocupar un lugar prioritario en la agenda política. Además, los cada vez más palpables efectos sobre el clima y el entorno de la emisión de gases de efecto invernadero, con evidencias científicas y empíricas que clarifican su impacto sobre el planeta, han acelerado la acción política internacional.

La emisión de gases como el dióxido de carbono o el óxido nitroso, producto de la actividad industrial, la agricultura o la generación de energía, ha provocado el llamado efecto invernadero, que consiste en el aumento global de temperatura debido a que el calor que el Sol emite a la Tierra no puede disiparse al toparse con una capa de gases de la atmósfera. Asimismo, la producción industrial y la sobreexplotación de los recursos naturales están provocando su escasez, y posible agotamiento futuro. Es por esto que la protección del medio ambiente es una urgencia cada vez más relevante a nivel global y que se haya asumido que requiere la participación de todos los actores sociales, entre ellos las empresas (figuras 1 y 2).

La Organización de las Naciones Unidas (ONU) en 1983 creó la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, que publicó en 1987 el Informe *Our Common Future* (Nuestro futuro común) (ONU, 1987). En el mismo se definía el desarrollo sostenible como aquel que «*satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades*». En 1988, la ONU constituyó el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), con el objetivo de preparar informes regulares en los que se evalúen las causas y los efectos del cambio climático global y las posibles medidas a llevar a cabo.

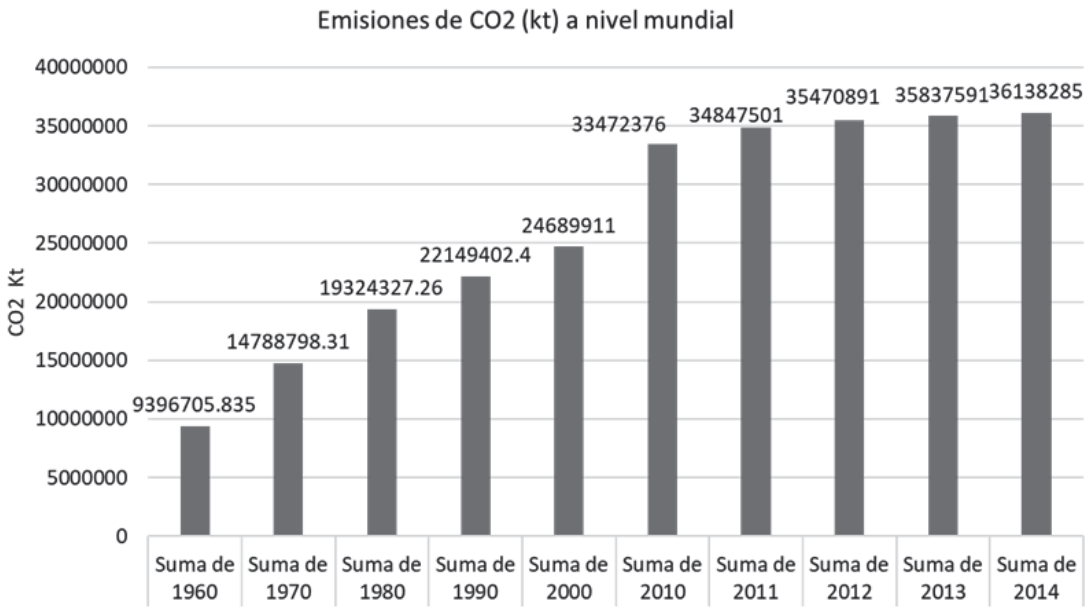
Posteriormente llegaría la llamada Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo en 1992, aprobada en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (segunda Cumbre de la Tierra), en Río de Janeiro (ONU, 1992). Este acuerdo promueve la protección ambiental como un elemento indispensable para alcanzar el desarrollo social y económico, e hizo un llamamiento a los Gobiernos del mundo para que desarrollaran leyes y normativas que fomentasen el cuidado del medio ambiente. En la Cumbre de Río se adoptó la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). A partir de su entrada en vigor en 1994 comenzaron a celebrarse anualmente las denominadas Conferencia de las Partes (COP), para debatir y tomar

FIGURA 1
EMISIONES DE CO_2 PER CÁPITA



Fuente: Banco Mundial. Base de datos de Indicadores del desarrollo mundial.

FIGURA 2
EMISIONES DE CO_2 A NIVEL MUNDIAL



Fuente: Banco Mundial. Base de datos de Indicadores del desarrollo mundial.

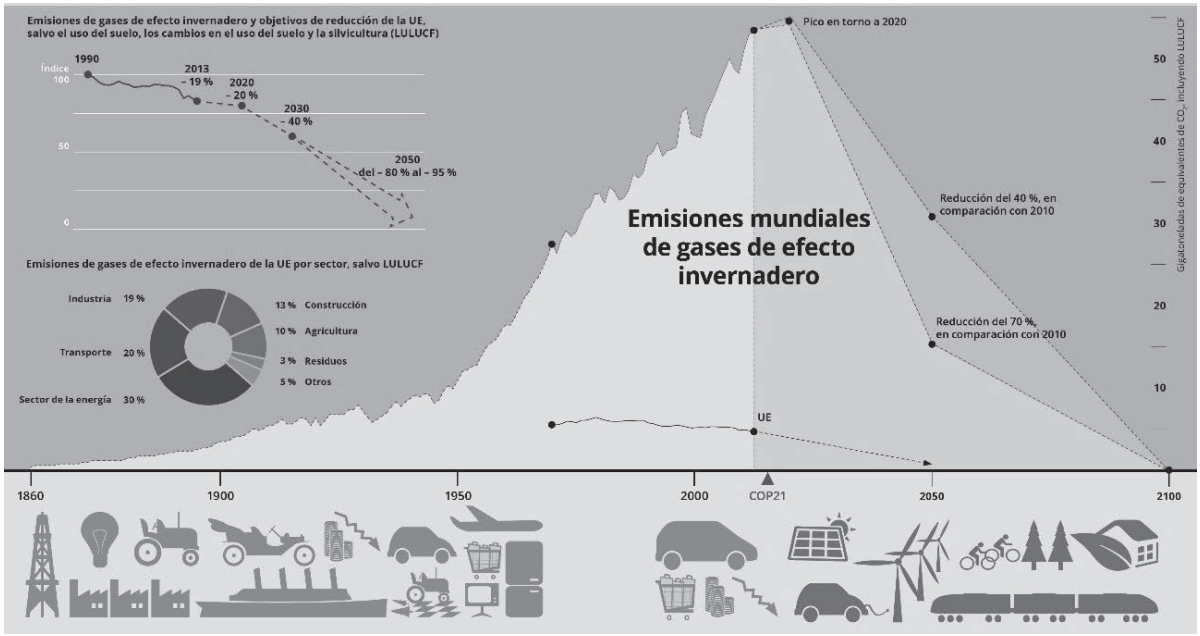
decisiones globales respecto al cambio climático. También se adoptó en 1997 el Protocolo de Kioto, un acuerdo internacional para reducir la emisión de gases de efecto invernadero que no entró en vigor hasta el año 2005 (figura 3).

Como consecuencia de la Cumbre de Río se estableció la Agenda 21, en la que se recogían los problemas que debían ser abordados a nivel global, nacional y local para lograr un desarrollo sostenible. La Agenda 21 es el claro antecedente de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) fijados por la ONU en el año 2000.

Estos objetivos se revisaron en 2015 y se estableció una nueva agenda mundial que gira en torno a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) (ONU, 2015). Entre estos diecisiete objetivos, seis están dedicados específicamente al medioambiente:

- Objetivo 6: Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos.
- Objetivo 7: Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos.

FIGURA 3
EVOLUCIÓN DE LAS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO



Fuente: Agencia Europea de Medio Ambiente.

- Objetivo 12: Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles.
- Objetivo 13: Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos.
- Objetivo 14: Conservar y utilizar en forma sostenible los océanos, los mares y los recursos marinos para el desarrollo sostenible.
- Objetivo 15: Proteger, restablecer y promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, gestionar los bosques de forma sostenible, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y poner freno a la pérdida de la biodiversidad biológica.

Además, otros tres atañen al sector privado, empresarial e industrial:

- Objetivo 7: Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos.
- Objetivo 8: Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos.
- Objetivo 9: Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible, y promover la innovación.

Una novedad relevante para el sector privado es que los ODS definen a las empresas como agentes de desarrollo. Además, como ya hemos dicho, estas se ven afectadas por ellos al tener un protagonismo ineludible en aspectos como tecnologías, consumo, residuos o energía.

Uno de los hitos más destacados en la acción climática internacional es el Acuerdo de París, aprobado en 2015 y en vigor desde el año 2016 (ONU, 2016). Su objetivo es que el aumento de la temperatura global al final de este siglo se mantenga entre los 2 y los 1,5 grados respecto a los niveles preindustriales. Suscrito por 195 países, estos deben presentar planes de reducción de emisiones que abarquen períodos de cinco años. El artículo 6 de este acuerdo insta al mundo empresarial a involucrarse en la aplicación y consecución del objetivo nacional presentado por cada país.

En un ámbito más cercano, la Comisión Europea se ha propuesto que Europa sea el primer continente climáticamente neutro, fijando el año 2050 como fecha límite. Esto significa que para ese año el volumen de CO_2 lanzado a la atmósfera en el continente sea el mismo que el que absorban los bosques, plantas y otros sumideros naturales de carbono, obteniendo de esta manera un balance neutral, o una huella cero de carbono. El instrumento para alcanzar esta ambiciosa meta es el llamado Pacto Verde Europeo o Green Deal (European Commission, 2020), un conjunto normativo que, además de articular la política ambiental europea, constituye la estrategia de desarrollo económico de la UE, basada en la economía circular y la sostenibilidad. Este nuevo modelo persigue que la acción climática se convierta en el eje vertebrador de la economía europea, arrastrando a otros sectores económicos gracias a su transversalidad (figura 5).

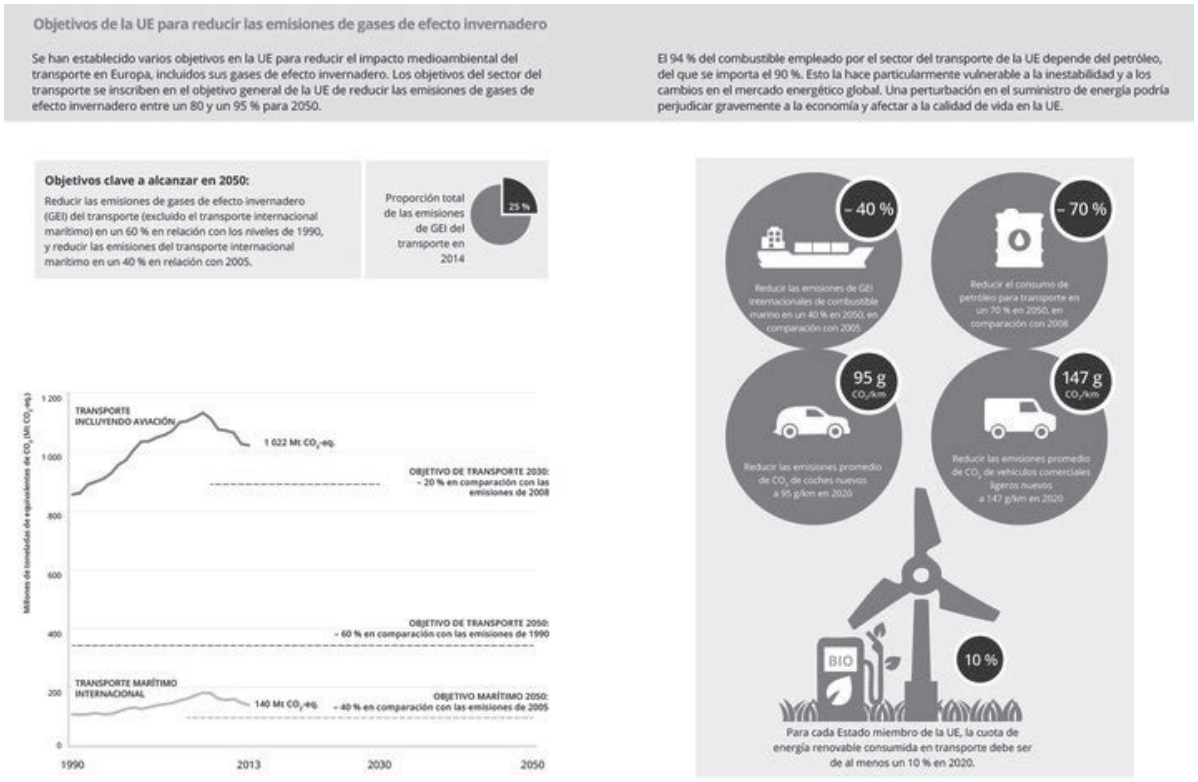
FIGURA 4
OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE (ODS)



Fuente: Agencia Europea de Medio Ambiente.

La descarbonización de la economía va a suponer cambios para las empresas, que para no quedarse fuera de este nuevo paradigma de desarrollo necesitan adaptar sus estructuras, procesos y organización. El sector industrial puede verse particularmente afectado, ya que representa el 20% de las emisiones de la Unión Europea y solo el 12% de los materiales que utiliza proceden del reciclado. Además, la UE va adoptar próximamente un nuevo Plan de Acción para la Economía Circular (European Commission, 2020) con el propósito de modernizar la economía europea e impulsar aún más las prácticas relacionadas con la Economía Circular y la sostenibilidad. Todo esto va a subrayar la importancia de la colaboración para las empresas, en aras de afrontar conjuntamente los retos que el tránsito de un modelo económico lineal a otro circular les plantea.

FIGURA 5
OBJETIVOS DE LA UE PARA REDUCIR LAS EMISIONES DE EFECTO INVERNADERO



Fuente: Agencia Europea de Medio Ambiente.

EL DESARROLLO SOSTENIBLE Y EL NUEVO MARCO COMPETITIVO

Si bien la competitividad ha sido encumbrada durante décadas como el único parámetro válido para juzgar el desarrollo de una sociedad, organización o empresa, la concienciación social acerca de los valores relacionados con la sostenibilidad y la ecología ha traído nuevos modos de valorar y ponderar el desarrollo económico y humano. Anteriormente los indicadores económicos, principalmente el PIB, eran utilizados exclusivamente como reflejo del progreso social, pero las tendencias más actuales reclaman la necesidad de entender la competitividad como un medio para el logro de un bienestar social, que mejore la calidad de vida y el progreso económico de la sociedad en su conjunto.

El prestigioso economista Joseph Stiglitz publicó en 2013 su obra The Price of Inequality (Stiglitz, 2013), en la que reflexionaba acerca de las limitaciones de un sistema de medición basado solamente en valores económicos y punibles, reivindicando la necesidad de incluir otro tipo de mediciones que reflejaran el bienestar real de una sociedad. En este sentido, en los últimos años se han impulsado diferentes sistemas de medición con la intención de tomar en cuenta otros factores, además de los puramente económicos, a la hora de juzgar el desarrollo de un territorio u organización. Este es el caso de los citados Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la ONU o de la Agenda «Beyond GDP», promovida por la Comisión Europea.

La empresa, como agente económico de primer orden en nuestra sociedad, es el motor principal para la generación de riqueza, no solo en términos económicos, sino también en lo relativo a generar impacto social. El concepto de «Creating Shared Value» (CSV) planteado por Porter y Kramer (2006) se refiere a la capacidad de la empresa de crear valor económico y social, y su impacto ha sido importante dentro de las corrientes teóricas económicas (figura 6). En definitiva, supone la superación de la antigua visión sobre la relación entre la empresa y el territorio, según la cual la capacidad de la empresa de satisfacer necesidades sociales se limitaba a acciones filantrópicas o de responsabilidad social corporativa (RSC). El concepto de valor compartido aboga por considerar el propio negocio empresarial como una forma de satisfacer necesidades sociales a través de tres herramientas:

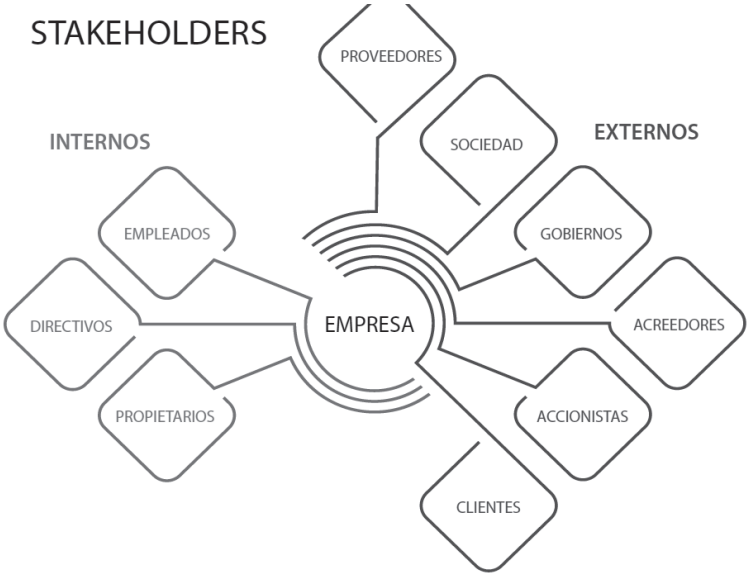
1. Preconcebir productos/servicios y servir a potenciales nuevos clientes, que serían colectivos desatendidos por el negocio tradicional.
2. Mejorar la eficiencia de la cadena de valor en términos de uso de recursos (energía, agua, materias primas), logística, o capacitación de proveedores.
3. Mejorar el entorno empresarial local a través de la creación de clústeres.

FIGURA 6
EL CONCEPTO DE *CREATING SHARED VALUE*



Fuente: Elaboración propia.

FIGURA 7
LOS *STAKEHOLDERS* DE UNA ORGANIZACIÓN



Fuente: Elaboración propia.

También es destacable el surgimiento de las denominadas Nuevas Economías, que pueden definirse como aquellas que ponen en el centro de toda organización el servicio a las personas y al planeta. Entre ellas, además de la Economía Circular, se sitúan la Economía Verde, la Economía Azul, la Economía Colaborativa, la Economía de Plataformas, la Economía Social y Solidaria, etc. Como efecto, y en relación a lo antes expuesto, han surgido nuevas propuestas para calcular su impacto en la sociedad, que emplean indicadores originados por el cruce de diversos valores universales, como pueden ser la dignidad humana, la solidaridad, la justicia social, el cuidado medioambiental, o la participación democrática, con los grupos de interés. La teoría de los stakeholders o grupos de interés fue formulada por Freeman (2010) y en ella se ponen de relieve los valores en las gestiones de una organización o empresa. Se trata de una superación de la perspectiva tradicional respecto a los diferentes grupos que interactúan en cualquier empresa. Freeman no considera que los accionistas o dueños de una organización sean los únicos grupos de interés para la misma, y abre el abanico para abarcar a otros estratos, como cuerpos gubernamentales, grupos políticos, asociaciones de comercio, sindicatos, comunidades, financieros, proveedores, empleados, y clientes (Figura 7).

FIGURA 8
EL MODELO DE ECOLOGÍA INDUSTRIAL



Fuente: Elaboración propia.

En cualquier caso, las empresas no pueden ser consideradas solamente como meros agentes económicos. Todas estas corrientes descritas ponen el acento en la necesidad de valorar los efectos e influencias de las empresas respecto a su medio social, preponderando su papel dinamizador no tan sólo en el ámbito económico, sino también como sujetos del cambio social.

DE LA ECONOMÍA CIRCULAR A LA ECOLOGÍA INDUSTRIAL

Aunque de manera prácticamente unánime se declara que la Economía Circular es el modelo económico preferible para garantizar un desarrollo sostenible, lo cierto es que en la actualidad tan solo supone el 9,1% de la economía global (World Economic Forum, 2019). Sin embargo, según datos publicados por la ONU (2018), la adopción de prácticas circulares en la economía global podría reducir entre un 80% y un 99% los desechos industriales en algunos sectores, y entre un 79% y un 99% de sus emisiones. Por su parte, la Comisión Europea estima que mediante la adopción de prácticas circulares, las empresas de la UE podrían incrementar en un 8% anual su volumen de negocio, con un ahorro neto de 600.000 millones de euros cada año.

Como es lógico, la transición a un modelo circular supone importantes retos para las empresas. En este sentido, un estudio publicado por el Centre for European Policy Studies (CEPS) (2018) agrupa los diferentes desafíos planteados a las empresas en ocho áreas temáticas distintas:

1. Estrategia. Es indispensable una estrategia europea común en Economía Circular, una única legislación, pero también que las aplicaciones de la misma en cada estado sean uniformes.
2. Ecodiseño y responsabilidad extendida del productor.
3. Digitalización y tecnologías emergentes.
4. Retos normativos. En la actualidad la legislación europea es un marco normativo que puede tener desarrollos distintos en los estados miembros que generan diferencias competitivas entre empresas de un mismo sector.
5. Finanzas. Es necesario cambiar la conceptualización de la financiación para poder hacer efectivo el desarrollo de los nuevos modelos de negocio circulares.
6. Informe de sostenibilidad corporativa: Las empresas tienen que integrar la circularidad en su modelo de negocio y saber comunicarlo tanto interna como externamente.
7. Compra pública verde. Los requisitos de las contrataciones públicas según criterios ambientales deben ser claros y públicos, para que las empresas sepan a qué atenerse.
8. Nuevos enfoques en los impuestos. Las cargas impositivas tienen que ser estables. Es necesario replantearse la fiscalidad de los productos acabados, ya que en un modelo circular el ciclo de vida de los productos puede incrementarse mediante el reciclado o la remanufacturada.

Pero en lo que se refiere al sector industrial en particular, ha surgido un nuevo concepto relativo a la aplicación de la Economía Circular en sus procesos. Estamos hablando de la Ecología Industrial, que a nivel global se ha definido como un «*discurso multidisciplinar que busca entender el comportamiento complejo emergente que integre la actividad humana y los sistemas naturales*» (Isenman, 2003). Se trata de un modelo que proyecta en el ámbito industrial las características de

la propia naturaleza, tomando como ejemplo el funcionamiento de un ecosistema, en el que los residuos y productos producidos por un organismo pueden ser utilizados por otros. En la medida que los sistemas naturales no tienen desperdicio, lo que se propone es modelar los sistemas industriales como los naturales, para convertirlos en sostenibles. Así, la Ecología Industrial supone la transformación de los procesos lineales industriales en un sistema de circuito cerrado en donde los desechos se convierten en suministros para nuevos procesos (figura 8).

Este concepto se popularizó en 1989 por Frosch y Gallopoulos (1989) que proclamaban la necesidad de que el sistema industrial se comportase como un ecosistema, donde los desechos de una especie son recursos para otras. De igual manera, argumentaban que los subproductos industriales debían convertirse en materiales aprovechados por la industria. De esta forma, establecían analogías entre los conceptos de Mercado y Medio Ambiente, Empresa y Organismo, Producto Natural y Producto Industrial, Selección Natural y Competencia, y Ecosistema y Parque Eco-Industrial.

El concepto de Ecología Industrial está en evolución, lo que provoca que se entienda de maneras diferentes, aunque en general siempre concita la sustitución de la organización industrial lineal clásica por un flujo circular continuo. Las cinco características fundamentales de la Ecología Industrial son (Isenman, 2003):

- Idea principal (simbiosis industrial). La interacción y compatibilidad económico-ecológica son una estrategia para adoptarse con preferencia a la independización de actividades.
- Perspectiva fundamental. La naturaleza es el modelo del cual aprender, pero con justificaciones críticas respecto a conceptos del sistema económico.
- Meta básica. Balance industrial–ecológico.
- Definición de trabajo. Visión integrada del intercambio de recursos de la actividad económica con la biosfera. El progreso tecnológico se reconoce como vital pero no exclusivo con respecto a la sostenibilidad ambiental.
- Objetos principales. El enfoque se dirige a productos, procesos, servicios y residuos a diferentes niveles que dependen de las escalas locales, regionales y globales.

Los residuos de un proceso industrial pueden servir como materia prima para otro, reduciendo en consecuencia el impacto de la industria sobre la naturaleza. En el periodo de transición, los residuos son valorizados como bienes industriales y entonces se denominan subproductos o productos en proceso de reutilización, promoviendo de esta manera el desarrollo sostenible industrial. Respecto a las sinergias entre subproductos, existen de dos tipos, substitución y mutualización, resultado de la conversión aprovechable de residuos, que más allá de ser desechados proporcionan un vínculo entre entidades con base en su reaprovechamiento.

Mediante la Ecología Industrial se analizan diversos aspectos relacionados con el medio ambiente a través de un enfoque sistémico, es decir, comprendiendo que los sistemas están interconectados, por lo que no pueden ser vistos en forma aislada. Algunos autores han señalado que el concepto de Ecología Industrial puede significar un cambio, desde una visión más mecanicista de los sistemas a una donde la sostenibilidad es vista como una propiedad emergente de un sistema complejo. Esto es porque que en muchas ocasiones los sistemas que trata Ecología Industrial son complejos, lo que puede provocar que las decisiones o cambios adoptados no sean efectivos o acarreen consecuencias no previstas.

SIMBIOSIS INDUSTRIAL: PARQUES ECO-INDUSTRIALES

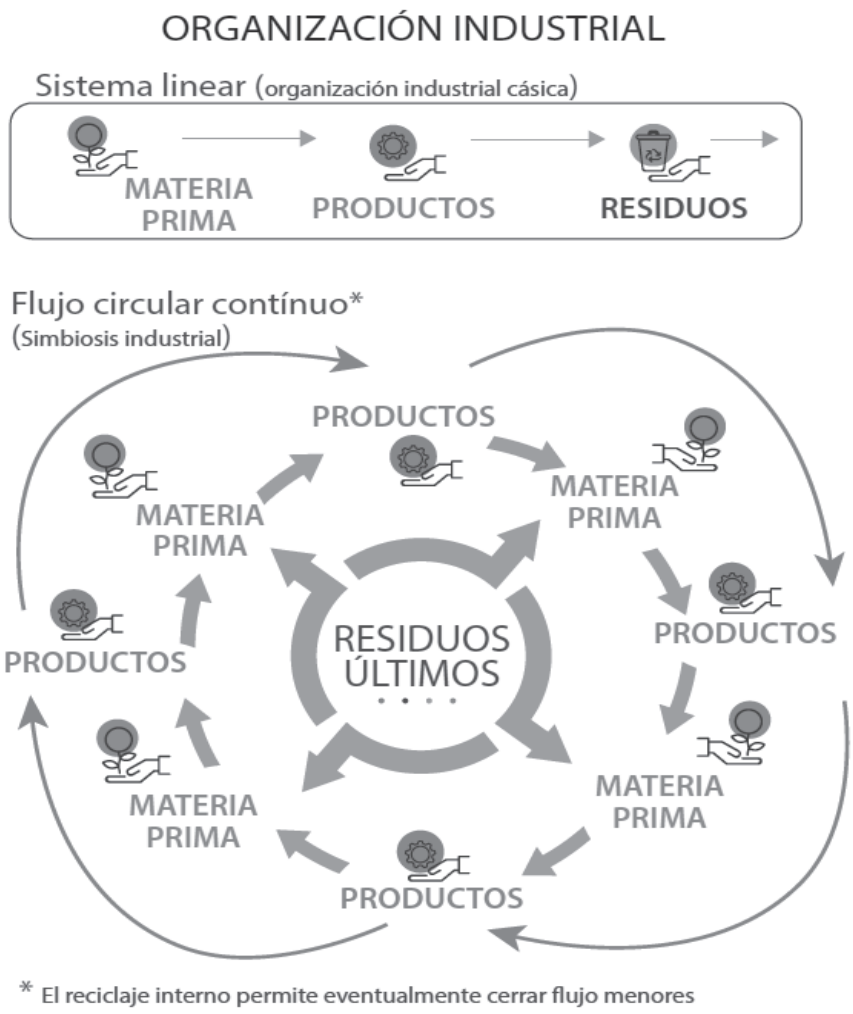
La Simbiosis Industrial constituye un medio para integrar industrias tradicionalmente separadas y, de este modo, obtener ventajas competitivas. Estas ventajas pueden suponer el intercambio físico de materiales, energía o subproductos, pero también la asunción colectiva de costes o compras necesarias para la actividad. Se puede considerar que existen tres tipos básicos de simbiosis industriales (Bossilkov, Van Berkel and Corder, 2005):

- Bilateral. Interacción entre dos partes, con intercambios en un solo sentido o en ambos.
- Servicio. Interacción entre una compañía y uno o más objetivos al otro lado de la sinergia (por ejemplo, la toma de agua residual de varias entidades para tratamiento colectivo).
- Red. Interacción multilateral entre más de dos partes en ambas direcciones (por ejemplo, si distintas industrias reciben el agua tratada que necesitan y a la vez generan también efluentes residuales).

Las simbiosis industriales implican la búsqueda de sinergias, aunque académicamente se acostumbra a emplear el término «sinergias industriales» con un enfoque más global, aludiendo también a otros tipos de colaboraciones industriales (Van Beers, Bossilkov, Corder and van Berkel, 2007):

1. Suministrar sinergias y co-localización de proveedores y clientes. Co-localización y agrupación de empresas en el suministro y cadenas de valor.
2. Sinergias de servicios públicos. Uso compartido de las infraestructuras de servicios públicos, principalmente en materia de agua y energía.
3. Sinergias en los servicios. Intercambio de servicios y actividades entre empresas (por ejemplo, llevar a cabo la formación conjunta del personal y compartir los contratistas encargados del mantenimiento).

FIGURA 9
LA SIMBIOSIS INDUSTRIAL



Fuente: Elaboración propia.

4. Sinergias por subproductos e intercambios de residuos (simbiosis industrial). El uso de un residuo previamente eliminado (como sólido, líquido, gas) de una instalación por otra instalación para proveer un subproducto valioso.

A la hora de impulsar una simbiosis industrial pueden surgir dificultades, no solo técnicas, sistemáticas o ambientales, sino que también dependen de los problemas de comunicación y la confianza entre las diferentes entidades. Según Erkman (2004), la estrategia para lograr una colaboración simbiótica entre las empresas debe constituirse siguiendo cuatro ejes fundamentales: cerrar los ciclos, minimizar pérdidas, desmaterializar la economía y equilibrar actividades. Aparte, otros elementos importantes a la hora de configurar una simbiosis industrial son la colaboración y las posibilidades de sinergia ofrecidas por una proximidad geográfica (Chertow, 2007). Es obvio que para que una simbiosis resulte exitosa las empresas participantes tienen que ser complementarias, generando subproductos mediante dos o más procesos principales como soporte para el resto de los componentes. Asimismo, dos industrias que compartan muchas características iguales o similares no podrían alcanzar un grado de complementariedad pertinente para la simbiosis. El carácter dinámico y adaptable resulta otro factor de éxito, y más si se tiene en cuenta el contexto cambiante respecto a las innovaciones tecnológicas y las fluctuaciones a las que se ven sometidos los diversos mercados.

Respecto a los posibles frenos para las simbiosis industriales pueden encontrarse casos diversos. Desde las complejidades técnicas y operativas que pueden conllevar la situación contractual o legal de las empresas, el contexto normativo o de mercado, o los desacuerdos entre las partes respecto a detalles de la colaboración. Sin embargo, es necesario subrayar que el marco legislativo puede tener un doble cariz, ya que a veces puede funcionar como incentivo y en otras ocasiones dificultar o imposibilitar tales

sinergias entre entidades. Es por ello que las simbiosis industriales requieren una monitorización por parte de las administraciones para velar por su evolución.

Otro factor a tener en cuenta son los beneficios indirectos, no relacionados de forma explícita con la actividad de las organizaciones. Así, las simbiosis industriales pueden generar una mejor comunicación y entendimiento tanto con los reguladores como con la comunidad en la que las empresas están instaladas. También es habitual que durante el desarrollo de la simbiosis la conciencia ambiental de los participantes se incremente paulatinamente, adquiriendo las organizaciones una mayor concienciación ambiental.

Dentro de la gama de colaboraciones entre empresas para minimizar riesgos y aumentar las posibilidades de éxito en la común meta del desarrollo sostenible destacan los parques eco-industriales (PEI), parques empresariales o industriales cuyo objetivo es incrementar la producción mediante la cooperación, pero sin gastar más energía ni recursos. En los parques eco-industriales las empresas cooperan entre sí y con la comunidad local (incluidas las instituciones públicas) para compartir de manera eficiente los recursos (materiales, infraestructuras, energía e, incluso, comunicación), a la vez que minimizan los residuos generados y la contaminación: aprovechan subproductos o residuos de otras empresas para abastecerse y de esta forma constituirse en un sistema en el que el nivel de residuos sea cercano a cero. Aunque el objetivo fundamental de estas estructuras es avanzar conjuntamente en el desarrollo sostenible, también buscan incrementar las ganancias económicas de las empresas partícipes. Las organizaciones comparten de manera eficiente los recursos (materias primas, energía, materiales) y la gestión de residuos, reutilizando aquellos que puedan emplear en alguno de sus procesos cualquiera de las empresas integradas en el sistema. Con esto se consigue que el parque eco-industrial sea sostenible, mediante la imbricación de aspectos sociales, económicos y de calidad ambiental, tanto en su planificación o creación, en su funcionamiento y gestión, y en su desarrollo futuro.

Podemos encontrar ejemplos muy diversos en la denominación de los parques eco-industriales, según las diferentes organizaciones responsables o países donde se radican. Desde parques industriales sostenibles, hasta zonas de bajas emisiones de carbono, pasando por zonas industriales verdes y otras definiciones. Aunque puedan ser llamados de maneras distintas, todos ellos comparten unas características comunes que les hacen reconocibles.

La estrategia para perseguir un desarrollo sostenible, que también redunde en beneficios económicos para las empresas integradas, se basa en compartir y colaborar activamente. Aplicando las pautas de la Ecología Industrial, las estrategias de colaboración van más allá de la sinergia de productos, puesto que las entidades colaboran además en otros ámbitos, como la logística y las instalaciones, estacionamiento compartido, compra de tecnología verde en común, sistemas de energía, recursos locales, etc. Para que cualquier parque eco-industrial sea eficiente es necesario que los procesos productivos de las empresas integrantes del sistema mantengan alguna relación, ya sea por la complementariedad de las materias primas que empleen, los servicios que requieran o puedan compartir, los productos elaborados, los residuos, o bien por una combinación de los factores citados.

Otro factor a considerar respecto a los parques eco-industriales es su capacidad para actuar como dinamizadores de la diversificación económica en la comunidad o región donde están ubicados. Las empresas instaladas, debido a su actividad de negocio, pero también a su carácter abierto a la colaboración y sinergia entre organizaciones, pueden atraer negocios complementarios como proveedores, recicladores, incluso consumidores directos.

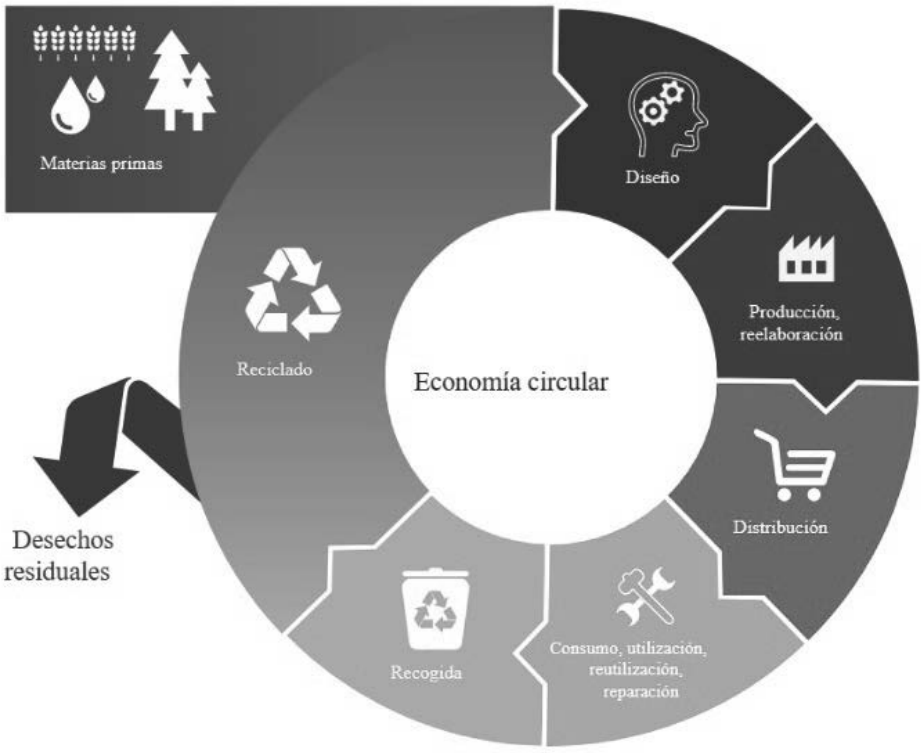
Los parques eco-industriales pueden ser planificados y construidos desde cero, pero también se puede tomar la decisión de modernizar un parque industrial existente siguiendo los criterios de sostenibilidad y ambientales pertinentes para transformarlo en un parque eco-industrial (UNIDO, 2017). Cuando los parques eco-industriales se conciben como proyectos donde la intención eco-industrial está presente en todas las fases de planificación, diseño y construcción del sitio se denominan *greenfields*, y cuando son resultado de la transformación de una infraestructura preexistente nos encontramos ante los denominados *brownfields*. En el segundo caso puede tratarse de instalaciones en las que se ha añadido infraestructura relacionada con la gestión de sistemas de energía renovable, aguas residuales o pluviales, residuos, etc.

La preocupación por la sostenibilidad y el respeto ambiental debe ser uno de los principios fundamentales de tales sistemas eco-industriales. Es por ello que lo esperado es que no se ciñan simplemente al cumplimiento de las normas o leyes nacionales y locales, sino que persigan un mayor compromiso con los requisitos ambientales y sociales.

BENEFICIOS DE LA COOPERACIÓN EMPRESARIAL EN EL MARCO DE LA ECONOMÍA CIRCULAR

Las ventajas de un modelo circular en el contexto actual están fuera de toda duda pero, como se ha puesto de relieve, aplicarlo para las empresas supone una serie de retos que necesitan abordar. La manera más adecuada de minimizar riesgos e incrementar sus posibilidades de éxito es la cooperación. Colaborar acarrea ventajas en todos los campos y para todos los sujetos, ya sean económicos o sociales. Las empresas pueden obtener beneficios de una cooperación activa, siempre que las condiciones sean las adecuadas y puedan alcanzar una

FIGURA 10
BENEFICIOS DE LA COOPERACIÓN EMPRESARIAL EN EL CONTEXTO DE LA ECONOMÍA CIRCULAR



Fuente: Parlamento Europeo.

gobernanza eficaz respecto a las decisiones comunes que se necesitan consensuar (figura 10).

En la situación mundial actual la Economía Circular se muestra como una solución práctica ante el progresivo agotamiento de los recursos naturales y los efectos, cada vez más notables, de la acción humana sobre el clima y el medio ambiente. Un reciente informe de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo (OCDE, 2019) expone que la cantidad de materiales extraídos, cosechados y consumidos a nivel global ha aumentado en un 60% desde 1980, además de que casi un 20% de las materias primas extraídas en todo el planeta acaban siendo residuos. Respecto a la situación futura, si no efectuamos un cambio de modelo, estima que el uso de recursos materiales se duplicará desde ahora hasta 2060, con todas las consecuencias para el medio ambiente y la sociedad que este fenómeno puede originar.

El problema de la escasez presente y futura de recursos no es nuevo ni se ha planteado en los últimos tiempos por primera vez, pero cada año que pasa las perspectivas son más negativas. La ONU publica regularmente datos sobre la situación ambiental y la sostenibilidad de nuestro planeta, y los más cercanos en el tiempo no son nada alentadores. Según su informe de Perspectivas del Medioambiente Mundial (marzo 2019) (ONU, 2019), siguiendo la tendencia actual la población de nuestro mundo alcanzará casi los 10.000 millones de personas para 2050. Esto significa que necesitaríamos casi tres planetas Tierra para proporcionar los recursos naturales necesarios para mantener nuestro estilo de vida actual.

La Economía Circular aparece como una oportunidad de aplicar un modelo de producción y consumo más natural, racional y beneficioso, tanto para la economía como para la sociedad en su conjunto. Pero es que, además, los beneficios económicos que puede generar son notables, según diversas estimaciones. Por ejemplo, el World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) afirma que la Economía Circular podría suponer a una oportunidad de 4,5 trillones de dólares en la economía mundial en 2030 (WBCSD, 2018). Por su parte, la Fundación Ellen McArthur cifra en 1,8 billones de euros de aquí a 2030 los posibles beneficios para Europa mediante la aplicación de principios circulares en su economía (Ellen McArthur Foundation, 2015). El desarrollo de la Economía Circular puede ayudar a disminuir el uso de los recursos, a reducir la producción de residuos y a limitar el consumo de energía. Además, sus efectos en los ámbitos económicos y laboral pueden ser notables, erigiéndose una fuente creadora de riqueza y empleo.

Pero para que este escenario sea posible, las administraciones públicas, organizaciones y empresas han de avanzar firmemente en la aplicación de la Economía Circular en sus prácticas. Hoy en día, la

competitividad de las organizaciones está cada vez más relacionada con su capacidad para minimizar el impacto ambiental de su actividad y gestionar de manera responsable la cadena de suministro y la logística. La sostenibilidad aparece como un factor ineludible en los modelos económicos como una ventaja competitiva frente al resto de actores en el mercado que llevan a cabo prácticas de negocios no circulares.

Las instituciones públicas son conscientes de esta realidad, y a nivel global los gobiernos están realizando una revisión de sus marcos normativos para adaptarse a los retos de la sostenibilidad. Las empresas requieren de un entorno propicio para profundizar en la aplicación de la Economía Circular. En este contexto, son necesarios factores como el acceso al financiamiento, el apoyo técnico, ayudas fiscales directas o indirectas (deducciones por inversión en tecnología verde, por ejemplo), o una comunicación flexible y fluida entre las empresas y las administraciones públicas.

Respecto a los beneficios de la Economía Circular para las empresas, es evidente que ofrece oportunidades y ventajas. A corto plazo, la opción de reutilizar residuos como materias primas origina la reducción de los costes de producción, además de minimizar la dependencia respecto a los proveedores y los flujos del mercado. Es pertinente señalar que esto puede conllevar también una rebaja del precio final de los productos, beneficiando tanto a la empresa, al mejorar su posición en el mercado, como a los consumidores (Durán, 2009). Las empresas también pueden reducir su huella de carbono y su huella hídrica, mejorando su impacto ambiental. A medio plazo, las empresas y organizaciones pueden incrementar la presencia de la innovación en sus procesos, pues resulta indispensable en un modelo circular para optimizar los procesos de fabricación, diseño, logística, distribución, etc. De hecho, las empresas que invierten en tecnologías verdes mejoran sus resultados y su valor bursátil a largo plazo, según algunos estudios (Przychodzen, Gómez-Bezares and Przychodzen, 2018).

La misma colaboración se ve beneficiada, puesto que la circularidad permite una relación más fluida con los distintos grupos de interés (stakeholders) (Whelan and Fink, 2016) y, como hemos visto, propicia alianzas estratégicas y otro tipo de cooperaciones. La mejora de la reputación corporativa es otro elemento que ha de considerarse, ya que una empresa con firmes valores ambientales y sociales se posiciona favorablemente frente a los consumidores, la comunidad y las autoridades locales. En el largo plazo, las organizaciones pueden disminuir los riesgos que toman en el suministro de materias primas y componentes, y en las diversas operaciones que su actividad les lleva poner en práctica. Los procesos circulares permiten, en general, mejorar la eficiencia operacional y generar valor desde los propios procesos y no sólo desde la venta.

La cooperación de las empresas y organizaciones en la aplicación de modelos circulares y sostenibles acarrea una serie de ventajas. La colaboración para el uso eficiente de recursos, servicios, infraestructuras, gestión de residuos, etc., minimiza los impactos ambientales de las entidades que mantienen una alianza eficaz, pero también redunda en mejoras económicas y de posicionamiento en el mercado, además de conllevar beneficios para la comunidad en la que las empresas están instaladas y la sociedad en su conjunto.

En el caso de los parques eco-industriales, los beneficios económicos, ambientales y sociales que generan van mucho más allá de los beneficios de los casos empresariales convencionales (ONUDI, 2016). Estos beneficios no son solo comerciales, sino también estratégicos, ya que para las empresas su integración en un sistema eco-industrial reduce la exposición a los riesgos del mercado, mejora su competitividad, el desarrollo empresarial y las dota de una mejor reputación ante las administraciones públicas y otros grupos de la comunidad. Las organizaciones integradas en sistemas eco-industriales colaboran más entre ellas y con la administración y, además, desarrollan la capacidad de transformar los problemas ambientales en soluciones de negocio mediante el uso eficientemente de los recursos y la cooperación a través de las infraestructuras compartidas.

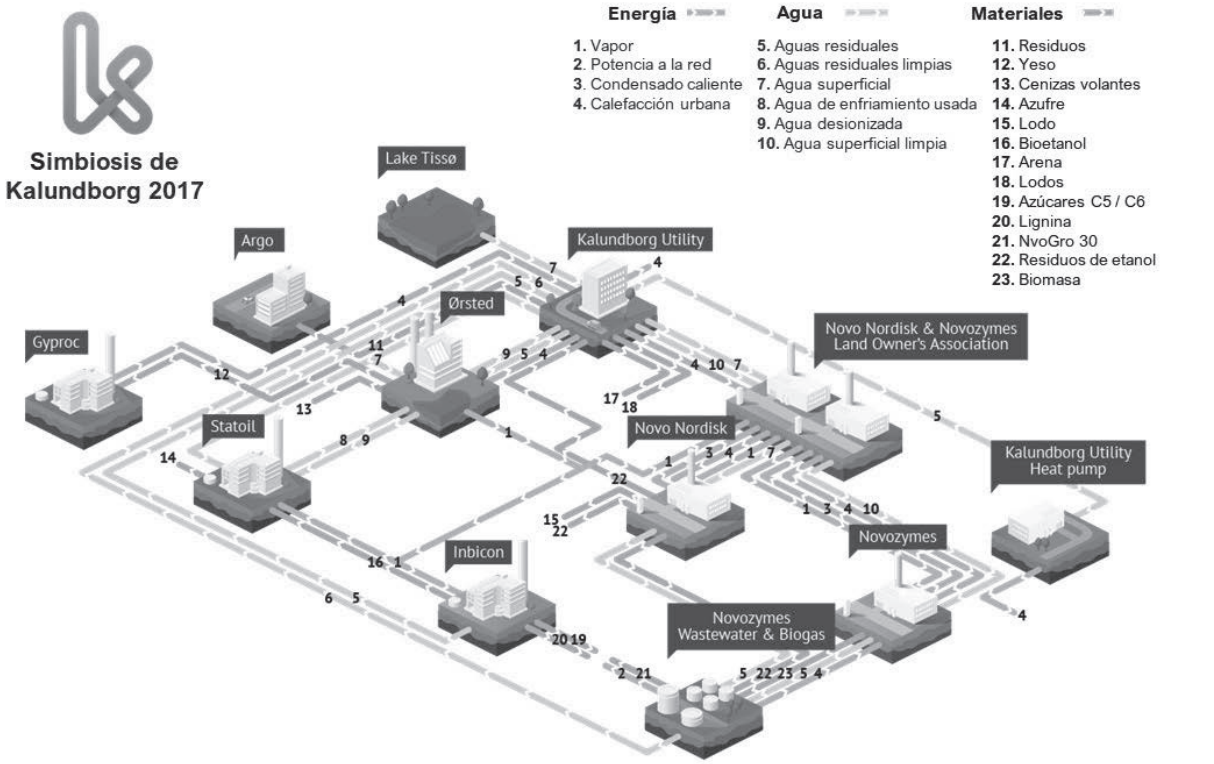
En general, los beneficios de los sistemas eco-industriales pueden agruparse dentro de los ámbitos económico, ambiental y social (UNIDO, 2017):

- **Beneficios económicos**. Generan empleo directo e indirecto en la región, acarrean reducciones significativas en el consumo de energía y recursos, minimizan los costes en la gestión de residuos (ya que son compartidos y pueden aprovecharse como materiales por otras empresas del sistema), incrementan la competitividad de las empresas y su posición en el mercado se ve mejorada, atraen inversión externa, impulsan la innovación tecnológica y mejoran la imagen pública de las empresas.

- **Beneficios ambientales**. Por medio de la gestión conjunta y eficiente de los recursos y la energía, las emisiones y la contaminación generada por las empresas se reducen. Las empresas optimizan la gestión de sus residuos y la biodiversidad del entorno mejora.

- **Beneficios sociales**. Crean empleos para los habitantes de la comunidad, frecuentemente con mejores condiciones laborales que los existentes previamente. Sirven para aumentar el compromiso y la participación conjunta en la toma de decisiones de la comunidad local. También son garantes e impulsores de valores sociales, como la igualdad de género, y generan mayor seguridad ciudadana. Particularmente, en los países en desarrollo los sistemas eco-industriales actúan como dinamizadores de los servicios comunitarios en general.

FIGURA 11
PARQUE ECO-INDUSTRIAL DE KALUNDBORG (DINAMARCA)



Fuente: Kalundborg Symbiosis (www.symbiosis.dk/en).

BUENAS PRÁCTICAS DE PARQUES ECO-INDUSTRIALES EN EL MUNDO

La simbiosis industrial ha pasado de ser un concepto, una teoría, a ser un modelo consolidado y con proyección de futuro. Ejemplos de parques eco-industriales que han alcanzado un relativo éxito los podemos encontrar en Canadá, como TaigaNova e Innovista, ambos en la provincia de Alberta, y especialmente el Parque Burnside, ubicado cerca de la ciudad de Halifax, capital de Nueva Escocia. Burnside acoge a más de 1.500 empresas y cuenta con el apoyo del Centro de Ecoeficiencia de la Dalhousie University. En las antípodas, Kawerau en Nueva Zelanda, o el área industrial de Kwinana en Australia. Y en Europa, Malmö Industrial Park en Suecia, entre otros.

También los países en vías de desarrollo y emergentes están implantando este modelo con el impulso, en algunos casos, de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI). Este organismo lleva promoviendo desde 2010 la incorporación de la eficiencia de los recursos y producción más limpia en las industrias y parques industriales en las economías en desarrollo y emergentes. Y lo lleva haciendo mediante demostraciones piloto y de proyectos mundiales de conocimiento y difusión (UNIDO, 2017).

Las primeras experiencias piloto se desarrollaron en India, en el área industrial de Vadodara-Ankleshwar y Dahej Petroleum (región de inversión en productos químicos y petroquímicos ubicada en el estado de Gujarat), y en Túnez, en el Bizerte Business Park y Djebel Oust y Bir M'cherga Industrial Zone. Cinco años más tarde, este organismo ha implementado proyectos piloto en China, Marruecos, Sudáfrica, Colombia, Perú e India, en el marco del programa sobre Eficiencia de Recursos y Producción más Limpia (RECP), y en Vietman se está desarrollando un proyecto nacional de parque eco-industrial, financiado por el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM), en las provincias de Ninh Binh, Can Tho y Da Nan.

Sin embargo, el ejemplo más importante de simbiosis industrial, y que se toma como referencia a nivel mundial en cuanto a ecología industrial se refiere, es el parque eco-industrial de Kalundborg en Dinamarca. Kalundborg es un municipio pequeño, de unos 20.000 habitantes, situado en la costa norte del país, a unos 100 kilómetros de Copenhague. Aquí se ubican algunas de las compañías más importantes de la nación escandinava que se dedican a diferentes sectores: producción de energía, productos farmacéuticos y fabricación de yeso, entre otras, junto a otras de menor escala. Empresas que han colaborado entre sí para que los residuos, subproductos o excedentes de energía de unas se convirtieran a productos para las otras, además de dar servicios a los vecinos del municipio. Los resultados obtenidos han sido la optimización de los recursos y los procesos, la

reducción de costes y el aumento de beneficios, respetando al medio ambiente (figura 11).

Esta iniciativa comenzó en los años 60 del siglo pasado sin seguir un modelo planificado, sino que se ha venido desarrollando de forma progresiva gracias a la interacción de las empresas y organismos locales implicados. Así, las compañías buscaban reducir el coste el cumplimiento de unas regulaciones ambientales cada vez más estrictas y obtener beneficios de los residuos generados.

La central termoeléctrica de carbón Asnæs, la refinería de petróleo Statoil, la empresa de fabricación de paneles de yeso Gyproc, y la farmacéutica Novo Nordisk son las principales firmas que hacen posible esta simbiosis industrial, interactuando entre sí y con otras compañías y organismos del entorno. Asnæs distribuye miles de toneladas de vapor a Statoil y a Novo Nordisk. Asimismo, la central traspasa los excedentes de energía a la red de calefacción central, con lo que provee calefacción a la comunidad a bajo coste. Por su parte, los excedentes de energía de Novo Nordisk también sirven para calentar el agua de una piscifactoría e invernaderos. Esta farmacéutica, a su vez, genera un lodo biológico que se utiliza como fertilizante en las granjas, y la mezcla de levadura que se emplea para la producción de insulina se aprovecha como suplemento alimenticio para el ganado porcino.

Además, las miles de toneladas de cenizas que genera la producción de Asnæs se reutilizan en la fábrica Aalborg Portland para fabricar cemento y otro tipo de pavimentos. Por su parte, Statoil vende el excedente de gas a Gyproc, quien a su vez utiliza un producto residual que se genera al realizarse la desulfuración de las emisiones que provienen de la central Asnæs. Son algunos ejemplos de esta simbiosis entre las empresas de la localidad que han obtenido importantes beneficios, tanto para sí mismas como a la comunidad.

¿Y cuáles son estos beneficios? Se pueden resumir en una considerable reducción del consumo de energía y de materias primas (agua, petróleo, carbón y yeso), la reducción de emisiones a la atmósfera de CO_2 gracias a la reducción del consumo de energía (según los datos del Symbiosis Center Denmark de 2018, es de 635.000 toneladas anuales), además de un ahorro de costes para las empresas. En definitiva, beneficios financieros y beneficios medioambientales gracias a esta asociación entre empresas que han interiorizado la premisa de que el residuo de una compañía se convierte en el recurso de otra.

REFERENCIAS

Babiak, K. and Trendafilova. S. (2011). CSR and environmental responsibility: Motives and pressures to adopt green management practices. Corporate Social Responsibility and Environmental Management, 18(1): 11-24.

Bossilkov, A., Van Berkel, R. and Corder, G. (2005). Regional Synergies for Sustainable Resource Processing: a Status Report. Centre for Sustainable Resource Processing (CSRP). Perth, WA.

Centre for European Policy Studies (CEPS). (2018). The Role of Business in the Circular Economy Markets, Processes and Enabling Policies. Disponible en: https://www.ceps.eu/system/files/RoleBusinessCircularEconomyTFR.pdf

Chertow, M.R. (2007). Uncovering Industrial Symbiosis. Journal of Industrial Ecology, 11(1): 11-30.

Durán, G. (2009). Empresas y gestión ambiental en el marco de la Responsabilidad Social Corporativa. Economía industrial, 371: 129-138.

Ellen McArthur Foundation. (2015). Hacia una Economía Circular: Motivos económicos para una transición acelerada. Disponible en: https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/Executive_summary_SP.pdf

Erkman, S. (2004). Vers une écologie industrielle. Comment mettre en pratique le développement durable dans une société hyper-industrielle. Ed. Charles Léopold Mayer.

European Commission (2020). Communication and roadmap on the European Green Deal. Disponible en: https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:b828d165-1c22-11ea-8c1f-01aa75ed71a1.0004.02/DOC_1&format=PDF

European Commission (2020). Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Disponible en: https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/european-green-deal-communication_en.pdf

Freeman, R.E. (2010). Strategic Management: a Stakeholder Approach. Cambridge University Press.

Frosch, R. and Gallopoulos. N.E. (1989). Strategies for manufacturing. Scientific American, 261(3): 144-152.

Isenman, R. (2003). Industrial Ecology: shedding more light on its perspective of understanding nature as a model. Sustainable Development, 11: 143–158.

OCDE (2019). Global Material Resources Outlook to 2060. Economic Drivers and Environmental Consequences. Paris.

OCU y Foro NESI (2018). Estudio Otro consumo para un futuro mejor. Disponible en: https://www.ocu.org/media/ocu/resources/themes/consumo%20y%20familia/no%20center%20of%20content/dossiers/otroconsumoparaunfuturomejor-informe.pdf?rev=73d0fcc2-7d43-4a66-8638-4d2256a19409&hash=29D3F10CC82B8B16C1AC7C-384C9985E2

ONU (1987). Our Common Future (Informe Brundtland), Ginebra. Disponible en: http://www.un-documents.net/wced-ocf.htm

ONU (1992). Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. Río de Janeiro. Disponible en: http://www.un.org/spanish/esa/sustdev/documents/declaracionrio.htm

ONU (2015). La Agenda de Desarrollo Sostenible. Disponible en: http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/la-agenda-de-desarrollo-sostenible

ONU (2016). The Paris Agreement. United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). Disponible en: http://unfccc.int/paris_agreement/items/9485.php

ONU (2018). Re-defining Value - The Manufacturing Revolution. Remanufacturing, Refurbishment, Repair and Direct Reuse in the Circular Economy. United Nations Environment Programme.

ONU (2019). Perspectivas del medioambiente mundial. Disponible en: https://www.unenvironment.org/es/resources/perspectivas-del-medio-ambiente-mundial-6

ONUDI (2016). Informe Anual 2016. Disponible en: https://www.unido.org/sites/default/files/2017-04/S_Annual_report_2016_V1700928_0.pdf

Porter, M.E. and Kramer, M.R. (2006). Strategy and Society: The Link between Competitive Advantage and Corporate Social Responsibility. Harvard Business Review, 84(12):78-92.

Przychodzen, W., Gómez-Bezares, F. and Przychodzen, J. (2018). Green information technologies practices and financial performance. The empirical evidence from German publicly traded companies. Journal of Cleaner Production, 201: 570-579.

Stiglitz, J. (2013). The Price of Inequality. How Today's Divided Society Endangers Our Future. W.W. Norton and Company. New York.

UNIDO (2017). Manual de implementación para parques eco-industriales. Disponible en: https://www.unido.org/sites/default/files/files/2018-05/UNIDO%20Eco Industrial%20Park%20Handbook_Spanish.pdf

van Beers, D., Corder, G., Bossilkov, A. and van Berkel, R. (2007). Industrial Symbiosis in the Australian Minerals Industry: The Cases of Kwinana and Gladstone. Journal of Industrial Ecology, 11(1): 55-72.

Whelan, T. and Fink, C. (2019). The Comprehensive Business Case for Sustainability. Harvard Business Review. October: 1-12.

World Business Council for Sustainable Development (WBCSD). (2018). Scaling the circular built environment. Disponible en: https://www.wbcsd.org/Programs/Circular-Economy/Factor-10/Resources/pathways-for-business-and-government

World Economic Forum. (2019). The Circularity Gap Report. The Circularity Gap. Disponible en: https://bfc732f7-80e9-4ba1-b429 7f76cf51627b.filesusr.com/ugd/ad6e59_ba1e4d16c64f44fa94fbd8708eae8e34.pdf

LA FUNCIÓN DE APRENDIZAJE EN LA EXPERIMENTACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS INDUSTRIALES

EBRU SUSUR

ANTONIO HIDALGO

Universidad Politécnica de Madrid

Este trabajo tiene su base en la tesis doctoral de la autora Ebru Susur y recoge parte de los resultados obtenidos de los artículos publicados por los autores, que contó con la financiación del programa EMJD «*European Doctorate in Industrial Management (EDIM)*» financiado por la Comisión Europea, Erasmus Mundus Action 1.

La ecología industrial trata de incorporar a los procesos industriales los principios por los que se rigen los ecosistemas naturales (Graedel y Allenby, 1995; Erkman, 1997; Korhonen, 2004). De esta forma se generan los denominados ecosistemas industriales que pueden definirse como sistemas de producción industrial sostenibles que se basan en los principios de la ecología industrial. Más específicamente, los ecosistemas industriales tienen su razón de ser en la interacción mutua de diferentes industrias que permiten la implementación de un sistema de intercambio de recursos materiales (agua, energía, subproductos, infraestructura y hábitat natural) y recursos no materiales (información, conocimiento y experiencia) que dan como resultado beneficios no solo de carácter económico, sino también de carácter social y ambiental (Lowe, *et al*., 1995; Cote y Hall, 1995; Cossentino, *et al*., 1996; Chertow, 2000; Gibbs, 2009)

Los ecosistemas industriales se han llevado a la práctica principalmente a escala local y regional teniendo en cuenta las ventajas potenciales de la proximidad geográfica (Korhonen y Snäkin, 2005; Paquin y Howard-Grenville, 2009), aunque también pueden implementarse a escala nacional (Lombardi y Laybourn, 2012). Particularmente, las experiencias a escala local han recibido una atención especial en el ámbito de los gestores públicos (*policy makers*) después de conocer el éxito de la simbiosis industrial de las empresas integradas en el distrito industrial de Kalundborg (Dinamarca), que mediante el intercambio de residuos, subproductos y energía ha permitido la generación de fuertes vínculos y beneficios entre ellas (Chertow, 2007; Branson, 2016). No obstante, no todos los casos conocidos de ecosistemas industriales se pueden considerar exitosos como el de Kalundborg debido a causas relacionadas con la diversidad de los actores involucrados y la complejidad de las interrelaciones que tienen que generarse entre ellos.

El desarrollo de los ecosistemas industriales a escala local y regional también es un tema de análisis reciente en la literatura sobre ecología industrial (Zhang, *et al*., 2013, Yune, *et al*. 2016). Tanto los casos de éxito como los casos de fracaso conocidos han sido analizados para comprender los procesos y mecanismos que los inducen. Sin embargo, las experiencias conocidas de ecosistemas industriales siguen siendo prácticas sostenibles de carácter marginal distribuidas en diferentes ámbitos geográficos, como consecuencia de la existencia de diferentes elementos que oponen resistencia para que un sistema industrial realice una transición

sostenible hacia un ecosistema industrial. Por tanto, la pregunta que se plantea en el ámbito académico es ¿cómo se puede lograr esta transición de una forma eficiente?

Si bien esta pregunta no puede todavía responderse de una manera directa y con implicaciones específicas, los estudios de casos proporcionados por la literatura sobre ecología industrial pueden arrojar evidencias concretas. Centrándonos en la naturaleza de la innovación sistémica que incorpora la ecología industrial y adoptando una perspectiva de transición, en este artículo se realiza una revisión de casos de ecosistemas industriales existentes en la literatura para tratar de comprender los procesos que se encuentran en la base de su desarrollo. Tomando como punto de partida que la resistencia de las transiciones hacia un ecosistema industrial procede fundamentalmente de las rutinas incorporadas en los sistemas tradicionales de producción industrial, y que los procesos de experimentación continua de las prácticas de ecología industrial son clave para superar las rutinas existentes (Susur, *et al*., 2019a, 2019c), el enfoque de la gestión estratégica de nichos nos permite abordar las prácticas sostenibles de transición como experimentos que incorporan tres procesos específicos (Schot y Geels 2008; Raven 2005): articulación de expectativas y visiones, creación de redes, y procesos de aprendizaje, siendo estos últimos los que en realidad que permiten cambiar las rutinas existentes en el sistema socio-técnico sujeto a transición.

Los tres procesos identificados están interrelacionados y son dependientes entre sí. Sin embargo, este artículo se centra en el análisis de los procesos de aprendizaje llevados a cabo en casos reales con el objetivo de comprender cómo las rutinas pueden cambiar en los sistemas de producción industrial para lograr transiciones sostenibles hacia los ecosistemas industriales. El artículo está estructurado de la siguiente manera: un primer apartado proporciona el marco conceptual que permite caracterizar los procesos de aprendizaje; a continuación se presentan los detalles de la metodología utilizada que ha permitido seleccionar un total de 108 casos de ecosistemas industriales de la literatura disponible sobre ecología industrial; en el siguiente apartado se presentan y discuten los resultados del análisis de los procesos de aprendizaje identificados en los casos de estudio; y, finalmente, el último apartado incorpora las conclusiones y un conjunto de implicaciones prácticas.

LOS PROCESOS DE APRENDIZAJE. CONCEPTUALIZACIÓN

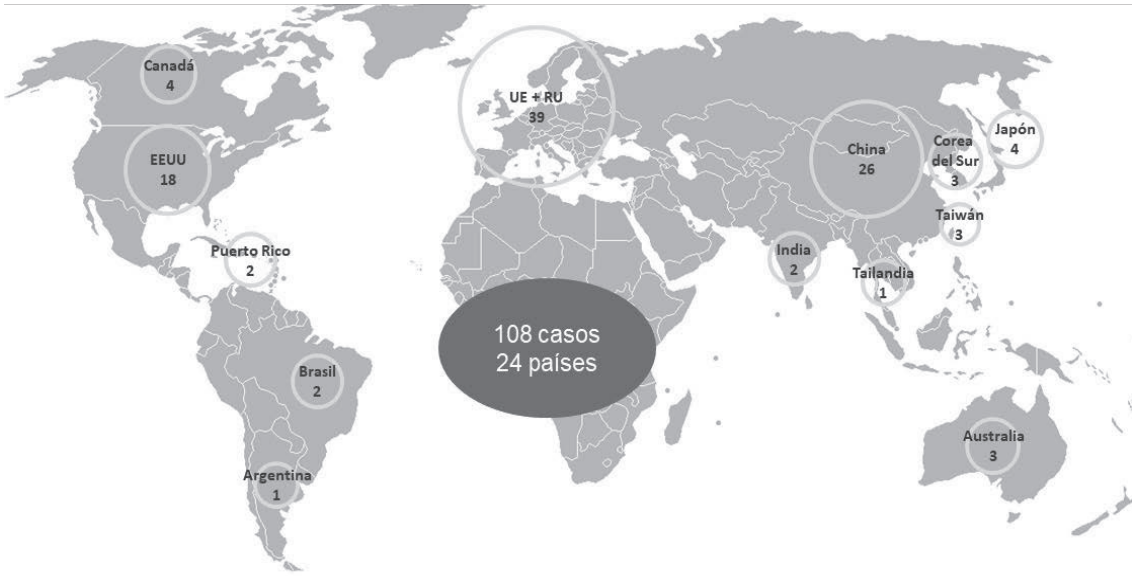
De forma genérica, por aprendizaje se entiende la adquisición de conocimiento por medio del estudio o la experiencia, y en una persona implica el cambio de su conducta a partir de los resultados obtenidos y en los que la experiencia desempeña un papel fundamental. A nivel de una organización, el aprendizaje se constituye en el proceso que permite transformar la información en conocimiento y explotarlo para conseguir mejorar los niveles de dinamismo que la empresa necesita para adaptarse a los cambios del entorno e incrementar su ventaja competitiva (Senge, 1993). Por tanto, la identificación de problemas y la búsqueda de soluciones son procesos inherentes a cualquier empresa y se encuentran en la base del proceso de aprendizaje que debe organizar.

En la literatura sobre ecología industrial el concepto de aprendizaje ha encontrado una amplia atención. El argumento esencial dentro de este ámbito está relacionado con el aprendizaje de una analogía con la naturaleza y sus ecosistemas (Frosch y Gallapoulus, 1989). Sin embargo, la literatura sobre ecología industrial presta atención especial al aprendizaje colectivo de las organizaciones industriales (Grant, *et al*., 2010; MacLachlan, 2013) y de los actores regionales más relevantes (Baas y Boons, 2004; Roberts, 2004; Veleva, *et al*., 2016) a través de los mecanismos de formación (seminarios, conferencias, talleres, etc.), los medios de comunicación (televisión, radio, internet, periódicos, revistas, etc.) y el uso de tecnologías de la información (plataformas destinadas a la gestión del intercambio de información y conocimiento).

Diferentes estudios ponen de manifiesto que el aprendizaje colectivo actúa como un medio para crear una cultura que permita generar nuevas rutinas que se basan en reglas cognitivas, formales y normativas compartidas por todos los actores del sistema. Estas reglas se refieren al conocimiento común, las regulaciones necesarias y los patrones de comportamiento convergente de estos actores (Geels, 2004; Geels y Raven, 2006). Hay que resaltar que una cultura favorable a la implementación de un ecosistema industrial puede surgir a través de cambios en las reglas subyacentes que rigen el comportamiento general (Argyris, 1997; Mirata y Emtairah, 2005).

El aprendizaje se considera como un proceso clave en los experimentos relativos a transiciones sostenibles y en los que generalmente se distinguen dos niveles: aprendizaje de primer orden y aprendizaje de segundo orden (Schot y Geels, 2008). El aprendizaje de primer orden está orientado a la identificación de problemas que se presentan en las rutinas existentes, mediante el análisis de las normas, las expectativas y las visiones de los actores, y a generar soluciones que puedan ayudar a corregirlos (Douthwaite, *et al*., 2001). El aprendizaje de segundo orden está orientado a la incorporación de los cambios necesarios en las rutinas existentes, por lo que debe permitir que los diferentes actores puedan obtener conclusiones para llevar a cabo las transformaciones necesarias en las normas, expectativas y visiones que darán lugar a nuevas experiencias (Ghali, *et al*., 2014). Este segundo nivel de aprendizaje debe ser capaz de permitir también el desarrollo de conocimiento tácito mediante la experimentación continua con prácticas relacionadas con la ecología industrial y el intercambio de experiencias a través de interacciones efectivas e intercambios de recursos en ecosistemas industriales emergentes (Baas, 2011; Boons, *et al*., 2017). En este contexto, la existencia de campeones locales

FIGURA 1
DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LOS CASOS DE ECOSISTEMAS INDUSTRIALES



Fuente: Susur, Hidalgo y Chiaroni, 2019b.

y organismos intermedios también puede contribuir de forma decisiva en la organización del aprendizaje de segundo orden (Domenech y Davies, 2011; Boons y Spekkink, 2012; Hewes y Lyons, 2008).

METODOLOGÍA

La metodología utilizada en este estudio se basa en el análisis de casos, lo que permite conocer con cierto nivel de detalle datos concretos de situaciones reales que se encuentran compilados en una amplia gama de la literatura. Al mismo tiempo, facilita la comprensión y el análisis del contexto en que se desarrolla cada caso y las variables que intervienen, proporcionando un conocimiento valioso sobre los procesos de aprendizaje integrados en los mismos, lo que puede inducir a nuevas ideas.

En el artículo se analizan diferentes casos de ecosistemas industriales emergentes y se reinterpretan bajo el prisma de la conceptualización de los procesos de aprendizaje. Estos casos se encuentran en la literatura relativa a ecología industrial y han sido generados teniendo en cuenta diferentes diseños de investigación (Susur, *et al*., 2019b). Como resultado de una revisión sistemática de la literatura de revistas indexadas en la base de datos WoS (*Web of Science*), que abarcó el periodo comprendido entre los años 2007 y 2017, en la que se incorporaron a modo de filtros un conjunto de criterios tanto de exclusión como de inclusión, se identificaron 68 artículos que incorporaban una muestra de 108 casos relacionados con ecosistemas industriales distribuidos en 24 países. La distribución geográfica de los casos se muestra en la Figura 1.

Una visión de la distribución geográfica de los casos analizados permite identificar los contextos empíricos de los mismos y cómo su desarrollo difiere en intensidad cuando se observa la frecuencia de los países estudiados en la muestra del artículo. Los resultados han puesto de manifiesto que no todos los casos seleccionados tienen un ámbito geográfico específico (total de 12), mientras que un importante número de ellos están centrados en el análisis e interpretación de diferentes aspectos del desarrollo de los ecosistemas industriales en 24 países diferentes (total de 103). Entre estos estudios, un total de 87 están centrados en experiencias de un único país, mientras que 16 lo están en contextos de varios países. A nivel de país, la mayoría de los casos se concentran en Europa (39), China (26), Estados Unidos (18) y Canadá (4). Es importante resaltar que, en comparación con otros países, Dinamarca aparece como el caso más citado con el ecosistema industrial de Kalundborg, lo que pone de relieve el interés de otros países en realizar estudios comparativos que permitan mejorar las buenas prácticas.

La relación de los casos considerados se presenta en la Tabla 1, en la que la identificación del país aparece en forma de abreviatura según lo establecido por la Organización Internacional de Normalización. Por último, hay que tener en consideración que cada caso de ecosistema industrial se ha abordado como un experimento de nicho, y los procesos de aprendizaje que implican la construcción de redes sociales y la articulación de expectativas y visiones se encuentran implícitos en cada uno. En el siguiente apartado se analizan los procesos de aprendizaje implícitos para identificar cómo se pueden lograr las transiciones hacia un ecosistema industrial a través de la implementación de rutinas cambiantes integradas en los sistemas de producción industrial tradicionales.

TABLA 1
LISTA DE CASOS DE ECOSISTEMAS INDUSTRIALES

Nr	Nombre del caso	Nr	Nombre del caso
1	Burnside ecosistema industrial (CA)	55	Komsomlske (UA)
2	Alberto (CA)	56	Cherkassey (UA)
3	Debert Air Parque Industrial (CA)	57	Proyecto ABLE de Sitios Europeos (UK)
4	Innovista (CA)	58	AvestaPolarit (UK)
5	Fairfield, Baltimore (USA)	59	Eco Dyfi (UK)
6	Brownsville Proyecto de simbiosis industrial regional (USA)	60	Ecotech (UK)
7	Cape Charles parque Industrial de tecnologías sostenibles (USA)	61	Humber Proyecto de simbiosis industrial (UK)
8	Proyecto de la costa central del golfo (USA)	62	Crewe Parque de negocios (UK)
9	Riverside ecosistema industrial, Burlington, Vermont (USA)	63	Grupo Guigang / Grupo Guitang (CN)
10	Instituto verde-ecosistema industrial, Minneapolis, Minnesota (USA)	64	Pingdingshan Grupo minero de carbón (CN)
11	Stonyfield Londonderry ecosistema industrial, Londonderry, New Hampshire (USA)	65	Grupo Lubei (CN)
12	Red Hills Ecoplex, Mississipi (USA)	66	Suzhou Parque Industrial (CN)
13	Ecolibrium, Disposición informática y electrónica, Austin, Texas (USA)	67	Suzhou Zona de desarrollo de alta tecnología (CN)
14	Front Royal, Parque Eco-Office, Virginia (USA)	68	Yantai zona de desarrollo (CN)
15	Dallas ecosistema industrial, Texas (USA)	69	Guiyang – Kaiyang (CN)
16	Triangle J, North Carolina (USA)	70	Zona de desarrollo costero de Weifang / Área de desarrollo económico-tecnológico de Weifang Binhai (CN)
17	Phillips Centro Eco Enterprise, Minnesota (USA)	71	Tianjin Área de Desarrollo Económico-Tecnológico (TEDA) (CN)
18	Bassett Creek, Minnesota (USA)	72	Fuzhou Área de Desarrollo Económico y Tecnológico (CN)
19	Devens (USA)	73	Xi'an Zona de alta tecnología (CN)
20	Campbell Parque Industrial, Hawaii (USA)	74	Baotou Parque Nacional de Demostración Ecológica Industrial (CN)
21	Jacksonville, Florida (USA)	75	Huangxing (CN)
22	Choctaw, Oklahoma (USA)	76	Shanghai parque industrial químico (SCIP) (CN)
23	Puerto Rico – Guayama (PR)	77	Dalian Zona de Desarrollo Económico (DEDZ) (CN)
24	Puerto Rico – Barceloneta (PR)	78	Shenyang Zona de desarrollo económico y tecnológico (CN)
25	La Cantabrica (AR)	79	Dafeng proyecto de ecosistema industrial (CN)
26	Paracambi (AR)	80	Nanhai proyecto de ecosistema industrial (CN)
27	Santa Cruz (AR)	81	Lubei proyecto de ecosistema industrial (CN)
28	Ecopark Hartberg (AT)	82	Fushun (CN)
29	Styria (AT)	83	Midong parque industrial químico (MCIP) (CN)
30	Kalundborg Simbiosis (DK)	84	Rizhao Área de Desarrollo Económico y Tecnológico (CN)
31	Kymi (FI)	85	Xinjiang Shihezi ecosistema industrial (CN)
32	Rantasalmi (FI)	86	Shanghai Wujing ecosistema industrial (CN)
33	Uimaharju (FI)	87	Qijiang Parque de simbiosis industrial (CN)
34	Deux Synthe (FR)	88	Nanning Sugar Co (CN)
35	Ecosite du Pays de Thau (FR)	89	EBARA Corporación (JP)
36	Bioraffinerie Les Sohettes (FR)	90	Kawasaki (JP)
37	Arbois Mediterranee (FR)	91	Kitakyushu (JP)
38	Artois-Flandres (FR)	92	Kokubu (JP)
39	Plaine de l'Ain (FR)	93	Nanjangud Area Industrial (IN)
40	ValuePark Schkopau (DE)	94	Naroda (IN)
41	Knapsack Parque químico (DE)	95	Ulsan ecosistema industrial (KR)
42	BASF Verbund (DE)	96	Daedok Proyecto de desarrollo de Technovalley (KR)
43	Porto Marghera (IT)	97	Macheon Parque Industrial (KR)
44	Torino Parque ambiental (IT)	98	Lin-Hai Parque Industrial – China Steel Corp. (TW)
45	Chamusca (PT)	99	Da-Yuan Parque Industrial – Cheng Loong Corp. (TW)
46	Lopez Soriano (ES)	100	Lin-Yuan Parque Industrial – Formosa Plastic Corp. (TW)
47	Landskrona Simbiosis industrial (SE)	101	Polígono industrial de la región norte (TH)

Nr	Nombre del caso	Nr	Nombre del caso
48	Norrkoping and Linkoping (SE)	102	Kwinana Area Industrial (KIA) (AU)
49	Vreten Park (SE)	103	Gladstone Area Industrial (AU)
50	Monthey (CH)	104	Synergy Parque Industrial (AU)
51	Proyecto de ecosistema industrial (NL)	105	Ecosistema industrial regional in Catalonia (ES)
52	Rietvelden/Vutter Proyecto de Revitilización Sostenible (NL)	106	Ponte a Egola (IT)
53	Moerdjik Proyecto de ecosistema industrial (NL)	107	El primero de Macrolotto de Prato (IT)
54	Biopark Terneuzen (NL)	108	Proyecto de Economía Verde y Desarrollo Sostenible (IT)

Fuente: Susur, Hidalgo y Chiaroni, 2019b.

APRENDIENDO DE LOS CASOS DE ECOSISTEMAS INDUSTRIALES

El análisis de los casos indicados en el apartado anterior pone de relieve que el aprendizaje desempeña un papel crucial en la experimentación y demostración de ecosistemas industriales, al igual que se argumenta en la literatura de ecología industrial. A nivel global, los resultados obtenidos destacan que la profundidad y amplitud de los procesos de aprendizaje están directamente relacionados con las características de las redes emergentes de los ecosistemas industriales. Asimismo, las actividades relacionadas con la comunicación y difusión como medidas de desarrollo de capacidades, organizadas por los actores facilitadores y de intermediación, tales como organismos de gestión, agencias ambientales u organizaciones gubernamentales, pueden proporcionar mecanismos apropiados para desarrollar el aprendizaje de primer orden entre ellos, y en las que las tecnologías de la información y comunicaciones pueden ser herramientas esenciales para facilitar el intercambio de experiencias y materiales. En particular, los actores pertenecientes a organizaciones gubernamentales que participan directamente en los procesos de aprendizaje, independientemente de tener responsabilidades técnicas limitadas en sus organizaciones de origen, pueden actuar como facilitadores del aprendizaje para otras organizaciones públicas que tienen más competencias y capacidades políticas para iniciar nuevos experimentos de ecosistemas industriales.

Los resultados también pusieron de relieve que algunos de los experimentos analizados de ecosistemas industriales sirvieron de efecto demostrador para el desarrollo de otros ecosistemas geográficamente próximos. En estos casos, los actores involucrados en un experimento adoptaron roles más activos al iniciar otros experimentos. Estos casos constituyen ejemplos prácticos de resultados de aprendizaje de segundo orden, ya que implican al conjunto de visiones de los actores involucrados frente a las problemáticas que plantean los cambios de las rutinas de producción industrial existentes desde la perspectiva de la sostenibilidad. Sin embargo, la consideración del aprendizaje de segundo orden en términos de la aplicación de los conocimientos adquiridos es difícil de lograr para las organizaciones industriales involucradas, por lo que resulta necesario apoyar la experimentación de una forma continua que permita la construcción de casos exitosos de ecosistemas industriales. En este contexto, la dinámica que implica la repetición y acumulación del aprendizaje de primer orden sobre los experimentos de ecosistemas industriales puede llevar a replantear los supuestos y los cambios en las rutinas de producción (aprendizaje de segundo orden), que incorporan no solo problemas de carácter tecnológico, sino también de carácter social, gerencial y organizacional, y se puede hacer extensiva a las dimensiones requeridas para el intercambio de recursos.

Los experimentos incluidos en los casos de estudio demostraron que cuando las redes que constituyen el ecosistema industrial son amplias y conectan con otros experimentos, es decir, donde existe una visión a escala nacional sobre el desarrollo de los ecosistemas industriales, como en China e Italia, el aprendizaje de segundo orden tiene lugar de una forma más efectiva. La razón principal para que se genere esta dinámica se encuentra en que la visión del proyecto se logra estructurar mediante la repetición de varios experimentos bajo el apoyo (o protección) de programas paraguas, como el Programa de Demostración Nacional de Parques Eco-Industriales y el Programa de Demostración Nacional de Zona de Economía Circular en China, y el Plan de Áreas Productivas y Eco-Gestión Ecológicamente Equipadas en Italia. Otra razón que apoya esta práctica está relacionada con el mayor número de experimentos que fueron iniciados y apoyados por estas iniciativas a través de la experimentación concurrente y la agregación de resultados de aprendizaje obtenidos. Ejemplo de ello lo constituyen las organizaciones gubernamentales chinas que, desde principios del siglo XXI, han estado acumulando conocimiento a través del monitoreo de los resultados de diferentes experimentos y han estado facilitando el aprendizaje para los actores de los sistemas de producción industrial tradicionales por medio de la difusión de este conocimiento a través de publicaciones y medios de comunicación, así como la organización de actividades orientadas al desarrollo de capacidades como seminarios, foros, talleres, reuniones de negocios, etc.

Otro aspecto a destacar de los casos de estudio es la importancia de transferir experiencias y lecciones de unos experimentos a otros para construir lo que podemos denominar como el efecto de la fertilización cruzada. En ese sentido, el caso del ecosistema industrial de Kalundborg en Dinamarca se erige como el experimento más influyente hasta el momento y sirve como punto de referencia de aprendizaje para el desarrollo de otros experimentos distribuidos en otras zonas geo-

gráficas. A este respecto, las colaboraciones a nivel internacional pueden ser relevantes para aprender de los experimentos en terceros países, y las organizaciones intermedias pueden actuar como elementos de influencia en el desarrollo del ecosistema industrial en toda Europa o, incluso, a nivel mundial para facilitar la transferencia de conocimiento y la creatividad conjunta.

También se ha identificado que los procesos de aprendizaje están en constante interacción con otros procesos de generación de nichos o experimentos, como son la construcción de redes y la articulación de expectativas y visiones. La evolución de los experimentos analizados de ecosistemas industriales se presenta como un viaje adaptativo y continuo durante el cual las visiones y expectativas de la comunidad que constituye el ecosistema industrial convergen a través de procesos de aprendizaje, que al mismo tiempo tienen un impacto en el tamaño de las redes emergentes. Si bien al comienzo de la puesta en marcha de un ecosistema industrial puede existir una red de actores relativamente estrecha, el objetivo principal es involucrar a tiempo en el proceso de aprendizaje a las empresas ubicadas en los sistemas de producción industrial y a nuevos actores como organizaciones gubernamentales y no gubernamentales, universidades y centros de investigación. Se ha puesto de manifiesto que este proceso es especialmente relevante porque las organizaciones industriales generalmente muestran resistencia a las prácticas que incorporan los ecosistemas industriales, especialmente al comienzo de la experimentación, debido a la falta de conocimiento sobre los beneficios potenciales que pueden obtener de los intercambios de recursos para sus negocios.

Por último, otro hecho identificado hace referencia a que es más probable que los actores industriales integren en sus expectativas las visiones inspiradas en la ecología industrial derivadas de experimentos exitosos en los que han participado de forma relevante organizaciones gubernamentales, organismos intermedios y organismos generadores de conocimiento. En más detalle, la presencia de organismos intermedios puede facilitar las interacciones entre los miembros de la red existentes y futuros, y crear un mayor nivel de conciencia y aprendizaje entre ellos respecto a las prácticas de ecología industrial. Además, la presencia de organismos generadores de conocimiento, como universidades y centros de investigación, en las redes puede proporcionar herramientas de aprendizaje específicas para la difusión del conocimiento y una visión que les permita avanzar en la identificación de posibles sinergias entre los actores existentes y contribuir a la participación de un mayor número de actores en las redes. El papel de las organizaciones gubernamentales puede ser relevante en términos de facilitar la entrada de la industria en las redes de los ecosistemas industriales. Una vez que las organizaciones gubernamentales entienden las prácticas de la ecología industrial y cómo se desarrollan siguiendo el patrón de un ecosistema industrial, pueden incorporarse al proceso mediante la adopción de medidas concretas a través de la introducción de cambios en la regulación y el diseño de mecanismos de incentivos fiscales y financieros apropiados para la industria. Por tanto, estos tres actores constituyen el eje sobre el que articular el desarrollo de un ecosistema industrial, pues les permite facilitar los cambios que son necesarios afrontar a las empresas en el contexto de la sostenibilidad y generar una conciencia sobre la posibilidad de obtener beneficios económicos y sociales para todos los integrantes de las redes del ecosistemas industrial.

CONCLUSIONES

Este artículo ha analizado un conjunto amplio de casos disponibles en la literatura relativos al estado del arte de ecosistemas industriales y se ha centrado en los procesos de aprendizaje para tratar de comprender mejor los experimentos desarrollados, en particular cómo las rutinas pueden cambiar en los sistemas de producción industrial convencionales para lograr transiciones sostenibles hacia un ecosistema industrial. En total se han identificado 108 casos de ecosistemas industriales distribuidos en 24 países de todo el mundo, lo que ha permitido obtener información de experimentos de ecosistemas industriales en diferentes contextos.

Una primera conclusión que se obtiene es que las actividades y procesos de aprendizaje requieren de un enfoque explícito a la hora de planificar e implementar un nuevo experimento de ecosistema industrial. Los mecanismos de aprendizaje que facilitan la difusión del conocimiento sobre las prácticas de la ecología industrial son esenciales para conseguir un impacto positivo en el nuevo experimento y, por tanto, en sus resultados. Si el aprendizaje de primer orden se puede lograr de una forma continua a través de medidas que permitan la generación de capacidades para los actores involucrados, será posible avanzar en el aprendizaje de segundo orden, lo que facilita la viabilidad de un experimento y también el surgimiento de expectativas y nuevas visiones para el ecosistema industrial.

Una segunda conclusión pone de relieve que la fertilización cruzada en diferentes experimentos de ecosistemas industriales también es crucial para que los actores involucrados puedan aprender unos de otros. Además, los experimentos aislados se pueden agregar al nivel del ecosistema industrial global a través de políticas y acciones intermedias. En este apartado, los organismos intermedios y los organismos generadores de conocimiento, junto con las organizaciones gubernamentales, pueden desempeñar un papel relevante. La expansión de un ecosistema industrial más allá de los niveles local y regional se puede lograr mediante el uso de mecanismos de políticas públicas mediante los cuales las organizaciones intermedias pueden formular visiones colectivas a través de la gestión de las redes al permitir el aprendizaje de diferentes experimentos.

Una tercera conclusión hace referencia a que la experimentación continua de las prácticas de ecología industrial entre los sistemas de producción industrial tradicionales es crítica y no solo conducirá a un ma-

yor número de ecosistemas industriales a nivel local y regional, sino que también puede traer un cambio en las rutinas de producción tradicionales hacia rutinas de producción circulares en la industria en una escala más amplia. Para lograr este objetivo los responsables de las políticas públicas tienen el desafío de motivar a las organizaciones industriales para que se involucren en estos experimentos. Por tanto, el diseño de nuevos mecanismos de apoyo y la introducción de cambios en las regulaciones actuales pueden ser particularmente útiles para modificar las rutinas establecidas y ampliar el conocimiento consolidado de los responsables de los sistemas de producción industrial. Si tales mecanismos pudieran permitir la co-creación de estos cambios en conjunto con las organizaciones intermedias y éstas fueran capaces de involucrar de una manera efectiva a la industria y a otros actores en el proceso de cambio, el compromiso de la industria en el desarrollo de experimentos de ecosistemas industriales sería más amplio y profundo.

REFERENCIAS

ARGYRIS, C. 1997. «Initiating change that preserves». American Behavioral Scientist, 40(3): 299-310.

BAAS, L. 2011. «Planning and uncovering industrial symbiosis: Comparing the Rotterdam and Östergötland regions». Business Strategy and the Environment, 20(7): 428-440.

BAAS, L.W. & BOONS, F.A.A. 2004. «An industrial ecology project in practice: Exploring the boundaries of decision-making levels in Regional Industrial Systems». Journal of Cleaner Production, 12(8-10): 1073-1085.

BOONS, F., CHERTOW, M., PARK, J., SPEKKINK, W. & SHI, H. 2017. «Industrial symbiosis dynamics and the problem of equivalence: Proposal for a comparative framework». Journal of Industrial Ecology, 21(4): 938-952.

BOONS, F. & SPEKKINK, W. 2012. «Levels of institutional capacity and actor expectations about industrial symbiosis: Evidence from the Dutch Stimulation Program 1999-2004». Journal of Industrial Ecology, 16(1): 61-69.

BRANSON, R. 2016. «Reconstructing Kalundborg: The reality of bilateral symbiosis and other insights». Journal of Cleaner Production, 112: 4344-4352.

CHERTOW, M.R. 2000. «Industrial symbiosis: Literature and taxonomy». Annual Review of Energy and the Environment, 25: 313-337.

CHERTOW, M.R. 2007. «Uncovering industrial symbiosis». Journal of Industrial Ecology, 11(1): 11-30.

COSSENTINO, F., PYKE, E. & SENGENBERGER, W. 1996. Local and regional response to global pressures: The case of Italy and its industrial districts. Geneva, ILO.

COTE, R. & HALL, J. 1995. «Industrial parks as ecosystems». Journal of Cleaner Production, 3(1-2): 41-46.

DOMENECH, T. & DAVIES, M. 2011. «The role of embeddedness in industrial symbiosis networks: Phases in the evolution of industrial symbiosis networks». Business Strategy and the Environment, 20: 281-296.

DOUTHWAITE, B., KEATINGE, J. & PARK, J. 2001. «Why promising technologies fail: the neglected role of user innovation during adoption». Research Policy, 30: 819-836.

ERKMAN, S. 1997. «Industrial ecology: An historical view». Journal of Cleaner Production, 5(1): 1-10.

FROSCH, R.A. & GALLAPOULUS, N.E. 1989. «Strategies for manufacturing». Scientific American, 261: 94–102.

GEELS, F.W. 2004. «From Sectoral Systems of Innovation to Socio-Technical Systems. Insights about dynamics and change from sociobiology and institutional theory». Research Policy, 33: 897-920.

GEELS, F.W. & RAVEN, R. 2006. «Non-linearity and expectations in niche-development trajectories: Ups and downs in Dutch biogas development (1973-2003)». Technology Analysis and Strategic Management, 18(3-4): 375-392.

GHALI, M.R., FRAYRET, J.M. & ROBERT, J.M. 2014. «Green social networking: Concept and potential applications to initiate industrial synergies». Journal of Cleaner Production, 115: 23-35.

GIBBS, D. 2009. Eco-industrial Parks and Industrial Ecology: Strategic Niche or Mainstream Development. In: The Social Embeddedness of Industrial Ecology. Cheltenham, Edward Elgar: 73-102.

GRAEDEL, T. & ALLENBY, B. 1995. Industrial Ecology. New Jersey, Prentice Hall.

GRANT, G. B., SEAGER, T. P., MASSARD, G. & NIES, L. 2010. «Information and communication technology for industrial symbiosis». Journal of Industrial Ecology, 14(5): 740-753.

HEWES, A.K. & LYONS, D.I. 2008. «The humanistic side of eco-industrial parks: Champions and the role of trust». Regional Studies, 42(10): 1329-1342.

KORHONEN, J. 2004. «Theory of industrial ecology». Progress in Industrial Ecology, 1(1-3): 61-88.

KORHONEN, J. & SNÄKIN, J.P. 2005. «Analysing the evolution of industrial ecosystems: Concepts and application». Ecological Economics, 52(2): 169-186.

LOMBARDI, D. R. & LAYBOURN, P. 2012. «Redefining industrial symbiosis: Crossing academic-practitioner boundaries». Journal of Industrial Ecology, 16(1): 28-37.

LOWE, E., MORAN, S. & HOLMES, D. 1995. A fieldbook for the development of eco-industrial parks. Oakland (CA), Indigo Development International.

MACLACHLAN, I. 2013. «Kwinana industrial area: Agglomeration economies and industrial symbiosis on Western Australia's Cockburn Sound». Australian Geographer, 44(4): 383-400.

MIRATA, M. & EMTAIRAH, T. 2005. «Industrial symbiosis networks and the contribution to environmental innovation: The case of the Landskrona industrial symbiosis programme». Journal of Cleaner Production, 13: 993-1002.

PAQUIN, R. & HOWARD-GRENVILLE, J. 2009. Facilitating regional industrial symbiosis: Network growth in the UK's national industrial symbiosis programme. In: The social embeddedness of industrial ecology. Cheltenham, Edward Elgar: 103-127.

RAVEN, R. 2007. «Niche accumulation and hybridisation strategies in transition processes towards a sustainable energy system: An assessment of differences and pitfalls». Energy Policy, 35(4): 2390-2400.

ROBERTS, B. 2004. «The application of industrial ecology principles and planning guidelines for the development of eco-industrial parks: An Australian case study». Journal of Cleaner Production, 12: 997-1010.

SCHOT, J. & GEELS, F. W. 2008. «Strategic niche management and sustainable innovation journeys: Theory, findings, research agenda, and policy». Technology Analysis and Strategic Management, 20(5): 537-554.

SENGE, P. 1993. Transforming the Practice of Management. Wiley.

SUSUR, E., HIDALGO, A. & CHIARONI, D. 2019a. «The emergence of regional industrial ecosystem niches: A conceptual framework and a case study». Journal of Cleaner Production, Volume 208: 1642-1657.

SUSUR, E., HIDALGO, A. & CHIARONI, D. 2019b. «A strategic niche management perspective on transitions to eco-industrial park development: A systematic review of case studies». Resources, Conservation and Recycling, 140: 338-359.

SUSUR, E., MARTIN-CARRILLO, D., CHIARONI, D. & HIDALGO, A. 2019c. «Unfolding eco-industrial parks through niche experimentation: Insights from three Italian cases». Journal of Cleaner Production, Volume 239: 118069.

VELEVA, V., LOWITT, P., ANGUS, N. & NEELY, D. 2016. «Benchmarking eco-industrial park development: The case of Devens». Benchmarking, 23(5): 1147-1170.

YUNE, J.H., TIAN, J., LIU, W., CHEN, L. & DESCAMPS-LARGE, C. 2016. «Greening Chinese chemical industrial park by implementing industrial ecology strategies: A case study». Resources, Conservation & Recycling, 112: 54-64.

ZHANG, Y., ZHENG, H., CHEN, B. & YANG, N. 2013. «Social network analysis and network connectedness analysis for industrial symbiotic systems: Model development and case study». Frontiers of Earth Science, 7(2): 169-181.

LA TRANSICIÓN HACIA LA ECONOMÍA CIRCULAR: LA EXPERIENCIA DEL PAÍS VASCO

JORGE FERNÁNDEZ GÓMEZ
Orkestra-Instituto Vasco de Competitividad y
Deusto Business School

A principios de 2020, el Gobierno Vasco aprobó la Estrategia de Economía Circular del País Vasco 2030 (EEC). Esta estrategia busca impulsar la transición hacia una economía circular(1) a través de la innovación, el emprendimiento y un modelo de colaboración público-privada que convierta al País Vasco en una región referente en economía circular en Europa (Gobierno Vasco, 2019a).

El impacto sobre la competitividad ligado al desarrollo de una economía más circular y en la que el crecimiento económico se desligue del consumo de recursos, la generación de residuos y las emisiones de gases de efecto invernadero (Gobierno Vasco, 2019a, 2019b; Ihobe, 2018a) se materializará a través de: (a) mejoras en eficiencia y productividad (ahorro de costes, eficiencia operativa, recuperación y mayor durabilidad de los productos, mayor garantía de suministro de materias primas); (b) innovación tecnológica y no tecnológica (tecnologías «limpias», nuevos servicios con mayor valor añadido, nuevos procesos); (c) diversificación empresarial (nuevos modelos de negocio, actividades y fuentes de ingresos y rentabilidad); (d) internacionalización de las actividades y mejor posicionamiento en el mercado global; y (e) sostenibilidad medioambiental (reducción de residuos, consumo más responsable, sustitución de materias primas contaminantes) (Ihobe, 2018a).

Esta visión encaja con las estrategias y actuaciones en materia de economía circular y eficiencia que está implementando la Unión Europea, recogidas en el Pacto Verde Europeo y en el Plan de Acción para la Economía Circular que se aprobará a lo largo de 2020 (Comisión Europea, 2019a, 2019b).

En este artículo se revisa la situación actual del sector de la economía circular en el País Vasco, tomando como punto de partida la reciente aprobación de la EEC y se lleva a cabo una evaluación de esta estrategia desde el punto de vista de la sostenibilidad.

SITUACIÓN ACTUAL DE LA ECONOMÍA CIRCULAR EN EL PAÍS VASCO

Indicadores de economía circular

La Tabla 1 muestra los principales indicadores relativos a la economía circular para el País Vasco, España y la Unión Europea (UE). Los datos muestran que el País Vasco se sitúa por encima de la media española y europea en muchas de las categorías clave (p. ej.,

TABLA 1
INDICADORES DE ECONOMÍA CIRCULAR EN EL PAÍS VASCO, ESPAÑA Y LA UE

Indicador	País Vasco (2015)[1]	España (2018)[2]	UE-28 (2018)[3]
Indicadores generales			
Consumo doméstico de materiales (CDM) per cápita (t/hab.)	11	9,54	13,84
Productividad de los materiales (PIB/CDM) (€/kg)	2,87	2,63	2,04
Producción y consumo			
Compra pública verde (nº de contrataciones)	767	n/d	n/d
Residuos municipales per cápita (kg/hab./año)	515	475	488
Residuos por unidad de PIB (kg/1000 €) (excl. residuos minerales)	76	62 (2016)	65 (2016)
Residuos por unidad de CDM (excluyendo los principales residuos minerales)	26%	17,2% (2016)	13,5% (2016)
Gestión de residuos			
Tasa de reciclaje de residuos municip. (%)	33%	36%	47%%
Tasa de reciclaje de todos los residuos, excluyendo residuos minerales (%)	51%	46% (2016)	57% (2016)
Tasa de reciclaje de envases en general	79%	68,5% (2017)	67% (2017)
Tasa de reciclaje de envases de plástico	80%	47,9% (2017)	41,9% (2017)
Tasa de reciclaje de envases de madera	69%	67,5% (2017)	40% (2017)
Tasa de reciclaje de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos	33%	41% (2017)	41,4% (2016)
Tasa de reciclaje de biorresiduos (kg/hab)	21	84	83
Tasa de recuperación de residuos de construcción y demolición (%)	59%	79% (2016)	89% (2016)
Materias primas secundarias			
Tasa de uso circular de materiales (%)	9,2%	8,2% (2016)	11,7% (2016)
Competitividad e innovación			
Inversión bruta en bienes tangibles relacionados con sectores de economía circular (% PIB)	0,03%	0,10% (2017)	0,12% (2017)
Empleo en sectores de economía circular (% total)	2,08%	2,04% (2017)	1,69% (2017)
VAB al coste de los factores en sectores de economía circular (% PIB)	1,12%	1,06% (2017)	1% (2017)

Fuente: 1.Ihobe (2018b). Datos correspondientes a 2015, excepto donde se indica.
2. Eurostat (información extraída el 22 de enero de 2020). Datos correspondientes a 2018, excepto donde se indica.
3. COTEC (2019).

productividad de los materiales o tasas de reciclaje de envases o nivel de empleo y VAB del sector de la economía circular), mientras que presenta mayores niveles de generación de residuos y un nivel bajo de inversión en bienes tangibles relacionados con sectores de la economía circular.

LA ESTRATEGIA DE ECONOMÍA CIRCULAR 2030

Antecedentes y gestación

La EEC, aprobada en enero de 2020, supone la culminación de un largo proceso de desarrollo e implementación de políticas públicas y programas, instituciones, foros y otros espacios de colaboración público-privada relacionados con la economía circular que se inició a principios de los años 90 (Figura 1).

Las líneas de trabajo en la última década se han centrado, especialmente, en impulsar el ecodiseño y la extensión de la vida útil de los productos (a través de su manufactura) y, en menor medida, en el reciclaje de materiales y plásticos.

El abanico de actuaciones llevadas a cabo desde 1990 cubre tanto la demanda como la oferta de servicios y soluciones de economía circular y abarca desde un primer Plan de Gestión de Residuos en 1994 hasta la adopción de objetivos relacionados con la economía circular en el «IV Programa Marco Ambiental de la CAPV 2020» en 2014 o la creación del Basque Ecodesign Center (2011) o el Basque Ecodesign Hub (2015).

En 2018, la Agencia Vasca de Gestión Ambiental (Ihobe), publicó un informe con un diagnóstico detallado de la situación de la economía circular en la industria del País Vasco (2) y de las oportunidades económicas y medioambientales que generaría una transición hacia un modelo económico más circular (Ihobe, 2018). El análisis realizado por Ihobe sugiere un rendimiento potencial elevado de implementar soluciones más circulares en la industria, que podrían reducir el consumo de materias primas (3) en hasta un 6% del consumo total, por un valor total de unos 2.000 M€ (aproximadamente un 2,5% del PIB vasco) (4).

La radiografía del sector industrial indica que existe un amplio y creciente ecosistema de más de 150 empresas en sectores diversos (máquina-herramienta, equipos eléctricos y electrónicos, automoción, equipos de transporte, metal, etc.) que están adoptando soluciones y estrategias innovadoras relacionadas con la economía circular (p. ej., sobre ecodiseño, remanufactura,

FIGURA 1
POLÍTICAS DEL GOBIERNO VASCO SOBRE ECONOMÍA CIRCULAR



Fuente: adaptado de Gobierno Vasco (2019a).

servitización u optimización del uso de materiales y el consumo de energía). Para continuar avanzando en el desarrollo de la economía circular en la industria vasca, Ihobe propone centrar los esfuerzos en (a) el ecodiseño; (b) la remanufactura y reparación avanzada; (c) la servitización y el desarrollo de nuevos modelos de negocio; y (d) el desarrollo de nuevos materiales metálicos, plásticos y cauchos y compuestos.

Además, el análisis de Ihobe indica que la colaboración público-privada en el desarrollo de proyectos ecoinnovadores y la aplicación de herramientas innovadoras (p. ej., orientadas al análisis del ciclo de vida medioambiental y económico) son factores clave para el éxito del modelo vasco de despliegue de la economía circular. El diagnóstico de Ihobe sobre la economía circular en la industria, junto con otros estudios relativos a la economía circular, la competitividad y la gestión de residuos y la aportación de empresas, asociaciones sectoriales y la ciudadanía a través de procesos de participación pública, sirvió como base para la elaboración de la EEC.

Bases de la Estrategia de Economía Circular 2030

Aproximación estratégica a la economía circular

El principal objetivo de la EEC es impulsar la transición de la economía vasca hacia una economía más circular, convirtiendo al País Vasco en una región referente en Europa en la transición a una economía sostenible, competitiva y en la que se desacoplen el crecimiento económico y el impacto medioambiental negativo del uso de recursos (Gobierno Vasco, 2019a).

La visión subyacente en la EEC del medio ambiente como motor de competitividad y crecimiento económico coincide con la reflejada por la Comisión Europea en la Comunicación «Un Pacto Verde Europeo» (Comisión Europea, 2019a), que señala que el crecimiento de la economía circular generará oportunidades económicas, empleo y valor añadido en toda la economía y requerirá una transformación profunda de todos los sectores industriales.

En línea con las actuaciones llevadas a cabo por el Gobierno Vasco en materia de economía circular en los últimos 10-15 años, la EEC busca actuar simultáneamente sobre la demanda y la oferta de productos y servicios de economía circular a través de herramientas fiscales y normativas y de la actuación de instituciones públicas y privadas que tienen en cuenta (a) las líneas de actuación más eficientes, en términos de coste-beneficio (ecodiseño, remanufactura y reciclaje, servitización, etc.), y (b) aquellas áreas de la economía donde existe mayor potencial de ahorro (como los sectores industriales mencionados anteriormente).

La EEC hace especial hincapié en el ciclo de vida completo de la economía vasca, más allá del consumo directo de materiales, teniendo en cuenta los flujos ocultos de materiales (5), y, con una visión más amplia del impacto de la economía circular, apunta implícitamente, como gran objetivo último en términos de sostenibilidad, a reducir el déficit ecológico total de la economía vasca, equivalente a 2,65 planetas (Ihobe, 2019a).

Objetivos estratégicos para 2030

Los objetivos que establece la EEC para 2030 (Tabla 2) se centran en la eficiencia en el uso de los materiales, el grado de circularidad de la economía vasca y el volumen total de residuos generados. En particular, se busca aumentar en los próximos diez años la productividad material (o PIB por unidad de materiales consumidos, medida en €/kg) en un 30%, incrementar la

TABLA 2
OBJETIVOS PARA 2025 Y 2030 EN LA EEC

	2016	Objetivo 2025	Objetivo 2030
Productividad material, PIB/CDM (€/kg)	3,34	3,98	4,34
Tasa de uso circular de material (%)	9,9%	11,7%	12,8%
Residuos generados por unidad de PIB (kg/k€)	67,0	53,9	46,7
Residuos alimentarios (kg/habitante/año)	172	117	86
Envases de plásticos puestos en mercado y reciclables	--	--	100%

Fuente: Gobierno Vasco (2019a).

tasa de uso circular de los materiales en un 30% y reducir los residuos generados también en un 30%, medidos en términos de kg por cada 1.000 euros de PIB.

Además, se fijan como objetivos adicionales la reducción en un 50% de los residuos alimentarios (medidos en kg/habitante/año) y que en 2030 el 100% de los envases de plástico puestos en el mercado sean reciclables (objetivo fijado por la Unión Europea). Por otro lado, la EEC fija también objetivos intermedios para el año 2025 con el objeto de valorar la efectividad en la implementación de la estrategia.

Impacto económico y medioambiental

El impacto económico y medioambiental esperado de la EEC es significativo. Las innovaciones en productos, servicios o procesos podrían generar hasta 10.000 M€ en facturación (frente a 2.850 M€en la actualidad, un 28% de la facturación de las empresas que aplican criterios de economía circular) y crear más de 3.000 empleos en áreas como la reparación, refabricación o actualización de productos, el reciclaje de productos y materiales, y nuevos modelos de negocio basados en el alquiler y *renting* de activos o en transacciones *peer-to-peer* (Gobierno Vasco, 2019a).

En el plano medioambiental, el Gobierno Vasco prevé que la EEC, junto con otras estrategias desplegadas como la Estrategia Vasca de Cambio Climático (Klima 2050), dé lugar a una reducción de las emisiones de CO_2-eq. de un 26%, o unos 4,4 millones de t/CO_2-eq/año (un 23% de las emisiones totales de gases de efecto invernadero en la CAPV en 2017 (Ihobe y Ura, 2020). Esta reducción se debe a la gestión de los residuos (70% de la reducción total, que se producirá en territorio vasco) y al menor volumen de importaciones resultante (30% de la reducción).

Principales retos y líneas de actuación

Para alcanzar los objetivos medioambientales y económicos descritos anteriormente, la EEC identifica siete grandes líneas de actuación agrupadas en cuatro ámbitos estratégicos alineados con las áreas de actuación del Plan de Acción de la UE para la Economía Circular de 2015 (Comisión Europea, 2015):

(a) competitividad e innovación,

(b) producción,

(c) consumo, y

(d) gestión de residuos y materias primas secundarias.

La EEC prevé desplegar la estrategia en planes de acción quinquenales, elaborándose informes de seguimiento cada dos años y un informe de evaluación al final del periodo (por un organismo externo) que servirá como base para la definición del plan de acción en 2026-2030.

Las líneas de actuación del Plan de Acción 2025 de la EEC (Tabla 3) inciden en el desarrollo y consolidación de capacidades básicas (capital humano, conocimiento en las empresas, investigación básica e innovación en tecnologías y materiales), la concienciación de los agentes económicos y los ciudadanos, el desarrollo de nuevos modelos de negocio y la potenciación de la aplicación de los principios y procesos de economía circular en sectores y cadenas de valor estratégicas (fabricación avanzada, energía, construcción, industria agroalimentaria, metal, equipo eléctrico y maquinaria, plástico y cauchos, papel y biorresiduos, refino, etc.).

Instrumentos, gobernanza y recursos

La EEC prevé el uso de un amplio conjunto de instrumentos para la implementación efectiva de los distintos planes de acción, agrupados en cuatro bloques (legislación y normativa, económicos, de fomento del mercado, y de desarrollo de la economía circular) (Tabla 4).

Resulta destacable el uso de herramientas con impacto multisectorial y una clara orientación a implicar a los distintos agentes económicos y sociales (empresas, asociaciones sectoriales, centros de investigación y tecnológicos, universidades y centros de formación profesional, agencias gubernamentales, distintos niveles de la administración y ciudadanos) en la transformación cultural, estratégica y

TABLA 3
LÍNEAS DE ACCIÓN EN EL PLAN DE ACCIÓN 2025

1. COMPETITIVIDAD E INNOVACIÓN	3. CONSUMO
Modelos de negocio Nuevos modelos de negocio en EC Programas de aprendizaje y capital riesgo (Programa Emprende Circular) Basque Circular Hub Competencias de EC en formación de grado medio EC en la enseñanza universitaria Implicación de agencias de desarrollo comarcales	***Consumo circular*** Criterios de economía circular en la compra y contratación pública verde Acuerdo Voluntario de compra y contratación verde en el sector privado Recogida y reparación de productos usados Campañas informativas sobre consumo sostenible
Innovación y tecnologías Inversión pública y privada en I+D Incorporación de la EC en las áreas de fabricación avanzada y energía en la estrategia RIS3 Sistema de Vigilancia Principios de EC en planes y políticas públicas Mapa de conocimiento y foro de expertos sobre EC Etiquetado de huella ambiental	***Despilfarro alimentario*** Concienciación sobre consumo alimentario responsable Aprovechamiento y donación de excedentes alimentarios Utilización de subproductos del sector primario y la industria agroalimentaria Recuperación de materia orgánica para compostaje
Nuevos materiales Investigación en nuevos materiales Transferencia del conocimiento hacia los procesos productivos Estrategia de Bioeconomía Forestal Hojas de ruta para materiales de alto impacto Flujos de material y gestión del ciclo de vida	***Consumo de plásticos*** Acuerdos con agentes clave para la reducción de envases y embalajes plásticos Concienciación ciudadana sobre consumo de plásticos de un solo uso Reciclaje de plásticos y uso de plásticos secundarios
2. PRODUCCIÓN	**4. GESTIÓN DE RESIDUOS Y MATERIAS PRIMAS SECUNDARIAS**
Ecodiseño de productos y servicios Posicionamiento internacional Plataforma de difusión de conocimiento Nuevas cadenas de valor en ecodiseño y eficiencia energética Basque Ecodesign Center Estándares medioambientales en industria y agroalimentación Acuerdos municipales sobre grandes edificios	***Gestión sostenible de residuos*** Nuevas tecnologías de tratamientos de residuos e impulso de un sector avanzado de gestión de residuos Nuevas prácticas de segregación y preparación de residuos para valorización Mejora de la gestión de residuos en las Administraciones Públicas Instrumentos financieros y desarrollo de infraestructuras estratégicas
Fabricación eficiente Mejores técnicas disponibles industriales Programa de formación Euskadi Remanufacturing Ecoproductividad en pymes Materiales secundarios y tecnologías eficientes en el Listado de Tecnologías Limpias Construcción industrializada e incorporación de nuevos materiales de construcción	***Materias primas secundarias*** Guías de materiales reciclados y renovables en construcción Promoción de normas de verificación de materiales para desarrollar un mercado secundario de materias primas Impulso al sector del reciclaje Sustitución de materias primas clave

Fuente: elaboración propia a partir de Gobierno Vasco (2019a, 2019b).

operativa que supondrá avanzar hacia una economía más circular.

Estas herramientas se utilizan de manera coordinada con otras estrategias y planes de acción, como la estrategia de especialización inteligente RIS3, el Plan de Ciencia, Tecnología e Innovación Euskadi 2020 (PCTI) o el IV Programa Marco Ambiental 2020, que, a través del Listado Vasco de Tecnologías Limpias (6), identifica una serie de tecnologías limpias cuya integración en los procesos productivos se incentiva a través de medidas fiscales o de políticas de gasto.

La implicación de diversas iniciativas público-privadas en distintos ámbitos sectoriales, como el Basque Circular Hub, el Basque Ecodesign Center o el Basque Digital Innovation Hub (ver el siguiente apartado) es otra de las características destacables del Plan de Acción 2025.

La ejecución de las actuaciones del Plan de Acción 2025 y el impulso de los distintos ámbitos de actuación corresponde a distintos departamentos del Gobierno Vasco, con Ihobe a la cabeza, que realiza el trabajo de coordinación de los distintas instituciones, agentes y *stakeholders* en sociedades públicas como SPRI (innovación y relación con los centros tecnológicos y de investigación), Neiker (aspectos relacionados con la bioeconomía), Ihobe (producción, consumo y gestión de residuos y materiales secundarios), Hazi o Elika (ambas en el ámbito agroalimentario). Además, se prevé la participación de las instituciones educativas del País Vasco (universidades y centros de formación profesional), las asociaciones clúster, la asociación empresarial Confebask, la red de municipios vascos por la sostenibilidad Udalsarea 2030 o las agencias de desarrollo comarcales y locales.

Las actuaciones previstas para 2020 dentro de la EEC cuentan con 2,04 M€ dentro de los Presupuestos Generales de la Comunidad Autónoma del País Vasco, de los que el 66,5% se dedicarán a actuaciones relacionadas con la competitividad y la innovación, el 19,0% a la producción circular y el 14,5% al consumo circular. Para el periodo 2021-2025, la ejecución de todas las actividades previstas en el Plan de Acción 2025 requerirá un total de 16,65 M€ (un promedio anual de 3,33 M€).

TABLA 4
INSTRUMENTOS PARA EL DESPLIEGUE DEL PLAN DE ACCIÓN 2025

LEGISLATIVOS Y NORMATIVOS
Legislación: regulación de residuos, incorporación de materiales secundarios en procesos u obra civil; anticipación de legislación europea. ***Autorizaciones***: permisos de autorización medioambiental integrada para gestores de residuos, vertederos, empresas de fabricación.
ECONÓMICOS
Ayudas a la inversión: ayudas del Departamento de Medio Ambiente a la inversión en infraestructuras de gestión de residuos, eficiencia productiva y nuevos negocios; actuaciones de colaboración interinstitucional. ***Deducciones fiscales***: ampliación del Listado de Tecnologías Limpias (SPRI, EVE e Ihobe, 2016), para enfocarlo en equipos con mayor potencial de utilización por parte de pymes e incluir materiales secundarios. ***Tasas***: evaluación de la viabilidad de la aplicación de diversas tasas e impuestos medioambientales. ***Financiación***: facilitación del acceso a la financiación del BEI; visibilización de la EC en fondos de inversión y de capital riesgo, públicos y privados.
MERCADO
Compra verde: desarrollo de un programa público de compra verde. ***Acuerdos voluntarios***: acuerdos administración-empresas para el desarrollo de EC (e. g., ecodiseño, uso de plásticos, compra privada, gestión de residuos), especialmente en el ámbito de las pymes. ***Estándares***: desarrollo de estándares técnicos y metodologías sobre materiales secundarios, ecodiseño, información ambiental de productos, informes de reputación empresarial, etc. ***Información y sensibilización***: criterios de consumo circular para consumidores, etiquetado ambiental, herramientas de sensibilización sobre alimentación responsable, gestión de plásticos, etc.
DESARROLLO DE LA ECONOMÍA CIRCULAR
Ayudas a la I+D+i: ayudas a la innovación de Ihobe y SPRI para proyectos con orientación hacia la EC, nichos de hábitat urbano y alimentación del PCTI (Gobierno Vasco, 2014). ***Nodos de conocimiento***: iniciativas del PCTI sobre digitalización (Basque Digital Innovation Hub) y Ecoinnovación (Basque Circular Hub). ***Sistema de vigilancia***: identificación de oportunidades a partir del Basque Circular Hub y los grupos de pilotaje del PCTI. ***Capacitación***: medidas orientadas a ampliar la formación reglada (universitaria y FP) y no reglada. ***Transferencia***: programas de prácticas en proyectos en empresas para titulados universitarios y de FP; elaboración y difusión de buenas prácticas; implicación de la cadena de suministro a través del Basque Ecodesign Center. ***Acción local***: acciones de la red vasca de municipios para la sostenibilidad UdalSarea 2030 sobre capacitación, políticas locales, grupos de trabajo, ayudas a la innovación, etc. ***Conocimiento para la acción***: estudios técnicos y de viabilidad, mapas de conocimiento, ecobarómetros, participación en proyectos LIFE o H2020, flujogramas de materiales, relación entre cambio climático y economía circular, etc.

Fuente: elaboración propia a partir de Gobierno Vasco (2019a).

RELACIÓN CON OTRAS ESTRATEGIAS Y PLANES DE ACCIÓN

Gobierno Vasco

La ECC forma parte de un conjunto más amplio de estrategias y planes de acción adoptados por el Gobierno Vasco en los últimos años para hacer frente a los retos energéticos y medioambientales a los que se enfrenta la economía vasca. Por un lado, la Agenda Basque Country 2030 propone un marco estratégico integral para el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de Naciones Unidas. Algunos de los conceptos básicos de economía circular (ecodiseño, gestión de residuos, etc.) aparecen de forma explícita en los objetivos de esta visión de futuro para el País Vasco.

En el ámbito industrial, la Estrategia de Fabricación Avanzada «Basque Industry 4.0», dentro de la estrategia RIS3, busca posicionar al País Vasco como una economía industrializada basada en modelos innovadores de producción y fabricación intensivos en conocimiento y en tecnologías avanzadas. Uno de los pilares estratégicos de «Basque Industry 4.0» es la promoción de nuevos modelos de negocio, con un enfoque especial en servicios avanzados y en la economía circular, haciendo hincapié en otros aspectos como la eficiencia energética, los nuevos materiales o procesos innovadores eficientes.

El IV Programa Marco Ambiental 2015-2020 (PMA 2020) establece las bases de la política medioambiental del País Vasco, fijando como una de las prioridades estratégicas el desarrollo de una economía circular innovadora que dé lugar a un uso eficiente de los recursos, especialmente en sectores como la construcción o la alimentación, y al desarrollo de nuevos modelos de negocio. Como parte del desarrollo del PMA 2020, el Plan de Prevención y Gestión de Residuos de la CAPV 2020 tiene como principal objetivo reducir la generación de residuos, aplicando un enfoque basado en la economía circular a la gestión de los residuos, desde la prevención hasta la recogida, reciclado, reutilización y valorización de los mismos.

La economía circular aparece también, de manera más o menos explícita, en las estrategias energética y de cambio climático vascas, reflejando la estrecha

relación entre sostenibilidad, eficiencia energética y tecnologías limpias. La Estrategia Energética de Euskadi 2030 recoge conceptos cercanos a la economía circular (eficiencia energética, gestión de residuos) en varias líneas de actuación, al igual que la Estrategia de Cambio Climático 2050 del País Vasco.

Por otro lado, la estrategia de implementación de RIS3 en el ámbito de la energía (energiBasque) identifica la economía circular como una de las «tecnologías facilitadoras» para generar valor y desarrollar ventajas competitivas en las ocho cadenas de valor identificadas como áreas estratégicas en el País Vasco (energía de las olas, eólica, solar termoeléctrica, solar fotovoltaica, *oil & gas*, redes eléctricas, eficiencia energética y movilidad eléctrica) y, en particular, en el ecodiseño de componentes y equipos, la segunda vida de materiales y productos (p. ej., baterías electroquímicas), el análisis del ciclo de vida de materiales, productos y procesos, el desarrollo de nuevos materiales, productos y procesos, etc.

En el ámbito del empleo, el Programa Marco por el Empleo y la Reactivación Económica 2017-2020 identifica la economía circular y la economía verde como uno de los sectores emergentes en los próximos años.

En resumen, los principios básicos de la economía circular impregnan las bases del modelo de competitividad y desarrollo económico sostenible del País Vasco y tienen efecto directo sobre la concepción y el despliegue de las distintas estrategias y planes de acción desarrollados por el Gobierno Vasco en los últimos años.

Diputaciones forales y gobiernos municipales

Las diputaciones forales vascas (Bizkaia, Gipuzkoa y Álava) y muchas comarcas y municipios del País Vasco también llevan años diseñando e implementando estrategias y actuaciones concretas para potenciar la economía circular.

La Diputación Foral de Bizkaia (DFB) ha puesto en marcha, en colaboración con las agencias de desarrollo comarcal y local vizcaínas, proyectos para fomentar la adopción de prácticas de economía circular en las empresas (p. ej., Planes de Economía Circular dentro de la iniciativa de desarrollo económico Bizkaia Orekan). Además, la DFB participa en el proyecto europeo Retrace (dentro de Interreg Europe), para compartir experiencias regionales y mejores prácticas en economía circular, y ha lanzado, junto con el Ayuntamiento de Bilbao y el Gobierno Vasco, la iniciativa «Circle City Scan» que ha identificado a la restauración, la distribución mayorista y el sector del metal como los sectores con más potencial en Bilbao y Bizkaia para avanzar hacia una economía más circular.

La Diputación Foral de Gipuzkoa (DFG) lleva años impulsando esquemas avanzados de reciclaje de residuos, incluyendo diversos programas de recogida selectiva, alcanzando una tasa de reciclaje de residuos urbanos superior al 50% en 2018, cercanas a la de los países más avanzados en Europa. La DFG también ha impulsado la creación de una asociación de empresas de reciclaje (GK Recycling), una asociación de empresas relacionadas con el diseño de moda sostenible (GK Green Fashion) y Naturklima (Instituto de Cambio Climático) que tiene como objetivo contribuir a implementar las políticas de cambio climático en Gipuzkoa y crear una red de agentes para promover la economía circular. Por otro lado, la DFG ha puesto en marcha varias iniciativas para fomentar la implantación de procesos y principios de economía circular en el tejido productivo guipuzcoano, como la plataforma colaborativa Circular Market (junto con Tecnun-Universidad de Navarra) o el proyecto Circular Trans (con la Universidad de Mondragón).

La Diputación Foral de Álava (DFA) ha apostado por la implementación de una ambiciosa estrategia para la gestión de los residuos urbanos, a través del Plan de Prevención y Gestión de Residuos Urbanos de Araba-Álava (2017-2030), aprobado en noviembre de 2011.

Las comarcas de los tres territorios vascos, a través de las agencias de desarrollo comarcales y locales, son también muy activas en aspectos relacionados con la economía circular, en especial en aquellas actividades relacionadas con la gestión de residuos urbanos y, en el entorno rural, con la recogida y el reciclaje de materiales y la capacitación y los procesos de formación de capital humano especializado. Empiezan a aparecer también iniciativas comarcales y locales para transformar los procesos productivos y de gestión empresarial. En la comarca del Goierri (Gipuzkoa), por ejemplo, la asociación de desarrollo Goieki impulsa proyectos de transformación empresarial en el ámbito de la economía circular, el ecodiseño y la eco-servitización.

Los municipios también llevan tiempo trabajando para fomentar la economía circular, especialmente en el ámbito de la gestión de los residuos. A raíz de la elección de Vitoria-Gasteiz como Capital Verde Europea en 2012 se desarrolló el «Pacto Verde», una red de decenas de empresas y organizaciones que impulsan la adopción de medidas agrupadas en cuatro áreas: economía circular, huella de carbono, sensibilización ambiental y huella hídrica. El «Green Lab» del Centro de Estudios Ambientales (CEA) ejecuta proyectos y lleva a cabo investigaciones orientadas a impulsar estrategias relacionadas con el desarrollo sostenible. Entre los planes municipales destacan Agenda 21, para el seguimiento de más de 30 indicadores relacionados con la sostenibilidad, y el Plan de Apoyo a la Industria 2017-2020 que impulsa la economía circular y la industria 4.0.

El plan municipal para 2019-2023 de Donostia-San Sebastián incluye entre sus líneas de acción estratégicas el desarrollo de un modelo de ciudad sostenible, con un objetivo de alcanzar una economía con cero residuos. En San Sebastián se ha creado el Circular

TABLA 5
SELECCIÓN DE EMPRESAS QUE OFRECEN SERVICIOS EN ECONOMÍA CIRCULAR EN LA CAPV*

Gestión de residuos FCC ámbito (gestión integral de residuos industriales, proyectos de valorización, recuperación de suelos contaminados) Indumetal Recycling (gestión integral de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos y chatarras complejas y reciclado en plantas de tratamiento)
Reciclaje y reutilización Arregi (reciclaje y transformación de plásticos, papel, cartón, madera, chatarra, etc.) Eko-REC (reciclaje de plástico PET) Ekotrade (transformación de residuos de construcción y demolición en áridos) Ekomodo (transformación de residuos del contenedor amarillo) GHK (transformación del biorresiduos en compost) Ekogras (reciclado y transformación de residuos orgánicos -- aceites, posos de café, etc.)
Ecodiseño Basque Ecodesign Hub (impulsado por el Gobierno Vasco, CIE Automotive, Eroski, Euskaltel, Gamesa, Fagor, Iberdrola, Ormazabal Velatia y Vicinay Cadenas)
Servicios de ingeniería, construcción y consultoría IDOM (servicios integrales de ingeniería, construcción y consultoría relacionados con proyectos de economía circular) Teknimap (gestión de proyectos) Ferrovial (gestión de infraestructuras y servicios en economía circular) Birzitek Engineering (servicios de consultoría, ingeniería y construcción)
Construcción y edificación Asmatu (construcción y edificación sostenible)
Gestión del agua Acciona Agua (servicios integrales relacionados con el ciclo del agua)
Centros de investigación y tecnológicos y otras instituciones Tecnun-Universidad de Navarra (proyectos de economía circular) Universidad del País Vasco (proyectos demostrativos de I+D+i sobre recuperación de residuos y nuevos productos circulares) Deusto Tech (U. Deusto) (proyectos sobre gestión de residuos; e. g., Waste4Think) Universidad de Mondragón (proyecto Circular Trans) Fundación Novia Salcedo (actividades de formación)

Fuente: GK Recycling, BEAZ Bizkaia, páginas web de los agentes. * lista no exhaustiva, con carácter ilustrativo.

Hub, una iniciativa que tiene como objetivo fomentar la colaboración entre diversos tipos de agentes para generar conocimiento sobre economía circular y compartir experiencias para contribuir a la implantación de modelos de enfoques innovadores sobre productos, prestación de servicios y modelos de negocio y de consumo que contribuyan al avance de la economía circular.

La estrategia de Bilbao para avanzar en el desarrollo de una economía más circular se centra en la iniciativa «Circle City Scan». Por otra parte, en octubre de 2019 se celebró en Bilbao el Congreso Mundial de la Asociación Internacional de Residuos Sólidos (ISWA), centrado en la gestión sostenible de residuos, la economía circular y la eficiencia de los recursos, entre otros temas.

EL ECOSISTEMA DEL SECTOR DE ECONOMÍA CIRCULAR EN EL PAÍS VASCO

El tejido empresarial

Dado el amplio rango de actividades relacionadas con la cadena de valor de la economía circular resulta difícil identificar con exactitud cuál es la composición del tejido empresarial en esta área. Pese a todo, puede afirmarse que el número de empresas que llevan a cabo actividades con una relación directa con la economía circular en el País Vasco está creciendo de forma sostenida en los últimos años.

La economía circular supone en la actualidad el 1,12% del PIB vasco y genera ingresos brutos anuales de 764 M€ y 18.463 empleos (el 2,08% del total y por encima del 2% en España y el 1,71% en Alemania) (Gobierno Vasco, 2019a). Tomando como referencia las cifras que publica la asociación del clúster medioambiental ACLIMA, en 2017 el sector ambiental vasco facturó 3.680 M€ y empleo a más de 5.200 personas en actividades relacionadas con el medio ambiente.

La creación reciente de otras asociaciones clúster sectoriales como GK Recycling (con unas 30 empresas, 9 consultoras, 7 centros de investigación y tecnológicos y 7 asociaciones con actividad en distintos aspectos relacionados con el reciclaje) o GK Green Fashion (con casi 30 empresas de moda y complementos, un centro de formación específico y una asociación centrados en la promoción de la moda sostenible), ambas en Gipuzkoa, refleja la pujanza de los conceptos y principios de la economía circular y cómo éstos penetran poco a poco en el tejido empresarial vasco.

La Tabla 5 presenta una lista ilustrativa (sin carácter exhaustivo) de empresas vascas que ofrecen servicios especializados relacionados con la economía circular.

Iniciativas para el desarrollo de sector de economía circular

En los últimos años se han puesto en marcha diversas iniciativas público-privadas con alcance multisecto-

rial que están actuando como redes y foros para la difusión de conocimiento y experiencias prácticas relacionadas con la economía circular, y como instrumentos de tracción de iniciativas de I+D y de despliegue de proyectos de demostración en diversos ámbitos de la economía circular en el País Vasco.

Clúster ACLIMA

ACLIMA-Basque Environment Cluster es la asociación clúster del sector medioambiental vasco. Es una de las asociaciones que se han creado en el País Vasco en las últimas décadas con el objetivo de impulsar políticas de clúster como motor de crecimiento de la competitividad de la economía vasca (7).

Fundada en 1955, cuenta en la actualidad con unos 100 socios, incluyendo empresas, entidades públicas, centros de investigación y tecnológicos, universidades y otros agentes públicos y privados. ACLIMA desarrolla actividades de promoción del sector medioambiental vasco, impulso de proyectos de I+D y creación de nuevas empresas, formación, concienciación y atracción de capital e inversores en torno a seis áreas: residuos, suelos contaminados, ciclo integral del agua, aire y cambio climático, ecosistemas y producción ecoeficiente y ecodiseño.

Un área estratégica de especial interés para ACLIMA (denominada «Basque Environment 4.0») es la aplicación de nuevas tecnologías digitales y de automatización y conectividad (IoT, *big data* y gestión y análisis de datos, robótica, inteligencia artificial, sensorización, etc.) al sector medioambiental, en ámbitos como la sostenibilidad y eficiencia de procesos en el sector primario (p. ej., agroalimentario), el control de riesgos e impactos medioambientales, la monitorización y gestión de la diversidad en espacios naturales o la sostenibilidad de los entornos urbanos.

Basque Ecodesign Center

El Basque Ecodesign Center (BEC) es una iniciativa público-privada constituida por algunas de las grandes empresas vascas (CIE Automotive, Eroski, Euskaltel, Fagor Electrodomésticos, Gamesa, Iberdrola, Ormazábal Velatia, Orona y Vicinay Cadenas) con el impulso y coordinación de Ihobe, que está liderando el desarrollo de *know-how* y la implantación de actividades en el área del ecodiseño.

El principal objetivo del Basque Ecodesign Center es fomentar la ecoinnovación de producto en la cadena de suministro del sector industrial vasco, a través de la cooperación entre empresas y asociaciones en distintos sectores (hasta 9 asociaciones clúster vascas colaboran con el BEC), con el apoyo de las tres universidades vascas (Universidad del País Vasco, Mondragón y Deusto), que llevan a cabo diversos proyectos de investigación en sus departamentos de ingeniería, y otras instituciones, como la Fundación Novia Salcedo.

Las áreas de trabajo del BEC abarcan desde el impulso de proyectos técnicos con empresas (individuales o colaborativos) o las actividades de formación (para empresas y estudiantes) a la exploración de modelos de negocio (p. ej., en un laboratorio de ideas) o el apoyo a las pymes a través de diversos servicios de asesoría.

Circular Basque

Circular Basque es una red de unas 40 organizaciones públicas y privadas (incluyendo consultoras, empresas industriales, centros tecnológicos, instituciones educativas, etc.), impulsada por Innobasque (Agencia Vasca de Innovación), que promueve el desarrollo de proyectos y modelos de negocio innovadores de economía circular en el País Vasco.

Las iniciativas de I+D+i apoyadas por la red Circular Basque (más de 50 proyectos operativos en territorio vasco en enero de 2020 en múltiples sectores económicos) abarcan ámbitos como el desarrollo de nuevas tecnologías y materiales, los modelos de negocio basados en servitización, el ecodiseño, la remanufactura, la reutilización de materiales y productos, el reciclaje, nuevos procesos de mantenimiento, la creación de empresas, la adopción de principios e integración de elementos de la economía circular en la industria y entre las pymes o el apoyo financiero a proyectos de demostración.

Basque Ecodesign Hub y otras iniciativas de formación

La formación de capital humano especializado en economía circular es el objetivo de otras iniciativas de carácter estratégico. En el seno del Basque Ecodesign Center se ha incubado la iniciativa Basque Ecodesign Hub, con el apoyo de Ihobe, la Fundación Novia Salcedo y las tres universidades vascas, para formar a jóvenes profesionales del ecodiseño mediante un programa especializado (en legislación ambiental, análisis de ciclo de vida, eco-etiquetado, marketing, ecodiseño y vigilancia ambiental) complementado con prácticas en empresas en proyectos eco-innovadores (p. ej., relativos al análisis del ciclo de vida, obtención de declaraciones ambientales de producto, implantación de sistemas de diseño, cálculo de huellas de carbono).

Las universidades vascas también están adaptando su oferta de formación a la demanda creciente proveniente del sector de la economía circular. La Escuela de Ingeniería de la Universidad del País Vasco (UPV), en colaboración con el Basque Ecodesign Hub e Ihobe, lanzó en el otoño de 2019 un curso de posgrado de especialización en aplicaciones de la economía circular en la empresa. La Universidad de Mondragón ofrece un grado en ingeniería en ecotecnologías en procesos industriales. Por su parte, la Universidad de Deusto ofrece cursos de ecodiseño en varios grados de ingeniería (diseño industrial, ingeniería mecánica).

TABLA 6
EMPRESAS ACTIVAS EN ECONOMÍA CIRCULAR EN EL PAÍS VASCO

Sector	Nº de empresas	Activas en ecodiseño	Activas en eficiencia productiva	Activas en circularidad de materiales	% pymes
Alimentación	13	12	1	2	75
Automoción	18	9	3	14	55
Bienes de consumo	10	3	1	8	90
Eléctrico-electrónico	38	31	1	7	71
Energía-renovables	13	10	3	7	62
Envases	12	7	2	7	75
Maquinaria	19	15	1	4	84
Material de construcción	31	25	0	8	81
Metal	23	9	5	16	48
Mobiliario	24	24	0	3	100
Movilidad	9	6	2	2	44
Papel	4	3	1	0	50
Químico	26	21	0	6	88
Total	239	175	20	84	74

Fuente: Ihobe (2019b).

Además, todas las universidades vascas organizan periódicamente talleres y cursos especializados de corta duración sobre aspectos relacionados con la economía circular.

Organización de eventos especializados

Otro de los indicadores del dinamismo del sector ecoindustrial en el País Vasco es la capacidad del territorio de organizar eventos y foros de relevancia dentro del sector de la economía circular. Por ejemplo, en octubre de 2019 se celebró en Bilbao el congreso mundial de la Asociación Internacional de Residuos Sólidos (ISWA), evento de referencia en el área de la gestión de los residuos sólidos.

Recientemente, en enero de 2020 se celebró la segunda edición del Encuentro Internacional de Economía Circular de Donostia-San Sebastián, organizado por la DFG y la Escuela de Ingeniería de la UPV, en el que se revisaron diversas experiencias internacionales relacionadas con la economía circular.

En febrero de 2020 tuvo lugar la tercera edición del Basque Ecodesign Meeting en Bilbao, un evento que se ha convertido en una referencia para el sector del ecodiseño y la economía circular en el sur de Europa, abarcando aspectos como la servitización, el ecodiseño, la obsolescencia programada, la ecoinnovación, la industria verde 4.0, el análisis del ciclo de vida, la declaración medioambiental de producto o la remanufactura o nuevos servicios en el ámbito de la economía circular.

Circular Thinking

Circular Thinking es una iniciativa dentro de la EEC de difusión de información y promoción de conceptos y principios de la economía circular entre la población y los agentes económicos del País Vasco, con un enfoque especial en la implantación de procesos de economía circular en las empresas industriales (grandes empresas y pymes). Mediante el uso de la marca «Circular Thinking», por ejemplo, se busca identificar y destacar aquellas actuaciones llevadas a cabo por las empresas que sirvan como ejemplo para otras organizaciones.

IMPACTO DE LAS ACTIVIDADES DE ECONOMÍA CIRCULAR

El impacto de las actuaciones en materia de economía circular sobre de toda la economía vasca es muy amplio. La Agencia Vasca de Medio Ambiente (Ihobe) ha publicado recientemente un listado de empresas con actividad en el País Vasco (Ihobe, 2019b) que han realizado transformaciones o actuaciones certificadas en materia de ecodiseño (8), eficiencia productiva o circularidad de materiales.

Los sectores donde se registra mayor actividad son eléctrico-electrónico, materiales de construcción, químico, mobiliario, y los sectores del metal, maquinaria y automoción. El 74% de estas empresas son pymes y una gran mayoría de las actuaciones se centra en ecodiseño y al análisis del ciclo de vida de materiales y productos (Tabla 6).

El último anuario publicado por la asociación COTEC recoge un listado de actuaciones de empresas, proyectos e instituciones consideradas como buenas prácticas y casos de éxito y de referencia en la adopción de prácticas de economía circular (COTEC, 2019). Muchas de ellas se ubican en el País Vasco y abarcan sectores económicos muy variados (Tabla 7) (9).

TABLA 7
PROYECTOS Y CASOS DE ÉXITO EN EL PAÍS VASCO

Producción/manufactura Hormor (proyecto 2CV Hasai): incorporación de escorias negras procedentes de la fabricación de acero en la fabricación de hormigón Zicla: fabricación de zapatos a partir de residuos industriales y domésticos Papresa: producción de papel con material 100% reciclado Tecnalia: producción de ladrillos puzolánicos a partir de residuos de construcción y demolición
Ecodiseño Azaro Fundazioa: fomento de la creación de nuevas empresas y de mejora de la competitividad en la comarca de Lea Artibai en actividades de economía circular Aclima: apoyo a proyectos de ecodiseño, reciclaje y valorización, etc. AZTI Tecnalia: ecodiseño de alimentos (productos lácteos) utilizando análisis de ciclo de vida
Recuperación, reciclaje y reutilización Eko-REC: fabricación de moquetas de automóviles con tejidos 100% reciclados Indumetal Recycling: reciclaje de plásticos procedentes de aparatos eléctricos y electrónicos Koopera: recuperación y conversión de residuos textiles en hilo reciclado VL Kimiker: reutilización y reciclado de envases plásticos de pintura industrial y comercial Zicla: reutilización de piezas de plástico de vehículos para fabricar otros productos plásticos Tradebe Amorebieta: reciclaje de materiales plásticos de vehículos y transformación para su utilización en construcción y automoción Proyecto RESEAT (varias empresas): reutilización y manufactura de asientos provenientes de vehículos fuera de uso (VFU) AZTI Tecnalia: recuperación de subproductos de la industria cervecera como ingredientes para piensos agrícolas Eko-REC (marca ekomodo): reciclaje de PET y fabricación de nuevos productos plásticos Eko-REC: reciclado de redes de pesca para su conversión en hilo textil
Valorización Hormor (proyecto PISSAM): valorización de arenas de moldeo y escorias para la producción de hormigón Zorroza Gestión: valorización de lunas de VFU Tecnalia: valorización de residuos en la fabricación de suelo cemento y grava cemento Sidenor: valoración de residuos isostáticos y gestión integral de refractarios de magnesita
Gestión de residuos Proyecto Life LEMA (DFG y otros socios): recogida y gestión de la basura marina flotante
Innovación Innobasque: fomento de la innovación en distintas áreas de la economía circular Fundación Gaiker: innovación en gestión ambiental y ecodiseño, reciclado mecánico, tratamiento de materiales y procesos de valorización para obtención de combustibles y reciclado de plásticos Impact Hub Donostia: centro de innovación e incubadora de proyectos sostenibles Corporación Mondragón: nuevos modelos de negocio en la cadena de valor metalmecánica

Fuente: COTEC (2019).

VALORACIÓN DE LA ESTRATEGIA VASCA DE ECONOMÍA CIRCULAR

Valoración general de la estrategia

La Estrategia de Economía Circular 2030 puede considerarse un primer paso en la consolidación de una hoja de ruta que dé lugar a una transformación profunda de la economía vasca en las próximas décadas y, de manera especial, del sector industrial en la CAPV. Tanto el desarrollo como el contenido de la EEC sugieren un grado significativo de integración y alineamiento con otras estrategias relevantes para la economía vasca en conjunto, incluyendo la estrategia de fabricación avanzada, la estrategia energética y la estrategia de especialización inteligente RIS3 o las relativas a la política medioambiental, la gestión de residuos o el empleo.

Desde el punto de vista estratégico, la EEC muestra coherencia con el modelo vasco de competitividad de las últimas décadas, basado en el desarrollo y búsqueda de ventajas competitivas en clústeres en los que la economía vasca muestra fortalezas y en la cooperación de los sectores público y privado como principal mecanismo para fomentar la innovación tecnológica y no tecnológica e impulsar el desarrollo de ventajas sostenibles a lo largo de y entre distintas cadenas de valor. Esto se plasma, por ejemplo, en el despliegue de iniciativas de carácter estratégico que permiten explotar sinergias entre las capacidades tecnológicas, operativas, de conocimiento y de gestión en distintos sectores y cadenas de valor y potenciar tanto la creación de empresas y de empleo como estrategias (de diversificación, internacionalización, servitización, sostenibilidad, etc.) que ayudan a impulsar la competitividad empresarial.

El impulso de un clúster medioambiental -en el sentido que sugiere Porter (2008)- con especialización en la ecoinnovación buscaría, por tanto, desarrollar ventajas competitivas sostenibles en el tiempo que permitan a la CAPV posicionarse como una región de referencia en soluciones de economía circular en Europa y un polo de atracción de capital humano, nuevas tecnologías y recursos financieros.

Otro aspecto destacado de la EEC es que centra los ámbitos estratégicos y las líneas de acción en una serie de sectores con los mayores rendimientos potenciales de las inversiones en innovaciones en economía circular. Entre estos se incluyen diversos sectores industriales (especialmente, los de transformación del metal, caucho, plásticos y compuestos), el sector agroalimentario, el sector de la bioeconomía y el sector de la construcción. Las líneas prioritarias abarcan aspectos clave de la economía circular como el eco-

diseño, el desarrollo de nuevos materiales y procesos o la remanufactura y la reparación avanzada, y la servitización y el desarrollo de nuevos modelos de negocio basados en nuevas tecnologías (digitalización, sensorización, inteligencia artificial, big data, etc.). La identificación de sectores clave, que abarcan desde la transformación del metal a los materiales críticos, plásticos, caucho y compuestos y minerales y materiales de construcción, y de líneas de actuación prioritarias (ecodiseño y utilización de nuevos materiales y productos, remanufactura y reparación avanzada, análisis de ciclo de vida, ecoetiquetado, etc.) se realizó tras un proceso exhaustivo de diagnóstico de la realidad de la industria vasca (y de la economía de la CAPV en general) en el ámbito de la economía circular.

Por otra parte, la implementación de la estrategia se verá favorecida por la implicación activa de agencias del Gobierno Vasco, como Ihobe, y otras iniciativas público-privadas, como el Basque Ecodesign Center o Circular Basque, que darán impulso a nuevos proyectos y facilitarán la captación de fondos de financiación procedentes del sector privado. El sector medioambiental en el País Vasco cuenta, además, con una potente asociación clúster (ACLIMA) que coordina e impulsa iniciativas muy variadas para el desarrollo y la expansión del sector medioambiental y de la economía circular.

Resulta destacable, además, el amplio rango de herramientas contempladas para la implementación efectiva de la EEC y que abarcan desde aspectos legislativos y normativos hasta instrumentos económicos (ayudas a la inversión, deducciones fiscales, tasas y otros mecanismos de financiación), de promoción del mercado de productos y servicios «circulares» (programas de «compra verde», desarrollo de estándares o fomento de acuerdos voluntarios en el sector privado) y de impulso de la economía circular (ayudas a la I+D+i, desarrollo de conocimiento, actividades de capacitación).

Probablemente los principales retos que deberá superar la EEC consistan, por un lado, en garantizar el alineamiento con los objetivos estratégicos, de una manera coherente y efectiva, de todas las iniciativas ligadas a las distintas líneas de acción en los distintos sectores y en los distintos ámbitos geográficos (local, comarcal, diputaciones forales y CAPV en conjunto) y, por otro, en crear un contexto para la captación y movilización de recursos financieros que permita acometer todas las inversiones necesarias, especialmente en el ámbito industrial, donde deberán modificarse y actualizarse los equipamientos, las tecnologías y los procesos para incrementar la eficiencia en el uso de los recursos.

EEC y sostenibilidad

Para valorar la coherencia de la EEC desde el punto de vista de la sostenibilidad puede utilizarse el marco de análisis de políticas relacionadas con las transiciones sostenibles desarrollado por la European Environmental Agency (EEA, 2019). Esta agencia presenta una serie de criterios para evaluar políticas orientadas a fortalecer procesos de transición sostenibles como los que tienen lugar en el ámbito de la energía, la movilidad o la alimentación. En particular, estos procesos se analizan bajo el prisma de la teoría de las transiciones de sistemas sociotécnicos hacia sistemas sostenibles (Kemp et al., 1998; Geels, 2004; Geels y Schot, 2007). La teoría de las transiciones sostenibles permite analizar el proceso de transformación de la economía hacia una economía circular (Jurgilevich et al., 2016; Matti et al., 2018).

El marco propuesto por la EEA analiza estas políticas utilizando criterios que se agrupan en dos categorías: (1) fomento de la innovación sistémica y (2) coordinación de los procesos de cambio para orientarlos hacia la sostenibilidad en el largo plazo. La Tabla 8 presenta la revisión de la EEC bajo cada una de estas categorías.

En general, puede considerarse que la EEC está orientada a fomentar la sostenibilidad del proceso de transición hacia una economía más circular y eficiente en el uso de los recursos (especialmente, en el sector industrial). Algunos aspectos relevantes no están desarrollados con detalle, como el rol concreto de las ciudades y los entornos urbanos en el despliegue y ejecución de las distintas líneas de acción de la estrategia, la dirección hacia la que se encamina el proceso de transición de la economía y el sistema energético en conjunto o cómo se materializarán los nuevos lazos y relaciones entre sectores productivos y cadenas de valor (p. ej., sectores industriales, distribución y logística, transporte…) en un escenario de mayor circularidad de la economía.

La implementación práctica de la EEC dará pistas sobre cuáles son las áreas que deberán reforzarse dentro de la estrategia en el futuro. En particular, podría ser útil evaluar la eficiencia de la colaboración público-privada en términos de los resultados de los esfuerzos en I+D+i, el grado de movilización de recursos financieros con las herramientas que plantea la estrategia (p. ej., el «multiplicador» del capital público) y el nivel de inversión efectiva en distintas áreas de la economía circular en la industria y, especialmente, en las pymes. También será relevante valorar hasta qué punto la EEC alcanza un nivel de transversalidad entre sectores y cadenas de valor (p. ej., en las áreas de especialización inteligente identificadas en la estrategia RIS3) que permita desarrollar sinergias, fomentar la innovación y explotar nuevas fuentes de valor añadido en la economía.

CONCLUSIONES

La Estrategia de Economía Circular 2030 supone un primer paso dentro de una hoja de ruta ambiciosa para la economía vasca que tiene como principales objetivos convertir al País Vasco en una región de referencia en economía circular y desarrollar un clúster

TABLA 8
ANÁLISIS DE LA EEC BAJO EL MARCO PROPUESTO POR EEA (2019)

Políticas y acciones orientadas a la estimulación de la innovación en el sistema	
Promoción de la experimentación en innovación	El fomento de la innovación se basa principalmente en las actividades de iniciativas público-privadas como la asociación clúster ACLIMA, el Basque Ecodesign Center o Circular Basque, que apoyan proyectos de demostración en distintos niveles de TLR. Las ayudas económicas disponibles en el marco de esta estrategia se orientan a la experimentación en innovación y al desarrollo de proyectos de demostración, con una marcada orientación a los niveles de TLR más altos (i.e., más cercanos a la industrialización y comercialización de soluciones).
Fomento de la difusión de innovaciones verdes de nicho	Se han puesto en marcha programas de apoyo a iniciativas de I+D+i en nichos específicos relacionados con la ecoinnovación (servitización, nuevos procesos de remanufactura y reparación) y el ecodiseño en materiales, procesos y productos en sectores industriales clave, como el del metal, materiales críticos, plásticos, caucho y compuestos y minerales y materiales de construcción. Los esquemas financieros de apoyo, como las deducciones fiscales, también apoyan tecnologías muy concretas
Apoyo a la reconfiguración del sistema y al cambio tecnológico	La EEC apoya decididamente la adopción de nuevas tecnologías, aunque no se enmarca en una hoja de ruta cuyo objetivo sea la reconfiguración del sistema energético dentro de un escenario tecnológico dado, más allá de la transformación que supondrá alcanzar los objetivos marcados por la estrategia energética y la estrategia sobre el clima en materia de emisiones, penetración de renovables en la matriz energética o eficiencia energética.
Fortalecimiento del papel de las ciudades	Aunque las ciudades aparecen representadas en la EEC a través de la red UdalSarea 2030 y juegan un papel esencial en áreas como la gestión de residuos y la cadena de reciclaje, no está identificado ni desarrollado con detalle el papel que jugarán las ciudades (y las comarcas, en las zonas rurales) en la implementación de las distintas líneas de acción o cómo se vertebrarán las acciones dentro de una hoja de ruta común.
Reorientación de los flujos financieros hacia innovaciones transformadoras y sostenibles	La herramientas financieras de apoyo a la innovación dentro de la EEC (p. ej., compra verde, deducciones fiscales a la inversión en nuevas tecnologías, ayudas a la I+D+i) buscan claramente dirigir flujos financieros hacia tecnologías limpias y con certificación de sostenibilidad y hacia innovaciones y transformaciones sostenibles en las líneas de ecoinnovación, ecodiseño y proyectos de demostración y dentro de los nueve ámbitos prioritarios identificados (Ihobe, 2019c).
Promoción de una dirección clara de cambio a través de una misión, una visión y objetivos ambiciosos	La misión, visión y hoja de ruta que plantea la EEC aparecen bien definidos y plantean objetivos alcanzables y ambiciosos, al menos en una primera fase de transición hacia una economía más circular. El enfoque en áreas de especialización de RIS3 como manufactura avanzada o energía refuerza la dirección de cambio que marcan otras estrategias y políticas del Gobierno Vasco. Los objetivos cuantitativos para 2030 son ambiciosos, pero alcanzables.
Coordinación de los procesos de cambio y orientación hacia objetivos de sostenibilidad a largo plazo	
Alinear políticas en distintos ámbitos para mejorar la coherencia del marco de políticas para la transición	En el desarrollo de la EEC se han tenido en cuenta las distintas políticas y estrategias vigentes (PCTI, estrategia energética, estrategia de cambio climático, RIS3, empleo, etc.) y han participado agentes e instituciones muy diversos. La estrategia paraguas de todas ellas es la Agenda Euskadi 2030. El desarrollo del Pacto Verde Europeo probablemente obligará a actualizar algunas de estas estrategias y avanzar en su integración dentro de un marco común, posiblemente en torno a la Agenda Euskadi 2030.
Promoción de coherencia de acciones entre los niveles de gobernanza local, regional, nacional y europeo	La EEC responde a la necesidad de desarrollar políticas de economía circular, a la luz del Plan de Acción de Economía Circular de la UE, que será revisado en 2020. En España no se ha aprobado aún la estrategia «España Circular 2030». El desarrollo y la implementación del Pacto Verde Europeo y de los PNIECs de los Estados miembros de la UE obligará a avanzar en el desarrollo de un esquema de gobernanza coordinada entre las regiones y los Estados miembros de la UE. Dentro de la CAPV, no queda claro cómo se coordinan y vertebran las estrategias y planes de acción de los niveles de administración inferiores (diputaciones forales, comarcas y ayuntamientos).
Monitorización de riesgos y consecuencias no deseadas y ajuste de las hojas de ruta según sea necesario	La EEC prevé líneas de trabajo basadas en planes quinquenales, con un seguimiento bianual y un informe de evaluación al final de cada periodo. Los objetivos para 2025 marcan hitos intermedios que permitirán evaluar el grado de avance en las áreas de competitividad e innovación, producción circular, consumo circular y gestión de residuos y materias primas secundarias. Se establecerá también un «sistema de vigilancia» para la identificación, el análisis y la priorización de oportunidades en nichos concretos.
Desarrollo de conocimiento y capacidades relacionados con la gobernanza y la práctica de las transiciones	Aunque está prevista la ejecución de acciones relacionadas con la capacitación en el ámbito de la formación reglada, la transferencia de conocimiento a través de programas de prácticas, las acciones de capacitación y formación en el ámbito local o la generación de conocimiento técnico, no se ha identificado de forma explícita en la EEC la generación de conocimiento relativo a la gobernanza y la implementación práctica de transiciones sostenibles como un área de interés prioritario.

Fuente: elaboración propia.

potente en áreas como el ecodiseño y el desarrollo de nuevos materiales en el sector industrial, la remanufactura, la reingeniería, la gestión de residuos, la aplicación de nuevas tecnologías de digitalización y nuevas herramientas, como el análisis del ciclo de vida, análisis de datos, etc., o la creación de nuevos modelos de negocio y nuevos servicios en economía circular.

Esta estrategia se coordina con otras estrategias lanzadas en el País Vasco para avanzar en el reto de la transformación digital de la economía, incrementar la sostenibilidad de los procesos productivos y de consumo, y consolidar una economía basada en la generación de productos y servicios de alto valor añadido con fuerte especialización en industrias como la manufactura avanzada, la energía y las biociencias.

La EEC, además, permite comenzar a transitar por la senda que propone el recientemente aprobado Pacto Verde Europeo, que definirá las bases de la competitividad y el crecimiento de la economía europea en las próximas décadas.

La EEC se apalanca en fortalezas de la economía vasca, como el desarrollo de *know how* en ecodiseño industrial en las últimas décadas, un robusto ecosistema de instituciones e iniciativas público-privadas y de centros de investigación y tecnología y un tejido empresarial en sectores industriales en los que pueden desarrollarse ventajas competitivas en economía circular y ecoinnovación. Destaca además el alcance multisectorial de la EEC y el despliegue de un gran número de instrumentos normativos, de mercado y de fomento de la economía circular.

En los próximos años, la economía vasca deberá responder a los principales retos en materia de innovación, política tecnológica y política industrial y otros desafíos sociales que se harán patentes a medida que se avance en el proceso de descarbonización y que son comunes a toda la economía e industria europeas (Comisión Europea, 2019c). Entre estos retos pueden citarse la integración de la sostenibilidad y las nuevas tecnologías en el ciclo de la innovación, el desarrollo de un capital humano con nuevas capacidades y más resiliente, la estructuración de canales y mecanismos efectivos para la financiación de inversiones, una gestión del proceso que tenga en cuenta la dimensión social del mismo y la puesta en práctica de una gobernanza del proceso que dé protagonismo a regiones, comarcas y ciudades en el proceso de implementación práctica de soluciones sostenibles.

NOTAS

[1] Por economía circular puede entenderse una economía basada en los siguientes principios: (1) preservar y aumentar el capital natural; (2) optimizar el rendimiento de los recursos; (3) promover la efectividad del sistema –EMF y McKinsey (2015), Cerdá y Khalilova (2016).

[2] El sector de la industria y energía supuso el 24,0% del VAB a precios básicos en los tres primeros trimestres de 2019 y un 24,2% en el conjunto de 2018. Fuente: Eustat (2019).

[3] El coste de las materias primas supone el 61% de los costes de la industria, en media.

[4] En 2016 la economía vasca consumió unos 21 millones de toneladas de materias primas, de las cuales el 71% correspondió a materiales importados y el 11% se convirtió en residuos (Gobierno Vasco, 2019a).

[5] Los flujos ocultos de materiales reflejan la extracción y movimientos de materiales que no entran dentro de la contabilidad de la economía al no tener un valor económico.

[6] El Listado Vasco de Tecnologías Limpias es una relación de equipos industriales cuya adquisición conlleva una deducción fiscal del 30% del coste de inversión.

[7] Ver https://www.euskadi.eus/gobierno-vasco//contenidos/noticia/clusters_sectoriales_09/es_clusters/clusters.html.

[8] En la actualidad hay unas 70 empresas vascas certificadas en ecodiseño, en torno al 50% de todas las empresas certificadas en España en esta materia y han desarrollado más de 150 productos certificados. (Fuente: www.basqueecodesigncenter.net).

[9] Ihobe (2017) describe otros casos recientes de implementación de soluciones de economía circular en sectores como el de automoción y transporte, equipos eléctricos y maquinaria, metal, construcción y obra, plástico y caucho, textil, moda y mobiliario y papel y biorresiduos. Además, el Basque Ecodesign Center publica en su página web ejemplos de buenas prácticas en ecodiseño en la industria vasca.

REFERENCIAS

CERDÁ, E. y KHALILOVA. A. (2016). Economía Circular. *Revista de Economía Industrial*, 401, 11-20.

COMISIÓN EUROPEA. (2015). *Anexo de la Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones. Cerrar el círculo: un plan de acción de la UE para la economía circular. Bruselas, COM(2015), 614 final, Annex 1, 2 de diciembre*. Recuperado de https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/economia-circular/anexodelplandeaccioncom_tcm30-425900.pdf.

COMISIÓN EUROPEA (2019a). *Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. The European Green Deal, Brussels, 11.12.2019, COM(2019) 640 final.* Recuperado de https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/european-green-deal-communication_en.pdf.

COMISIÓN EUROPEA. (2019b). *Annex to the Communication from the Commission to the European Parliament, the European Council, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. The European Green Deal, Brussels, 11.12.2019, COM(2019) 640 final ANNEX.* Recuperado de https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/european-green-deal-communication-annex-roadmap_en.pdf.

COMISIÓN EUROPEA. (2019c). *A Vision for the European Industry Until 2030. Final Report of the Industry 2030 High Level Industrial Roundtable.* Recuperado de https://ec.europa.eu/growth/sites/growth/files/industry-2030-final-report_en.pdf.

COTEC. (2019). *Situación y evolución de la economía circular en España 2019*. Recuperado de https://cotec.es/media/informe-cotec-economia-circular-2019.pdf.

EEA. (2019). *Sustainability Transitions: Policy and Practice*. EEA Report No. 09/2019. Recuperado de https://www.eea.europa.eu/publications/sustainability-transitions-policy-and-practice/at_download/file.

EMF y MCKINSEY. (2015). *Growth Within: A circular economy vision for a competitive Europe*. Recuperado de: https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/EllenMacArthurFoundation_Growth-Within_July15.pdf.

EUSTAT. (2019). Producto interior bruto de la C.A. de Euskadi por componentes de la oferta y demanda, según trimestres. Precios corrientes (miles de euros). III/2019. Recuperado el día 2 de enero de 2020 de: https://www.eustat.eus/estadisticas/tema_11/opt_1/ti_Cuentas%20trimestrales/temas.html#cb.

GEELS, F. W. (2004). From sectoral systems of innovation to socio-technical systems: Insights about dynamics and change from sociology and institutional theory. *Research Policy*, 33(6), 897–920.

GEELS, F. W. y SCHOT, J. (2007). Typology of socio-technical transition pathways. *Research Policy*, 36, 399–417.

GOBIERNO VASCO. (2014). *PCTI Euskadi 2020. Una estrategia de especialización inteligente - RIS3*. Recuperado de www.euskadi.eus.

GOBIERNO VASCO. (2019a). *Estrategia de Economía Circular del País Vasco 2030*. Recuperado de www.euskadi.eus.

GOBIERNO VASCO. (2019b). *Claves de la Estrategia de Economía Circular del País Vasco 2030*. Recuperado de www.euskadi.eus.

IHOBE. (2017). *Iniciativas empresariales de economía circular en el País Vasco. Descripción de 36 proyectos*. Recuperado de https://www.ihobe.eus/publicaciones.

IHOBE. (2018a). *Economía Circular en la Industria del País Vasco. Diagnóstico.* Recuperado de https://www.ihobe.eus/publicaciones.

IHOBE. (2018b). *Indicadores de Economía Circular del País Vasco 2018.* Recuperado de https://www.ihobe.eus/publicaciones.

IHOBE. (2019a). *Huella Ecológica de Euskadi 2019.* Recuperado de https://www.ihobe.eus/publicaciones.

IHOBE. (2019b). *Listado de empresas vascas en ecodiseño, ecoeficiencia productiva y circularidad de materiales.* Recuperado de https://www.ihobe.eus/publicaciones.

IHOBE. (2019c). *Ámbitos prioritarios: convocatoria Ihobe de aydas 2019 en ecodiseño, demostración economía circular y ecoinnovación.* Recuperado de https://www.ihobe.eus/publicaciones.

IHOBE y URA. (2020). *Medio Ambiente en Euskadi 2019*. Recuperado de https://www.ihobe.eus/publicaciones.

JURGILEVICH, A., BIRGE, T., KENTALA-LEHTONEN, J., KORHONEN-KURKI, K., PIETIKÄINEN, J., SAIKKU, L. y SCHÖSLER, H. (2016). Transition towards Circular Economy in the Food System. *Sustainability*, 8(1), 69.

KEMP, R., SCHOT, J. y HOOGMA, R. (1998). Regime shifts to sustainability through processes of niche formation: The approach of strategic niche management. *Technology Analysis and Strategic Management*, 10, 175–195.

MATTI, C., PANNY, J., HOWIE, C., FERNÁNDEZ, D., MARTÍN-CORVILLO, J. M., O'SULLIVAN, T. y JUAN AGULLÓ, B. (2018). *Mapping perspectives on sustainability transitions towards circular economy models from a practitioner's perspective*. Transitions Hub Working Paper Series Nº 5, EIT Climate-KIC Brussels.

PORTER, M. E. (2008). *On Competition. Updated and Expanded Edition*. Harvard Business School Publishing, Boston, MA (EE.UU.).

SPRI, EVE e IHOBE. (2016). *Listado Vasco de Tecnologías Limpias 2016*. Recuperado de www.euskadi.eus.

LA TRANSICIÓN HACIA LA ECONOMÍA CIRCULAR: LA EXPERIENCIA EN CATALUÑA

MARTA ESCAMILLA MONELL
GERTRI FERRER VINARDELL
División de Sostenibilidad del Centro Tecnológico LEITAT

La mayoría de las industrias manufactureras se han basado desde sus inicios en modelos de economía lineal, es decir, extraer materias primas, producir, usar y tirar. Este modelo no sólo supone una degradación del medio ambiente, sino también un riesgo en los precios por la disponibilidad de las materias primas y pérdidas económicas a lo largo de toda la cadena de valor. En los últimos años hemos oído muchos conceptos relacionados con el medio ambiente, como desarrollo sostenible, producción más limpia, sostenibilidad, eco-innovación, economía verde, hasta llegar más recientemente a la Economía Circular (EC).

Para entender la economía circular es necesaria una redefinición de los productos y servicios existentes en el mercado actual, hace falta diseñar eficientemente, producir sin residuos, consumir de manera responsable, etc. La coyuntura actual es idónea para que la economía circular se extienda con éxito ya que disponemos de avances tecnológicos y, a la vez, la población acepta nuevas estrategias y modelos de negocio más circulares. Este cambio de mentalidad es a todos los niveles: desde la administración pública, la industria (desde la dirección general hasta diseño y producción, al marketing, logística e innovación), pasando por las entidades del tercer sector y la sociedad en general; todos son vitales para hacer la transición de una economía lineal a una economía circular, y poder apreciar todos los beneficios que supone.

En Cataluña se están impulsando muchas iniciativas tanto públicas como privadas para fomentar la economía circular en el territorio. Este artículo recoge algunas de las más relevantes, haciendo hincapié en las experiencias comarcales.

INICIATIVAS IMPULSADAS POR LA ADMINISTRACIÓN PÚBLICA

A nivel regional

La Generalitat de Catalunya lleva años trabajando en estrategias e iniciativas vinculadas a la economía circular. Ya en 2014 creó una Comisión Interdepartamental de Ecodiseño, de la que surgió la Estrategia Catalana de Ecodiseño para una economía circular e ecoinnovadora. En 2015 se publicó una Estrategia de Impulso a la Economía Verde y Circular. Miembro de la Fundación Ellen MacArthur desde 2015, en el marco de la herramienta «*Delivering the circular economy* –

TABLA 1
INCENTIVOS Y AYUDAS ECONÓMICAS VINCULADAS A LA ECONOMÍA CIRCULAR

ORGANISMO	INCENTIVO ECONÓMICO	DESCRIPCIÓN
ACCIÓ – Agencia por la Competitividad de las empresas	Cupones a la innovación	Cupones de descuento económico directo intercambiables por servicios de innovación (diseño de productos o mejoras R+D), tecnológicos (validación de procesos o vigilancia tecnológica) i de ecoinnovación. Para empresas de entre 5 y 100 personas.
	INNOTEC	Ayudas a proyectos de innovación y de R+D, con un financiamiento des de un 35 a un 70%. Fomentan la colaboración entre empresas y centros tecnológicos para favorecer la transferencia de tecnología.
	Comunidades RIS3CAT	Ofrecen el 50% de subvención a proyectos a partir de 200.000 euros y en los que se integren entre 2 y 12 participantes durante 3 años.
	Nuclis R+D en economía circular	Soporten en la realización de proyectos de investigación y desarrollo de las empresas en el terreno de la reutilización de residuos y la mejora de los procesos o la tecnología para su tratamiento.
Agencia de Residuos de Cataluña	Ayudas para proyectos de fomento de la economía circular	Incluye tanto el ecodiseño de productos y servicios que promuevan una mayor eficiencia de recursos, nuevos modelos de negocio que promuevan el uso eficiente de recursos, iniciativas de reutilización y reparación de productos o proyectos de nuevas tecnologías o procesos que permitan la revalorización de los materiales entre otros.
	Ayudas para proyectos de prevención, preparación para la reutilización y reciclaje de residuos industriales	Fomentan proyectos de prevención, preparación para la reutilización y de reciclaje de residuos industriales i proyectos de investigación industrial y desarrollo experimental aplicados al campo de la prevención, preparación para la reutilización y el reciclaje de los residuos industriales.
	Ayudas para proyectos de prevención y preparación para la reutilización de residuos municipales	Financiamiento de este tipo de proyectos para alcanzar una gestión más sostenible y un ahorro de recursos naturales, dando cumplimiento a los objetivos establecidos en la normativa vigente.
	Ayudas para la utilización de áridos reciclados de residuos de la construcción en obras promovidas por ayuntamientos o empresas municipales	Esta ayuda pretende fomentar el uso de este producto en obras que se hagan en el marco de la competencia municipal.
	Ayudas a proyectos de fomento de la recogida selectiva	Fomentan la recogida selectiva de la fracción orgánica de los residuos municipales des de la perspectiva de la economía circular.
Departamento de Territorio y Medio Ambiente	Subvenciones para el fomento del ecoetiquetaje y el ecodiseño	Ayudas dirigidas a personas jurídicas y entidades sin afán de lucro que hayan solicitado una ecoetiqueta o implantado un proceso de ecodiseño.
Instituto Catalán de Financias	ICF Ecoverda	Préstamo para personas físicas o jurídicas son sed social o operativa en Cataluña para realizar inversiones sostenibles y respetuosas con el medio ambiente que impulsen proyectos de economía verde, economía circular y/o eficiencia energética, entre otros.

Fuente: Perfils professionals i necessitats de formació per a l'economia circular a la indústria. Papers de l'Observatori de la industria: 07. 2019.

Toolkit for policy makers», se realizó un estudio de potencialidad e impacto económico de la Economía Circular en los diferentes sectores productivos de Cataluña resaltando el agroalimentario y el químico como los sectores con mayor grado de mejora.

Desde la Agencia para la Competitividad de la Empresa (ACCIÓ), en 2017 se elaboró un mapeo y un análisis de oportunidades de la oferta de soluciones para la economía circular en Cataluña, donde se identificaron las tecnologías facilitadoras de la economía circular y se estudiaron cerca de 400 casos de empresas circulares. También se identificaron los principales sectores productivos y sus oportunidades de internacionalización.

Con el proyecto europeo *CircE-European regions toward circular economy* (2017-2021) se ha reforzado la difusión de la economía circular en Cataluña y se han identificado las barreras existentes y los espacios de oportunidad para la transformación o generación de instrumentos políticos efectivos para el despliegue de la economía circular en el territorio. Actualmente se está trabajando en las propuestas de mejora para los sectores de las bebidas y el textil, donde uno de los instrumentos que se están analizando es la posibilidad de crear unos acuerdos voluntarios para el sector textil que involucre a toda la cadena de valor.

Otra iniciativa regional es el OBSERVATORIO CATALUNYA CIRCULAR, lanzado en 2018, que pretende aflorar to-

dos los proyectos, instituciones y empresas vinculadas a la economía circular, y poder hacer difusión de sus resultados. Promovido por el Departamento de Territorio y Sostenibilidad, la Agencia de Residuos de Cataluña, el Departamento de Empresa y Conocimiento, el Instituto Catalán de la Energía, ACCIÓ y el Departamento de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación, en su página web aglutinan casos de éxito de diferentes sectores, organizaciones y temáticas.

La economía circular también se incorpora de forma transversal en la Estrategia de Investigación e Innovación para la Especialización Inteligente de Catalunya (RIS3CAT) y en el Pacto Nacional para la Industria, firmado en 2017, por parte de la Generalitat de Catalunya con patronales (Foment del Treball, Pimec, Fepime) y sindicatos (UGT, CCOO), que tiene un grupo de trabajo que se centra en sostenibilidad y economía circular.

Adicionalmente a las políticas y estrategias resumidas en este punto, la Generalitat de Catalunya pone a disposición de las empresas e instituciones una serie de incentivos y ayudas económicas vinculadas a la economía circular, que se detallan en la Tabla 1.

A nivel comarcal

La iniciativa Vallès Circular

El Vallès Circular (www.vallescircular.com) es una iniciativa territorial impulsada por el Consell Comarcal del Vallès Occidental (1) y compartida con los 23 ayuntamientos de la comarca, agentes sociales, ambientales y económicos, que pone de manifiesto la necesidad de colaboración público-privada para transformar el territorio a través de sus políticas de desarrollo económico, social y ambiental. Esta experiencia pionera empezó como un grupo de trabajo transversal para impulsar la economía circular en el territorio y un año más tarde, en 2017, todos sus miembros junto con la Generalitat de Catalunya y la Diputación de Barcelona firmaron el **Acuerdo Vallès Circular**. Este acuerdo recoge los siguientes puntos:

- Compartir los objetivos para un desarrollo sostenible y las políticas de Europa y Cataluña para reducir el consumo de recursos, la generación de residuos y el impacto al medio ambiente.
- Integrar el modelo de economía circular en el conjunto de políticas de desarrollo económico, social y ambiental actuando de forma transversal en el ámbito municipal y comarcal.
- Reconocer las empresas y entidades que actúen como agentes de cambio en la transición hacia la EC.
- Crear un ecosistema de colaboración público-privado para situar la economía circular en un espacio central, compartiendo experiencias, optimizando recursos, trabajando en el co-diseño y la co-realización de actuaciones.
- Utilizar el potencial de la administración para influir en el modelo económico a través de la compra pública, el aprovechamiento de los recursos naturales del territorio, el impulso de medidas fiscales o incentivos, así como la adopción de modelos más colaborativos para conseguir una gestión más eficiente de los recursos.
- Liderar el proceso para situar el Vallès Occidental como un referente en la implantación de la EC en el territorio, en coordinación y cooperación con otras iniciativas
- Activar estrategias de soporte al tejido productivo para que las empresas puedan avanzar hacia la EC a través del ecodiseño de productos y servicios, la eco-innovación, la remanufactura, la gestión eficiente de los recursos o la simbiosis industrial, definiendo nuevos modelos de negocio.
- Realizar actuaciones que permitan acercar la ciudadanía a un modelo de consumo responsable, colaborativo y alineado con los principios de la EC: consumir productos y servicios de proximidad, compartir, reutilizar, reparar y reciclar.

Las administraciones locales tienen un papel muy importante como motor del cambio para realmente hacer la transición a la EC, y desde el Vallés Circular se asume un rol proactivo para ser referentes en la dinamización de los agentes y la creación de condiciones facilitadoras, a través de la definición de políticas locales favorables, la prestación de servicios y medidas administrativas de soporte, la organización de actividades y eventos con visión circular, etc.

El Vallès Circular es una de las medidas incorporadas en el Pacto para la Reindustrialización del Vallès Occidental, un marco de concertación transversal y estable entre administraciones y agentes sociales y económicos para situar el territorio como un referente en el impulso de la transformación del sector industrial, compartiendo políticas y estrategias. Este pacto comarcal está alineado con el Pacto Nacional para la Industria a nivel catalán.

En 2018 se creó la «**Plataforma Vallés Circular, Tecnología y Conocimiento en Economía Circular**» (http://vallescircular.com/presentacio-plataforma-valles-circular), una iniciativa integrada por todos los centros de investigación y universidades de la comarca: la Escuela Superior de Ingenierías Industrial, Aeroespacial y Audiovisual de Terrassa de la Universidad Politécnica de Catalunya (ESEIAAT-UPC), la Universidad Autónoma de Barcelona (UAB), la Escuela Superior de Diseño Universidad Ramon Llull (ESDI-URL), Eurecat Centro Tecnológico de Catalunya, y el Centro Tecnológico LEITAT. El objetivo de la Plataforma es acercar el conocimiento y las tecnologías facilitadoras para implantar la economía circular en las empresas del Vallès Occidental.

En sus inicios, para impulsar la Plataforma se elaboraron materiales de transferencia de conocimiento

FIGURA 1
PORTADA DEL FOLLETO SECTORIAL DEDICADO AL SECTOR DEL PACKAGING



Fuente: Plataforma Valles Circular

con el objetivo de promover la economía circular en el territorio, aportar una visión de la misma a las empresas y motivar a la acción. Los materiales elaborados fueron:

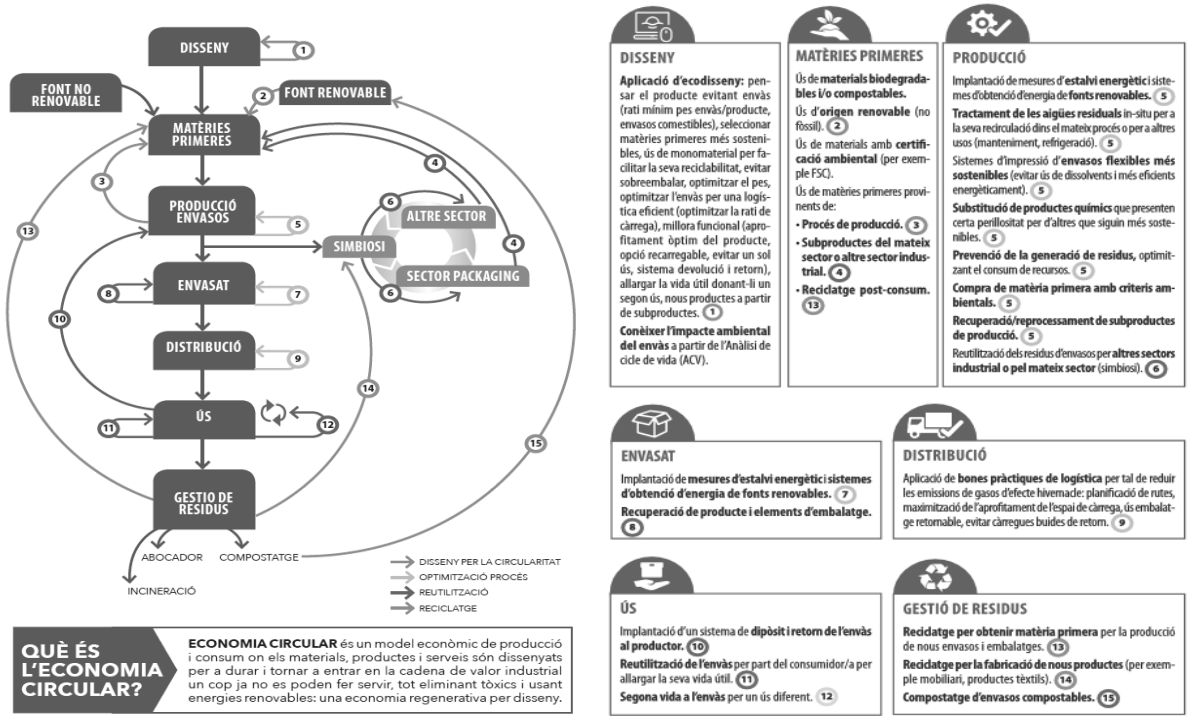
- Folletos sectoriales: dedicados al sector textil, construcción, packaging, agroalimentario y metal.
- Folletos transversales: dedicados al agua, los residuos, la energía, la logística y la organización.
- Fichas de soluciones circulares.

Las fichas de soluciones circulares son fichas descriptivas de actuaciones que las empresas pueden aplicar en sus procesos para la mejora ambiental en el marco de la economía circular. En 2018 se elaboraron 70 fichas y en 2019 se han elaborado 21 fichas. Este material de difusión pretende ser un elemento vivo, ya que se intenta que los integrantes de la plataforma vayan aportando nuevas soluciones. Incluso en 2019, organizaciones externas a la Plataforma como IAM 3D HUB, MOBA-ISE MOBILE AUTOMOTION, TRANSPAL y CHIEMIVALL han colaborado aportando nuevas fichas describiendo sus soluciones circulares. Todo el material de transferencia de conocimiento se encuentra en formato digital y disponible en la página web de la Plataforma. En la figura 1 se expone un ejemplo de este material con el folleto «Aplicamos la Economía Circular en el Sector del Packaging».

Cada folleto recoge en la portada una breve descripción del sector específico y datos relevantes de la situación ambiental del sector tanto a nivel comarcal, regional, estatal e incluso europeo. Por ejemplo, se citan datos referentes a consumos de energía, de agua, generación de residuos o emisiones entre otros. Tal y como se puede ver en la figura 2, en su interior se detalla toda la cadena de valor identificando posibles acciones de mejora o soluciones circulares que pueden aplicarse al actual modelo lineal para conseguir aumentar la circularidad del sector. En la contraportada, el folleto también incluye los beneficios a nivel económico, ambiental y social que supondría hacer esta transición hacia una economía circular.

Retomando la descripción de lo que es la Plataforma, cabe destacar que es una herramienta a disposición de los agentes de territorio como son los ayuntamientos y los agentes de promoción económica local y las asociaciones empresariales. Los agentes están desempeñando una labor importante en el territorio, fomentando la economía circular a través de diferentes proyectos y acciones. Por tanto, la plataforma puede

FIGURA 2
INTERIOR DEL FOLLETO SECTORIAL DEDICADO AL SECTOR DEL PACKAGING



Fuente: Plataforma Valles Circular

complementarlos ya que proporciona conocimientos y soluciones a las empresas y ofrece a estos agentes una herramienta para las empresas y contribuir a que la comarca sea más circular. En relación con este soporte, hay que comentar que en el marco del proyecto de impulso de la Plataforma se realizaron asesoramientos en economía circular a empresas del territorio. A raíz de este trabajo se pusieron en marcha una serie de acciones en empresas que han contribuido a promover la economía circular. Diferentes empresas de sectores diversos participaron en estos asesoramientos donde se pusieron en marcha algunas iniciativas y se realizó una importante tarea de transmisión de conocimientos y promoción de la economía circular.

Una de las participantes en el asesoramiento fue NIVELL PUBLICITARI, una empresa que se dedica a la impresión digital en gran formato y en diversidad de soportes tanto rígidos como flexibles, adaptados a las necesidades de los clientes. NIVELL PUBLICITARI, con la colaboración de la empresa DEMANO, ha creado una estrategia para poder ofrecer a su cliente un producto circular con las lonas publicitarias, ya que al final de su vida útil éstas son reutilizadas como material para la creación de nuevos productos. También a raíz del asesoramiento, NIVELL PUBLICITARI ha desarrollado otras acciones que han evitado la generación de residuos y ha establecido vínculos con otras organizaciones como FUPAR, una entidad de Terrassa que trabaja para crear oportunidades laborales para personas con discapacidad intelectual y en riesgo de exclusión social, para aprovechar los recursos sobrantes de la empresa y elaborar nuevos productos. Con esta colaboración ambas empresas contribuyen en el marco de la economía circular a la prevención de la contaminación, al consumo eficiente de recursos, al ahorro económico en la compra de materiales y la gestión de residuos, y a la creación de empleo, reforzando sus valores ambientales y sociales.

Otra de las empresas que participó en el asesoramiento fue CASAMITJANA, empresa centenaria ubicada en Terrassa, dedicada a la venta de mobiliario de oficina y del hogar, y a la realización de proyectos de interiorismo integrales y servicio «llaves en mano». CASAMITJANA tiene un gran compromiso con la sociedad y con el medio ambiente, y en el marco del asesoramiento se realizó una diagnosis que permitió detectar aquellas prácticas que la empresa hacia y que contribuían a la economía circular, así como se identificaron futuras acciones a desarrollar. Se detectó que CASAMITJANA hacía una labor muy importante en economía circular ya que realiza donación del mobiliario al final de su vida útil, ofreciendo así una segunda vida a los muebles. Además del valor ambiental de esta acción, cabe destacar su carácter social, ya que esta donación se realiza a entidades sociales que requieren de estos materiales. Otra práctica que ayuda a alargar la vida útil del mobiliario es que CASAMITJANA ofrece a sus clientes la opción de la reparación de los productos, evitando así la generación de residuos y promoviendo un consumo eficiente de recursos. También es interesante destacar que la empresa está muy comprometida en saber qué nuevos productos introduce

en el mercado y las características de su proceso de fabricación. Así que, a raíz del asesoramiento, además de realizar visitas periódicas a fábrica, CASAMITJANA ha puesto en marcha un sistema para analizar y evaluar como sus proveedores integran en sus operaciones y productos aspectos de la economía circular.

Otra empresa que participó en el asesoramiento fue POLYCASA SPAIN, que forma parte del grupo 3AComposite, dedicada a la fabricación de planchas de polimetilmetacrilato (PMMA) de alta calidad adaptadas a las necesidades y requisitos de los clientes. Se identificaron las acciones que estaban llevando a cabo y futuras acciones en el marco de la economía circular. A raíz de ahí, POLYCASA SPAIN ha iniciado el proyecto RECUMMA, una iniciativa cofinanciada por la Agencia de Residuos de Cataluña en el marco de ayudas para el fomento de la economía circular. El proyecto tiene como objetivo desarrollar y optimizar una tecnología para poder recuperar el monómero de metacrilato de un residuo mezcla de diferentes materiales. Mediante la implantación de esta tecnología se podrá recuperar monómero para utilizarlo como materia prima y obtener así de nuevo el polímero. Esta iniciativa evitará el consumo de materia prima virgen, así como la generación de un residuo complejo de gestionar debido a la diversidad de su composición.

Estos son solo algunos de los ejemplos de asesoramientos que se realizaron. En 2018 se desarrollaron un total de 18 casos, y 20 en 2019, todos ellos distribuidos por el territorio del Vallès Occidental. En 2018, el 31% de los asesoramientos fueron en materia de residuos, el 25% fueron diagnósticos y detección de oportunidades en materia de economía circular, el 25% fueron relativos a envases y embalajes, y el 19% fueron dedicados al análisis de tecnologías para la mejora ambiental en el marco de la economía circular. En 2019, el 55% de los retos tratados fueron en materia de residuos, el 15% estaban relacionados con aguas residuales, el 10% con la organización de la empresa en general, el 10% en temas de packaging, el 5% en temas de energía y el 5% restante con el producto en general.

Desde 2017, una vez al año el Vallés Circular organiza el **Market Place**, un evento que es un punto de encuentro de entidades para poder conocer actuaciones circulares, hacer negocios y establecer sinergias. El evento fomenta la colaboración entre entidades para implantar la economía circular en el territorio. En el acto participan todo tipo de organizaciones: centros de investigación, universidades, asociaciones empresariales, clústeres, ayuntamientos, ONGs, pequeñas y grandes empresas, todas las cuales tienen un espacio para poder establecer vínculos en materia de economía circular. Desde sus orígenes, el Market Place es un éxito de participación, pues en la primera edición participaron unas 170 personas, 140 en 2018 y más de 150 personas en 2019, lo que demuestra que las organizaciones están muy interesadas en conocer nuevos casos de economía circular y poder establecer sinergias.

Otro recurso interesante surgido del Vallés Circular para fomentar la EC es el «**Compromiso Vallès Circular».** Este reconocimiento se creó en 2018 para aquellas empresas y entidades que hacen esfuerzos por integrar la economía circular en su organización, ya sea incorporando cambios en el diseño de productos, procesos, modelos de negocio o bien realizando un consumo eficiente de productos y servicios; o que realizan una sinergia entre diferentes organizaciones. Desde su creación hay un total de 15 organizaciones adheridas al compromiso y 30 en trámite de adhesión.

También se realizan actuaciones para llegar directamente a la ciudadanía con la campaña **PIENSA CIRCULAR.** Esta campaña pone al alcance de la población diferentes recursos muy interesantes para realizar un consumo eficiente de recursos y para prevenir la contaminación a partir del pensamiento circular. Uno de los recursos disponibles son los posters que se pueden descargar para hacer uso de ellos. También desde el espacio que se dispone en la web vallescircular.com se está construyendo un apartado denominado «consumo sostenible» en el que se pretende dar indicaciones de pensamiento circular relacionado con el hogar, la persona, el ocio, la compra, la alimentación y el puesto de trabajo.

A finales de 2019, Vallès Circular ganó el premio a la mejor práctica en economía circular, en la categoría de «Mejor iniciativa pública» en los I **PREMIOS BASF** de Economía Circular. Estos galardones son otorgados por la empresa BASF y el Club de la Excelencia en sostenibilidad, que reconocen los proyectos y trabajos de investigación que contribuyen a la promoción de la economía circular del país mediante cinco categorías diferentes: mejor iniciativa pública, mejor práctica circular grandes empresas, mejor práctica circular en PYMEs, mejor start-up circular, y mejor investigación universitaria en economía circular. Actualmente se está trabajando en una **estrategia trasversal compartida y efectiva** para (1) reforzar la economía circular en la acción comarcal, (2) aumentar la acción conjunta y complementaria de agentes circulares del Valles, (3) promover la acción local movilizando actores, y (4) actualizar la estrategia Vallès Circular con un plan de acción 2020-2023. Por último, en 2020 el Vallès Circular centrará sus esfuerzos en los gobiernos locales para ayudarles a ser **ciudades** más **circulares**, con formación y soporte técnico para identificar barreras y oportunidades y posteriormente implementar acciones de mejora circulares.

Eco-industria – Economía Circular al Delta del Llobregat

Esta es una iniciativa iniciada por parte de los Ayuntamientos de Viladecans, Gavà, El Prat de Llobregat y Sant Boi del Llobregat, junto con la colaboración de la Diputación de Barcelona y el Área Metropolitana de Barcelona (AMB). La iniciativa (www.ecoindustria.net) tiene como objetivo implementar en el territorio la economía circular como nuevo modelo de desarrollo económico y ofrece soporte a empresas que quieren

iniciar el paso de un modelo lineal a un modelo circular, aportándoles ideas y herramientas para propiciar el cambio. También ofrecen soporte a aquellas empresas que ya han iniciado el camino hacia la economía circular.

Esta iniciativa ofrece a las empresas de los municipios integrantes tres tipos de soporte: participación a talleres, análisis y diagnóstico individualizado, y soporte en la implantación de acciones una vez se hayan detectado. Los talleres que ofrecen son sesiones de trabajo para conocer conceptos claves de la economía circular, así como poder establecer sinergias entre los participantes. Para 2020 se han planificado cinco talleres bajo los títulos: Simbiosis industrial y la energía como recurso desde una perspectiva local; Innovación y diseño para productos ecoinnovadores; Reutilización, remanufactura y servitización; y Despilfarro alimentario y economía circular. La iniciativa también cuenta con la participación de centros de investigación y universidades para poder establecer sinergias y desarrollar propuestas circulares para aquellas empresas que quieran cambiar a un modelo de producción circular.

Diferentes empresas del territorio y de varios sectores ya han participado en el proyecto. Un ejemplo es la empresa Embatex Iberia, que dispone de un modelo de negocio circular con la remanufactura de cartuchos de tinta para impresoras. O la sinergia entre el colegio Sant Gabriel de Viladecans y una empresa de la población Thingibox, dedicada a la venta de productos para impresoras 3D. En este caso es interesante la colaboración de entidades tan diferentes; los residuos de botellas de PET generadas por los alumnos son convertidos en filamento apto para las impresoras 3D y utilizados para fabricar objetos para los alumnos.

A nivel local: los Ayuntamientos

Desde los ayuntamientos catalanes también se están impulsando actuaciones, como es el caso de los ayuntamientos de Sabadell, Sant Quirze y Barberà del Vallès, que ya llevan seis años trabajando juntos en un proyecto de Simbiosis Industrial (https://simbiosiindustrial.com) con el soporte de la Diputación de Barcelona. Su objetivo es difundir el concepto de simbiosis industrial entre las empresas de los Polígonos de Actividad Económica para poder revalorizar los recursos sobrantes que generen sus empresas y facilitar la creación de sinergias entre ellas.

Manresa también es uno de los pioneros en simbiosis industrial, en su polígono Bufalvent (www.bufalvent.cat/simbiosi). En 2015, la Agencia de Residuos de Cataluña y el Ayuntamiento de Manresa presentaron el primer proyecto de simbiosis industrial en Cataluña, con el soporte del Consorcio del Bages y la Asociación de Empresarios Bufalvent. En 2017, esta asociación estrenó la Oficina de Simbiosis Industrial para crear un punto de encuentro entre empresas y establecer sinergias para crear negocios en el marco de la economía circular.

Actualmente, el Ayuntamiento de Barcelona desde Barcelona Activa (https://www.barcelonactiva.cat) está desarrollando un programa de soporte y asesoramiento técnico para implantar acciones de economía circular en empresas de los polígonos del Eje Besos. Seis empresas de diferentes sectores (alimentación, packaging, serigrafia, plástico) han empezado a desarrollar proyectos para fomentar la economía circular.

INICIATIVAS IMPULSADAS POR LA INDUSTRIA

Asociaciones Empresariales

CECOT

La Confederación Empresarial Multisectorial CECOT (https://institucional.cecot.org) está integrada por una gran diversidad de gremios y asociaciones empresariales a quien representan ante los interlocutores sociales, y da soporte a la industria en la detección de los vectores de innovación que les permita ser competitivos e implementar la economía circular. Han implantado un servicio de auto-diagnosis de economía circular en base a un cuestionario de autoevaluación, que permite a las empresas identificar su situación de partida referente al nuevo paradigma, así como la identificación de nuevos vectores de innovación en este ámbito. En su primer año se detectaron 42 oportunidades en las 14 empresas participantes. Actualmente están trabajando en la ampliación de sus servicios centrados en la incorporación de materia prima secundaria y en la servitización de productos.

Asociación de organizaciones registradas EMAS en Cataluña (Club EMAS)

Es una asociación privada, sin ánimo de lucro, formada por empresas y organizaciones de diferentes sectores que tienen en común la voluntad de mejora ambiental, materializada en el sistema comunitario de gestión y auditoría ambiental (EMAS). Fue creada el 2006 en Cataluña como una iniciativa pionera en la Unión Europea, y sus empresas y organizaciones se caracterizan por su esfuerzo voluntario en defensa del medio ambiente más allá del cumplimiento de la legislación ambiental (www.clubemas.cat).

Desde la asociación se realizan proyectos que impulsan la economía circular entre los socios y empresas relacionadas, como por ejemplo **Residu/Recurs** que es una red EMAS de recursos y reutilización, donde las empresas pueden donar materiales sobrantes o coger materiales que les son de utilidad. Desde sus inicios se han intercambiado 9,3 toneladas de materiales con una participación de 44 entidades. **Residu Va, Recurs Ve** es un proyecto que recopiló materiales que las empresas ya no utilizan pero que pueden ser aprovechados por otras organizaciones. En un solo día, 10 de octubre de 2019 en el Palo Alto, se encontró una segunda vida para 2.900 kg de materiales, evitando así 8 Tn de emisiones de CO_2.

Actualmente han comenzado el proyecto **CircHotel** para trasladar el concepto de economía circular al sector hotelero enfocado básicamente en actuaciones de prevención, reutilización y transformación de materiales para reducir la generación de residuos.

AEI Tèxtils

El cluster catalán de empresas de textiles de uso técnico AEI Tèxtils (https://textils.cat) junto con el Centro Tecnológico LEITAT han llevado a cabo el proyecto **ECODISTEX** de fomento del ecodiseño en el sector textil. Además de realizar un workshop para dotar de conocimientos de ecodiseño a las empresas el sector textil, se han introducido criterios ambientales en productos de tres empresas textiles ubicadas en diferente lugares de la cadena de producción textil: HILADOS EGARFIL (empresa de hilatura), E. CIMA (empresa de tejeduría) e HIDROCOLOR (empresa de tinte y acabado).

También cabe destacar dos iniciativas de ámbito europeo, los proyectos **MIDWOR-LIFE** y **FLAREX**, coordinados por AEI Tèxtils y cofinanciados por el programa LIFE de la Comisión Europea. El proyecto MIDWOR-LIFE tiene como objetivo reducir el impacto sobre el medio ambiente, la salud y la seguridad de los actuales DWOR (productos químicos repelentes de líquidos como agua o aceite) utilizados en los acabados textiles y encontrar futuras alternativas. El proyecto FLAREX tiene como objetivo reducir el impacto sobre el medio ambiente, la salud y la seguridad de los retardantes de llama que se utilizan en los procesos de acabado textil. Actualmente, el proyecto FLAREX aún se encuentra en ejecución a diferencia del proyecto MIDWOR que finalizó con éxito en agosto de 2019. Ambas iniciativas son un ejemplo de cómo el clúster AEI Tèxtils junto con otros socios europeos ponen esfuerzos para reducir la peligrosidad de los productos considerados en el sector textil.

Cluster Packaging

El clúster Packaging (www.packagingcluster.com) agrupa empresas, centros de conocimiento y entidades que representan toda la cadena de valor del envase y embalaje, y en abril de 2018 se creó un grupo de trabajo interno para impulsar la sostenibilidad e identificar retos y oportunidades para alcanzar una economía circular en el sector.

Conjuntamente con el cluster AEI Tèxtils lanzaron el proyecto **PACTEX** para fomentar la simbiosis industrial entre las empresas de los sectores de packaging y textil. El proyecto permitió establecer sinergias entre diferentes empresas de ambos sectores para disminuir los residuos generados y conseguir que sean recursos de nuevo uso. En el marco del proyecto se elaboró la guía PACTEX donde se pueden encontrar los casos de simbiosis identificados.

Cluster Materials Avançats de Catalunya

El cluster de Materials Avançats de Catalunya promueve y contribuye a la competitividad de las empresas y entidades del sector de los materiales avanzados y sus tecnologías asociadas en Cataluña. En 2018 creó una comisión interna con la voluntad de cerrar ciclos, optimizar procesos y buscar proyectos innovadores de economía circular involucrando toda la cadena de valor. (www.clustermav.com)

Recientemente ha comenzado un estudio potencial y pruebas piloto de economía circular en las empresas de materiales avanzados, donde van a analizar las tendencias de mercado y las posibilidades que tienen en el sector para aplicar la economía circular. Posteriormente será necesario demostrar la viabilidad de las acciones a implementar en las empresas de materiales avanzados, con cinco proyectos piloto. Las empresas participantes pertenecen a sectores diversos (caucho, cerámica técnica, materiales composites), de diferente tamaño (de micro a gran empresa) y estrategias diferentes (creación de productos con materiales reciclados, reutilización de piezas desgastadas, eficiencia energética, valorización de productos orgánicos), para tener un abanico de casos de éxito más amplio y poder aumentar el potencial de replicabilidad. Está previsto presentar el estudio a mediados de 2020 y finalizar los proyectos piloto a finales de año.

22@NetworkBCN

La asociación de empresas del distrito 22@ de Barcelona 22@NetworkBCN (www.22network.net) lanzó en 2019 el nuevo proyecto Scrap Store 22@ para fomentar la economía circular, mostrando, intercambiando y reutilizando los recursos sobrantes del distrito, la ciudad y, por extensión, la región. Será una tienda de los recursos sobrantes de las empresas y entidades del territorio, y su objetivo es servir de espacio de encuentro entre productores de materiales sobrantes y aquellos que puedan aprovecharlos y darles una segunda vida: ya sea para finalidades sociales (escuelas, empresas de re-inserción social), para diseño o arte, para empresas de productos reciclados, o muchas otras posibilidades.

Ya se han empezado a identificar recursos entre las empresas asociadas y otras entidades, y se han creado vínculos y colaboraciones potenciales con entidades del territorio como la Nau Vila Besos, TriniJove, el Club EMAS, la Biblioteca de las Cosas, FabLab Barcelona, Alencop Cooperativa. Estas sinergias ayudarán a que la ScrapStore 22@ y los proyectos impulsados por el resto de las entidades sean un éxito tanto su creación como la operación día a día.

Empresas

Además de las iniciativas empresariales citadas anteriormente, hay otras empresas que han decidido

implantar estrategias de economía circular en sus organizaciones por iniciativa propia. Desde diferentes ámbitos de aplicación, como la eficiencia de recursos, la simbiosis residuo/recurso, la implantación de nuevos modelos de negocio, todas ellas contribuyen al impulso de la economía circular. A continuación, se detallan algunos ejemplos:

- HILATURAS ARNAU S.L. es una empresa del sector textil muy comprometida con la economía circular y que la integra en su organización. Esta empresa fábrica hilos procedentes de fibras recicladas que después serán utilizados en textiles para moda y también en tejidos técnicos. Las fibras recicladas que utiliza son de poliamida procedentes de redes de pesca en desuso y otros procesos productivos, y también PET reciclado procedente de residuos.

- HIDROCOLOR S.L. es una empresa dedicada al tinte y acabado de tejidos. Desde hace años, la empresa pone mucho empeño en la mejora ambiental de sus procesos para hacer un consumo eficiente de recursos y una minimización de sus flujos residuales. Dispone de sistemas de ahorro energético que se traducen en una optimización del consumo energético ajustado a la producción, y también dispone de medidas aplicadas a los productos utilizados en el proceso que permiten una optimización del consumo. Entre estas medidas se encuentran la automatización de su dispensación y la utilización de bolsas degradables para el preparado de la mezcla. Esta última actuación no solo optimiza el consumo, sino que previene la generación de residuos especiales. Actualmente, HIDROCOLOR sigue buscando nuevas líneas de mejora y está trabajando para optimizar el sistema de packaging aplicando nuevas estrategias.

- AXIOMA SOLUCIONS INTEGRALS I SERVEIS DE SUPORT SANITARI S.A. es una empresa que promueve la reutilización de materiales en el entorno hospitalario. Dispone de un producto que fomenta la economía circular (Steripack), proporcionando una cobertura quirúrgica reutilizable que reduce la generación de residuos y previene el consumo de recursos, a diferencia de los modelos existentes basados en productos de un solo uso.

- HIDROQUIMIA S.L. es una empresa de una ingeniería especializada en aportar soluciones integrales de tratamiento y gestión de aguas industriales de proceso. Aporta soluciones aplicables a la economía circular en la gestión del agua, reutilizándola o bien recuperando nutrientes o recursos de esta. La empresa ha llevado a cabo el proyecto 3R2020, con el apoyo de la convocatoria CIEN del Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI), cuyo objetivo era plantear la recuperación del nitrógeno y fosforo presentes en los fangos de una depuradora de aguas residuales urbanas para posteriormente ser aplicados como fertilizantes.

- ARPE S.L. es una empresa de tejidos técnicos que ha creado un modelo de negocio circular con su proyecto CIRCULAR TOWEL. Este proyecto consiste en la recompra de las toallas de microfibra que ellos mismos subministran a gimnasios al final de su vida útil para reciclarlas y reconvertirlas en paños de limpieza. La empresa ha tenido que elaborar el plan de negocio definiendo toda la estrategia, desde la logística de recogida de estos productos a la reconversión y comercialización de los nuevos productos.

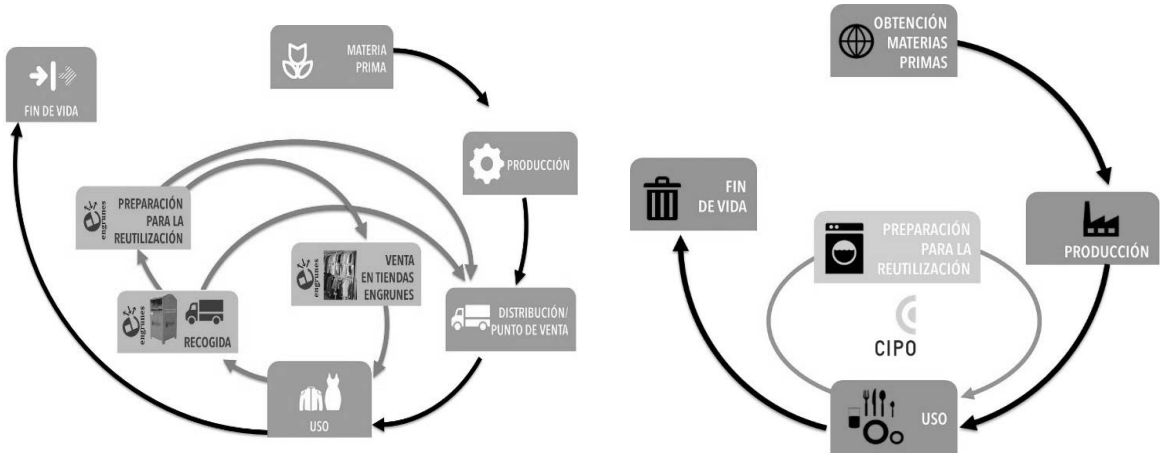
Estos han sido algunos de los muchos ejemplos de aplicación de la economía circular que existen en el territorio catalán. Partiendo del compromiso con el medio ambiente, las motivaciones que pueden llevar a una empresa a implantar la economía circular pueden ser varias: reducciones de costes asociados a residuos o a consumo de recursos, motivaciones legales o motivaciones creadas por los clientes o competidores. Actualmente, muchas de las empresas que se inician en la aplicación de la economía circular en sus negocios lo hacen des de la perspectiva de los residuos, ya que es un ámbito que preocupa mucho a las empresas, sean industriales o no. Aunque cada sector empresarial tendrá sus especificidades y dificultades en su aplicación, creemos que éste es un tema transversal y que puede ser motor de tracción para integrarlo dentro cada organización.

Una vez motivadas las empresas y aplicando las soluciones circulares se observa que disfrutan de una serie de beneficios no solo ambientales o económicos, sino también sociales. Las empresas entran en contacto con otras empresas, adquieren un compromiso con el territorio, fomentan la creación de puestos de trabajo, colaboran con otros actores de la sociedad, mejoran sus relaciones con la administración y contribuyen a crear un mejor entorno para la población ofreciendo productos y servicios más respetuosos y sostenibles.

EL PAPEL DE LAS ENTIDADES DEL TERCER SECTOR EN LA ECONOMÍA CIRCULAR

Las entidades que velan por la integración en la sociedad de personas con riesgo de exclusión social tienen un papel relevante en la economía circular a través de las empresas de inserción. Este tipo de empresas son un elemento clave para hacer factible en muchos casos la implantación de estrategias de economía circular. Este tipo de organizaciones se encuentran en un punto clave de la cadena de valor del producto, haciendo posible el paso de un modelo de producción lineal a un modelo de producción circular. Dos ejemplos de ello son las entidades ENGRUNES y CIPO,

FIGURA 3
ENGRUNES Y CIPO, DOS EJEMPLOS DE ECONOMÍA CIRCULAR EN EL TERCER SECTOR



Fuente: Elaboración propia

ubicadas en Montcada i Reixac y Sabadell, respectivamente (figura 3).

En el caso de ENGRUNES, ésta recibe diariamente una cantidad de materiales que gestiona para volver a introducir en el mercado, ya sea a partir de una preparación para la reutilización o realizando una selección para su posterior reciclaje. La actividad de ENGRUNES permite dar una segunda vida a productos que acabarían siendo un residuo. Uno de estos productos es la ropa. ENGRUNES la recoge, selecciona, acondiciona y prepara para su reutilización y venta. ENGRUNES dispone de diferentes canales como son sus tiendas propias para volver a comercializar el producto y facilitar así que esta pueda ser utilizada de nuevo.

El otro ejemplo es CIPO que en el marco del proyecto URBANWINS puso en marcha un servicio de alquiler gratuito de vajilla reutilizable para entidades y organizaciones de Sabadell. Esta actividad previene la generación de residuos derivados del uso de vajillas de un solo uso y consumo de recursos (plástico principalmente). CIPO dispone de la vajilla y se encarga de su gestión, limpieza y puesta a punto para su reutilización.

Además, es importante destacar toda la labor social que hacen este tipo de entidades para la integración y creación de puestos de trabajo a personas en riesgo de exclusión social, mediante la contribución de la economía circular.

INICIATIVAS IMPULSADAS POR LA CIUDADANÍA

Como ejemplo de iniciativa que surge de la población se encuentra la cooperativa LA EGARENCA, una tienda ecológica cooperativa que fomenta el consumo responsable con unos criterios de sostenibilidad, proximidad y con valores sociales. La cooperativa desarrolló un estudio para poder impulsar la economía circular en la organización, principalmente centrado en el tema de los envases y prevención de residuos. En el estudio se llevó a cabo una comparativa ambiental por tipología de envase, se comparaban los envases reutilizables frente a los envases de un solo uso, y se analizaba el potencial de circularidad de los envases de plástico y los envases de vidrio. A raíz del trabajo previo realizado, LA EGARENCA creó una comisión de prevención de residuos de envases, aumentó los productos a granel y con envase reutilizable de vidrio, exploró nuevas vías de colaboración con proveedores para reducir el plástico, y en 2020 ha iniciado un proyecto financiado por la Agencia de Residuos de Catalunya, que tiene dos objetivos principales: reducir el despilfarro alimentario y reducir los envases.

Este es un ejemplo de cómo una entidad creada por la ciudadanía se preocupa por integrar la economía circular en los pilares de su funcionamiento y hacerlo desde un criterio técnico riguroso. A su vez, la cooperativa hace extensivo los valores de la economía circular a toda la población involucrada.

CONCLUSIONES

Aunque aún queda mucho camino por recorrer, queda demostrado que entidades tanto públicas como privadas ya han visto la oportunidad que supone subir al tren de la economía circular para ser más eficientes y mejorar no solo los aspectos ambientales sino también los sociales y los económicos. Podemos afirmar que la transición a la economía circular en la comarca del Vallés Occidental ya es una realidad que, aunque paulatinamente, se está expandiendo más.

Se puede afirmar que la iniciativa del Vallès Circular es un motor de tracción hacia un modelo circular para cualquier actividad en el territorio, sea empre-

sarial o de la ciudadanía, que se apoya en el uso de herramientas facilitadoras de este cambio: la plataforma de tecnología y conocimiento, material de difusión (folletos, fichas), la campaña #PensaCircular, el Market Place, el compromiso Vallès Circular.

Se ha demostrado que las administraciones locales tienen un gran poder para influir en las dinámicas de comportamiento de la ciudadanía y en los mercados, a través de la compra pública de productos y servicios. También que el sector industrial que se toma la economía circular como la posibilidad de mejorar, ya está obteniendo resultados que hacen que la empresa sea más competitiva y sostenible.

El cambio sistémico que supone la economía circular requiere actuaciones en todos los ámbitos y de forma colaborativa entre administraciones públicas, empresas, asociaciones del tercer sector y ciudadanía. Con las experiencias realizadas en el territorio durante los últimos años ha quedado claro que, si cada organización mira solo su trozo de parcela, no se va a conseguir el mismo grado de transición a la economía circular. El éxito de éste nuevo paradigma está en crear vínculos con otros agentes que nos permitan ser más competitivos y llegar más lejos.

Si no queremos llegar siempre al mismo sitio, hace falta pensar y actuar de manera diferente.

NOTAS

[1] Comarca de 917.000 habitantes, con 27.429 empresas que representan el 23% de la actividad industrial catalana.

LA INFRAESTRUCTURA NECESARIA PARA ALOJAR A LA INDUSTRIA CIRCULAR

VERÓNICA KUCHINOW
SÍMBIOSY

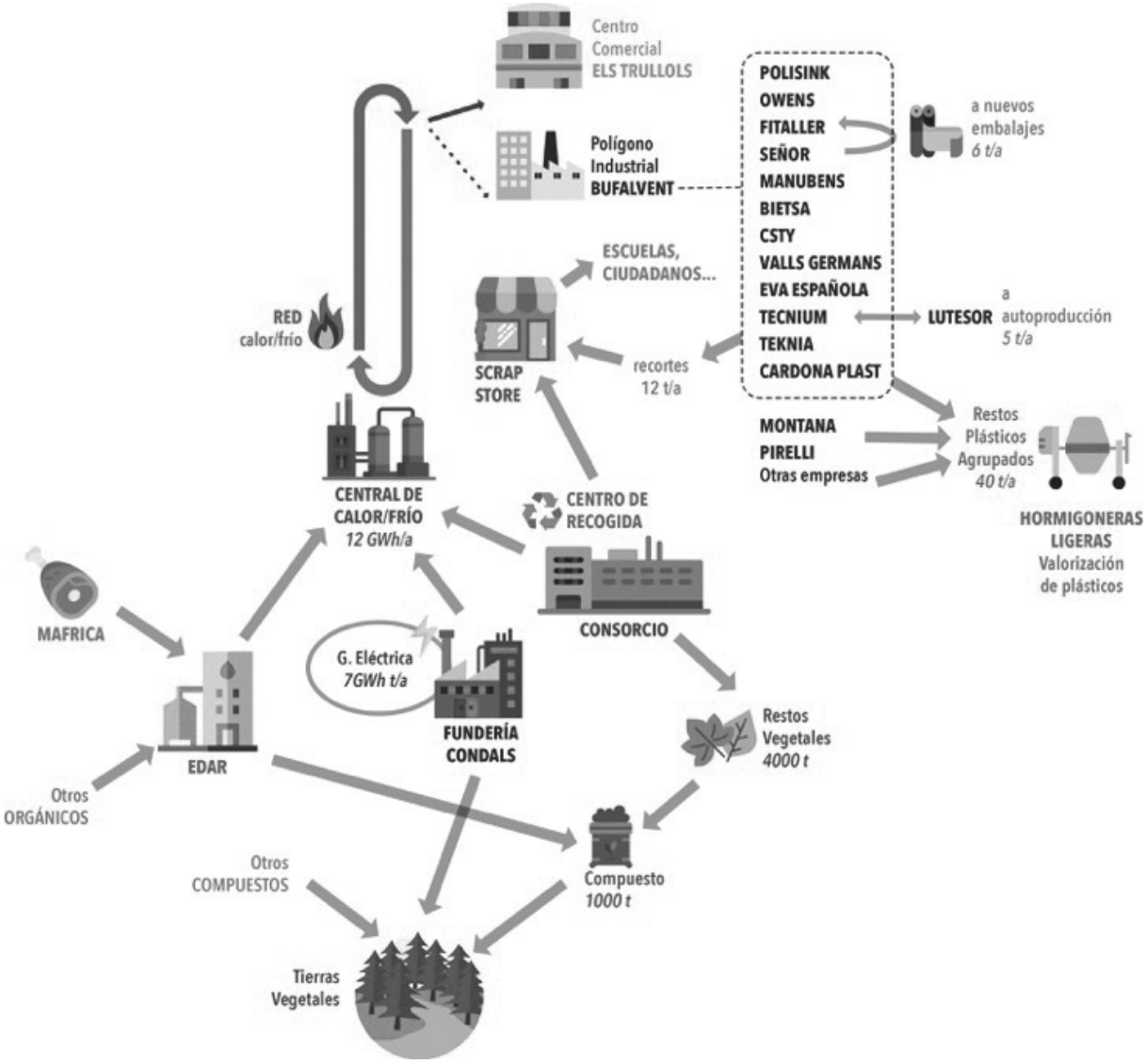
En un ecosistema natural (un bosque, por ejemplo) no hay residuos; toda la energía viene del sol, cuanto más diverso el ecosistema más rico es, más capacidad de crecimiento, de resiliencia. Es un modelo perfecto. ¿Por qué no hacemos, pues, que nuestras industrias formen parte de un ecosistema, en este caso industrial, donde los residuos de unas empresas sean recursos para otras, donde se las fomente y facilite el camino de la colaboración entre ellas a diferentes niveles, trabajando para maximizar el uso de los recursos y la transición hacia energías renovables?

Este concepto es lo que se conoce como *simbiosis industrial* y no deja de ser nada más que aplicar los conceptos de la economía circular al tejido productivo de un territorio (Lomardi, 2012). Una estrategia empresarial que incentiva la colaboración entre empresas (tradicionalmente separadas) para hacer realidad nuevas oportunidades de negocio explorando maneras innovadoras de ponerlas en práctica: dando valor añadido a recursos sobrantes y encontrando soluciones innovadoras a la provisión de recursos. Se trata, por tanto, de buscar soluciones a la gestión de los recursos (materias primas y residuos) siempre desde una visión sistémica del entorno industrial, con un enfoque intersectorial, para caminar hacia un ecosistema industrial.

Sabemos que las empresas ya están haciendo un gran esfuerzo interno para mejorar su eficacia y con magníficos resultados, por cierto. La cooperación en simbiosis se enfoca en optimizar el uso de aquellos recursos que las compañías por si solas no utilizan internamente (ya sea por falta de recursos, de conocimientos, de tiempo...).

Imaginemos una empresa que genera un residuo de espumas de poliuretano (como las de un colchón de espuma, por ejemplo) en cantidades considerables, pero posiblemente no suficiente como para que valga la pena poner en marcha un proceso de reciclaje interno. Este proceso reduciría notablemente el gasto en su gestión y daría fuerza y sentido a la estrategia de sostenibilidad que va pidiendo el mercado, pero con la cantidad que se genera no salen los números. Es muy probable que exista una empresa que tiene el mismo problema o similar (su competencia a lo mejor) y con la que se podría unir para tratar conjuntamente sus residuos. En el mejor de los casos se ha puesto sobre la mesa esta oportunidad, pero ¿quién la pone en marcha?, ¿quién hace el trabajo?, ¿el trabajador de una empresa para hacer el trabajo de la otra??? Casi

FIGURA 1
ECOSISTEMA INDUSTRIAL DE LOS POLÍGONOS INDUSTRIALES DE MANRESA (BARCELONA)



Fuente: elaboración propia

siempre lo que pasa es que nadie hace el trabajo y la iniciativa se queda en un cajón.

La simbiosis industrial apunta como una de las principales tendencias en la gestión de polígonos industriales y de estrategia territorial (Neves, 2020). No olvidemos que los polígonos industriales están dentro de un territorio en el que hay también bosques (que pueden producir biomasa), o una ciudad con piscinas calefactadas, o granjas de cerdos consumiendo pienso y generando purines altamente problemáticos de gestionar.

La simbiosis industrial implica sustanciales cambios en la manera de relacionarse entre las empresas, de colaborar para ser más eficiente. Esta colaboración entre empresas, en definitiva, es la CLAVE para que este nuevo modelo económico hacia el cual nos movemos (la economía circular) sea una realidad, tal y como lo reflejan diversos proyectos y estudios europeos (Fissac project, 2019; Scaler project, 2019). Es el gran reto ante el cual nos enfrentamos, y como ya se intuye, se trata de un reto cultural: un cambio en nuestra manera de relacionarnos, de entendernos, de confiar, de competir. La gran barrera de la economía circular es cultural, no tecnológica.

Y luego está el hecho de que estos nuevos retos con los que la industria se está encontrando conllevan la necesidad de nuevas infraestructuras (en el sentido más amplio de la palabra) que requieren de la colaboración para que realmente sean eficaces y rentables; requieren de una integración de la gestión, y, por tanto, de la existencia de entidades de gestión. Estas nuevas infraestructuras, en algunos casos, ya empiezan a ser una realidad, pero en la gran mayoría de los polígonos industriales (al menos de nuestro país) to-

TABLA 1
PRINCIPALES DIFERENCIAS ENTRE UN PARQUE ECO-INDUSTRIAL Y UN POLÍGONO INDUSTRIAL TRADICIONAL

Parque Eco-industrial	Polígono industrial
Intercambio de residuos entre empresas.	Gestión de residuos sin intercambio.
Reutilización de residuos recuperados entre empresas.	No reutilización de residuos ni reutilización individual.
Cogeneración energía procedente de residuos o de calor excedente con infraestructuras para el intercambio de calor entre empresas.	Ausencia parcial o total del concepto ecológico en la ordenación, urbanización y gestión del polígono.
Infraestructuras, construcción y ordenación de usos del suelo.	Ausencia de métodos de cogeneración.
Sistemas de **Gestión Medioambiental** liderados por el Órgano Gestor del Parque.	Ausencia de Sistemas de Gestión Medioambiental.

Fuente: www.upv.es/contenidos/CADIVALT/info/Guia_Poligonos.pdf

davía han de encontrar la forma en la que poderse materializar (figura 1).

POLÍGONOS INDUSTRIALES ECO-EFICIENTES/PARQUES ECO-INDUSTRIALES

Hace años que se oye hablar de polígonos industriales eco-eficientes (UNIDO, 2018) o parques eco-industriales. Últimamente se suman conceptos como polígonos circulares, pero todos caminan hacia la integración de la gestión para poder hacer frente a los nuevos retos que implican nuevas necesidades de infraestructuras que las hagan viables, que las hagan posibles.

Un parque eco-industrial (PEI) es un área destinada al uso industrial en un lugar que garantice la sostenibilidad a través de la integración de aspectos sociales, económicos y de calidad ambiental, en su ubicación, planificación, operaciones, gestión y desmantelamiento. Se utiliza el término «greenfield» para los PEIs totalmente nuevos, y el término «brownfield» cuando un parque industrial existente se transforma en un PEI.

Estos parques lo forman una comunidad de empresas manufactureras y de servicios ubicadas juntas en un espacio común. Las empresas desarrollan conjuntamente proyectos que buscan mejorar su rendimiento económico y ambiental, de tal manera que el trabajo conjunto les permite encontrar un beneficio colectivo mayor que la suma de los beneficios individuales. El PEI funciona con la idea de centralizar funciones generales administrativas, logísticas, productivas, comerciales y tecnológicas para optimizar el desempeño ambiental de las empresas participantes y disminuir costes de producción, logrando así un mejor desarrollo.

Los beneficios no son sólo comerciales, sino también estratégicos, lo que hace que se reduzca la exposición al riesgo, que aumente la competitividad, el desarrollo empresarial, la continuidad de la producción y una mejor reputación de los principales actores. Las empresas encuentran habilidades colectivas para transformar los problemas ambientales en soluciones de negocio mediante el uso eficiente de los recursos y la cooperación a través de infraestructuras compartidas (Tabla 1).

El término eco-eficiencia fue acuñado por el World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) en su publicación de 1992 Changing Course (WBCSD, 2000), según el cual una empresa puede considerarse eco-eficiente «*cuando es capaz de ofrecer productos y servicios a un precio competitivo, que satisfacen necesidades humanas, incrementando su calidad de vida y reduciendo progresivamente el impacto medioambiental y la intensidad del uso de recursos a lo largo de su ciclo de vida, al menos hasta el nivel de capacidad de carga del planeta*», es decir, cuando es capaz de producir más con menos.

La eco-eficiencia ha de estimular la creatividad y la innovación en la búsqueda de nuevas maneras de hacer las cosas. Las oportunidades de eco-eficiencia pueden salir en cualquier punto a lo largo de todo el ciclo de vida del producto. De hecho, las oportunidades para la eco-eficiencia se pueden encontrar en la reingeniería de los procesos (ecología industrial y logística inversa), en la valoración de los subproductos, en el rediseño de sus productos (herramientas de eco-diseño y análisis de ciclo de vida), y en el replanteamiento de los mercados (funcionalidad de los productos, economía de los servicios ...).

Un modelo eco-eficiente se plantea desde cuatro enfoques fundamentales, los cuatro «pro»:

- Productos. Se trata de analizar la eficiencia del producto en todo su ciclo de vida, desde las materias primas que entran en su proceso de fabricación, su uso en su vida útil y los residuos que generan cuando ésta acaba.
- Procesos. Los procesos de fabricación de bienes y servicios tienen un grado de mejora que es necesario aprovechar para optimizarlos mediante la aplicación de nuevas tecnologías, nuevas técnicas de fabricación, y la mejora en la gestión de los recursos para conseguir ahorro y eficiencia.

- Procedimientos. Las medidas en productos y procesos deben validarse mediante una metodología y unos procedimientos que sirvan para diferentes sectores, para que el conocimiento de las mejores técnicas disponibles (MTD) llegue a todos los agentes interesados sin necesidad de una gran especialización.

- Promoción y difusión de medidas para obtener el máximo efecto multiplicador posible.

En España, ejemplos de este tipo de parques los encontramos en:

Consorcio de la Zona Franca de Barcelona. Este polígono de la ciudad de Barcelona dispone de un servicio de gestión mancomunado de residuos, de zonas de acopio de residuos de construcción, una red compartida de calor y frío, una red de aguas regeneradas para aprovechamientos industriales y para riego, y servicios de gestión compartida de energía entre otros servicios compartidos, todos ellos dentro de la estrategia ECO-CIRCULAR alineada con los ODS y la agenda 2030 de Naciones Unidas.

Parque Empresarial de Campollano (Alicante). La defensa del interés común (en mostrar su rechazo a la aplicación del impuesto de radicación por parte del Ayuntamiento de Alicante) supuso el arranque de la colaboración que desde entonces ha ido creciendo en servicios y productos que han favorecido al empresariado del polígono. Aparte de multitud de actividades comunes (revistas, fichas, jornadas…) tienen un sistema digital de monitoreo y control ambiental que permite trazar y controlar la gestión de residuos mediante un sistema mixto de contabilidad por partida doble (en origen y en el centro de gestión) y de Autentificación y Certificación Digital que aseguran la credibilidad del sistema. Un sistema de estas características permite un control integral que recoge las necesidades de información de todos los agentes involucrados en la cadena de gestión de los residuos.

Polígono Industrial de Asegra (Granada). La asociación de empresario de Asegra ofrece un servicio, totalmente gratuito, de recogida puerta a puerta de los residuos de papel y cartón, plásticos y madera. En el momento que las empresas tienen estos materiales llaman a un teléfono y en el plazo de 48 horas se los retiran de la nave. Los materiales no pueden estar mezclados.

Proyectos de este tipo ya empiezan a haber muchos, por ejemplo: Polígono Industrial de Bufalvent (Manresa), Polígono eco-eficiente de Alameda (Málaga), Comunidad Biovalle de Salinas (Granada), Parque de Ciencia y tecnología de Almería, Mancomunidad Industrial de Venta del Barro (Teruel), Polígonos de Actividad Económica de la merindad de Estella (Navarra), Polígono de Silvota (Asturias), etc.

Naturalmente existen ejemplos en Europa y en otras partes del mundo, muy relacionados con proyectos de simbiosis industrial, pudiendo destacarse:

Consorcio para el servicio del área industrial «First Macrolotto» (Prato, Italia). El consorcio fomenta una red EEPA (Área Productiva Ecológicamente Equipada) que ofrece servicios de:

- Utilización de agua residual regenerada para usos industriales y contra-incendios (ahorrando 300.000€/año a las empresas).

- Eficiencia energética (con ahorros de 7-8 M€/año.

- Gestión de la movilidad (menos emisiones de CO2 18,5T).

Norrköping Industrial Symbiosis Network (Östergötland). Disponen de una red de simbiosis industrial agro-industrial-municipal que permite reducir la dependencia regional de los recursos:

- Una planta de cogeneración eléctrica ofrece electricidad, calor y frío a ciudadanos y empresas a través de la gestión de residuos orgánicos y biomasa.

- Un sistema de gestión conjunto de residuos orgánicos municipales y de granjas y agro-industrias de digestión anaerobia para producción de biogás que alimenta los autobuses urbanos, entre otras iniciativas.

Industrial Symbiosis Kawerau (Nueva Zelanda). Se trata de una colaboración de entidades y empresas trabajando conjuntamente en gestión integral de la actividad industrial de todo territorio de Kawerau (principal zona maderera del país donde se encuentran las instalaciones más grandes del mundo de energía geotérmica), como si de un polígono industrial se tratara, gestionando, con una visión de sistema, los recursos disponibles de la zona con el fin de ofrecer a las empresas beneficios en su uso:

- Beneficios por el uso de la red de energía geotérmica más grande del mundo para aplicaciones industriales.

- Acceso a calor y electricidad renovable de fuentes seguras y económicas.

- Apoyo de la comunidad local y regional en la adaptación de reglamentos ambientales.

- Infraestructuras de transporte de calidad conectando el puerto de Tauranga.

- Conexiones directas con la comunidad científica de los centros de investigación.

- Oportunidades en la nueva industria compartida.

La iniciativa nace inicialmente como un grupo de gestión de negocios y organizaciones locales con una visión de un mundo mejor basado en las mejores técnicas ambientales disponibles y energías renovables. A medida que los beneficios aumenta-

TABLA 2
EJEMPLOS DE POLÍGONOS INDUSTRIALES «CIRCULARES» A NIVEL INTERNACIONAL

Nombre	Ubicación
Kalundborg Symbiosis	Kalundborg, Dinamarca
Rantasalmi	Rantasalmi, Finlandia
Devens Eco-Industrial Park	Devens, Massachusetts, USA
Cape Charles Sustainable Technologies Park	Cape Charles, VA, USA
Green Tech Valley	Styria, Austria
The Textile Recycling Valley	Northern Francia
Tianjin Ziya Industrial Zone	Tianjin, China
NISP Network	Humber region, UK
London Sustainable Industries Park	London, UK
TXI/Chapperal Steel	Midlothian, TX, USA
Port of Houston	Houston, TX, USA
Wheatbelt Town of Narrogin Industrial Symbiosis	Narrogin, Australia
Guayama	Puerto Rico
Cabazon Resource Recovery Park	Cabazon, CA, USA
Biopark Terneuzen	Terneuzen, TheNetherlands
Alberta's Industrial Heartland	Alberta, Canada

Fuente: Schotel, S. Cirkelab. 2016.

TABLA 3
ANÁLISIS DE LOS 38 ESTUDIOS DE CASOS Y BUENAS PRÁCTICAS ANALIZADOS EN EL MARCO DEL PECT DE SABADELL, BARBERÀ, *SANT QUIRZE* Y *CASTELLAR DEL VALLÈS*

	CATALUÑA	ESPAÑA	EUROPA	MUNDO	**TOTAL**
Nº de casos analizados	7	9	14	8	38
Residuo	3	5	7	3	**18**
Energía	1	2	10	2	**15**
Agua	0	1	10	2	**13**
Movilidad	2	0	5	1	**8**
Información	1	1	1	1	**4**
Sinergias entre empresas	3	1	4	4	**12**
Instalaciones compartidas	1	0	4	3	**8**
Técnicos especialistas	2	0	3	1	**6**
Agricultura y proximidad	0	1	1	0	**2**
Entorno	1	0	6	3	**10**
Cooperación y asociacionismo	5	6	6	4	**21**

Fuente: elaboración propia.

ban, se iba atrayendo el interés y las inversiones de empresas de fuera de la región que comenzaron a compartir esta visión. El objetivo es dirigirse hacia una independencia en el uso de los recursos.

Otros polígonos con iniciativas para el uso eficiente de recursos a nivel internacional se pueden ver en la Tabla 2.

RETOS DE LA INDUSTRIA EN LOS POLÍGONOS INDUSTRIALES «CIRCULARES»

Está claro que la industria se está encontrando nuevos retos ante los cambios de modelo de negocio que se imponen para hacer frente al cambio climático, a la escasez de recursos, a las desigualdades sociales o la producción sostenible. Son muchas las ventajas que ofrecen los polígonos industriales y una gestión conjunta de recursos para hacer económicamente viables (o más viables) las soluciones tecnológicas y de gobernanza que se plantean.

Un análisis que realizamos en 2019 sobre 38 casos de polígonos eco-eficientes (INNVALLÈS, 2019) reflejó que el aspecto común más repetido en todos ellos es la necesidad de cooperación (valorada mejor si existe una figura «líder» o facilitador), seguido de la gestión de los residuos, la energía y el agua; es decir, los recursos básicos (Tabla 3).

La necesidad de cooperación entre las diferentes empresas del polígono es necesaria para poner en marcha cualquiera de las propuestas que se planteen, ya sea mediante el asociacionismo de un grupo de empresas o la cooperación para sacar adelante un proyecto concreto, además de posibilitar la construcción de sinergias entre empresas.

De todos modos, la presencia de una organización líder en un polígono o un territorio facilita la interrelación entre las empresas para que se sientan parte de un conjunto y les sea más fácil actuar como tal. Garantizar la continuidad de proyectos atractivos es imprescindible para que las asociaciones de empresarios se mantengan activas y creen atracción. Y, en el caso de polígonos pequeños, la agrupación de asociaciones es una muy buena

solución para ofrecer más servicios a las empresas y rentabilizarlos.

También se considera, sobre todo a nivel europeo y mundial, que los polígonos deberían incluirse en la vida del municipio y no en un territorio segregado porque es el lugar de trabajo de sus ciudadanos; formando parte de su día a día. Por tanto, la integración del polígono en la actividad urbana del municipio, en el entorno paisajístico y la adaptación de éste por una buena movilidad de los trabajadores son otros de los aspectos claves para mejorarlos.

Hay que subrayar que la comunicación y la promoción son dos actividades imprescindibles en los polígonos eco-industriales porque, para atraer a nuevas empresas, los polígonos deben ser promovidos tanto a escala nacional como internacional. Las herramientas de marketing más utilizadas son la página web (que debe ser muy informativa), la organización de eventos, y los talleres y conferencias sobre temas ambientales. Una debilidad detectada en algunos casos es que el sitio web esté sólo disponible en el idioma local, lo que reduce el atractivo del parque para posibles inversores extranjeros.

En el Manual de Implementación para parques eco-Industriales de las Naciones Unidas (UNIDO, 2017) se señala que las experiencias internacionales demuestran que el éxito de los proyectos de polígonos eco-industriales depende de la disponibilidad de datos y de la buena disposición de las empresas para compartir información necesaria de manera transparente (y así poder detectar posibles conexiones entre ellas). Así como del registro de actuaciones y mejoras a lo largo del tiempo para dejar constancia del cumplimiento de unos indicadores, que deben haber sido seleccionados de manera adecuada.

Finalmente, es importante incorporar los términos de eco-eficiencia en todos los aspectos relacionados con los polígonos y que sea una tendencia común por parte de las empresas y con el apoyo de la administración en la planificación ambiental, en la incorporación de sistemas y herramientas de gestión ambiental y en la implantación de servicios medioambientales comunes de los que las empresas se puedan servir para reducir su huella sobre el entorno y aumentar su eficiencia.

INFRAESTRUCTURAS DE LOS POLÍGONOS CIRCULARES

Está claro que muchas de las iniciativas anteriores requieren cambios en la forma en que concebimos nuestros polígonos industriales. Requieren de nuevas infraestructuras, algunas tangibles y otras no. Las infraestructuras tangibles hacen referencia a las necesarias para la gestión de los recursos; las intangibles son de gobernanza, de facilitación. ¿Y qué tipo de instalaciones vamos a necesitar?

Instalaciones de energías renovables

La energía es uno de los recursos que más impactan en las cuentas de explotación de las empresas. La energía ha de proveer de fuentes 100% renovables de energía (térmica y eléctrica) y se ha de fomentar su uso eficiente en las empresas aprovechando todos aquellos recursos renovables disponibles en el territorio. Y no hay que olvidar que existen polígonos que necesitarían potencias eléctricas mayores, pero a costa de grandes inversiones que las compañías eléctricas les exigen y que podrían resolver con instalaciones de renovables.

Ejemplos de instalaciones de este tipo en España los tenemos en:

- Instalaciones de paneles fotovoltaicos, o captadores solares para agua caliente.
- Centrales de biomasa alimentadas con residuos de madera y poda.
- Plantas de cogeneración eléctrica.
- Digestores anaerobios para la transformación de residuos orgánicos en biogás.
- Redes de calor y frío.

Hay polígonos que aprovechan las zonas de aparcamiento cubiertas para instalar paneles fotovoltaicos para recarga de vehículos eléctricos (como en la Zona Franca de Barcelona), o ayudan a gestionar y asesoran a sus empresas en el uso de cubiertas de naves industriales para instalaciones de paneles fotovoltaicos, tanto para autoconsumo (como ocurre en los polígonos de Rubí, Barcelona) (Rubí Brilla, 2015), como para la implementación de «smart grids» o redes de energía compartida (comunidades de energía).

Las redes de calor y frío son siempre infraestructuras que fomentan un uso eficiente de los recursos del territorio, pero que requieren de un sofisticado sistema de gestión para atender a los múltiples participantes: donadores y tomadores de calor, inversores, usuarios, reguladores. Ponerlas en marcha es complicado y costoso, pero rentable (Sumeli-Anac, 2016). Además, atrae inversión ya que fuentes renovables (y económicas) de energía son un verdadero reclamo para empresas industriales en busca de ubicación. Por ejemplo, el TUB VERD de Mataró (Kuchinow, 2016; Alerm, 2012; Diaz Latorre, 2010), se provee del calor sobrante de la incineradora, así como de otras fuentes secundarias de calor de otras industrias con calor excedentario o el biogás de la digestión de fangos de la depuradora, y alimenta de agua caliente a las escuelas y centros públicos del municipio, así como a nuevas promociones de edificios de viviendas de inversores que han aprovechado este recurso disponible. ECOENERGIAS BARCELONA, la red de calor de la Zona Franca de Barcelona, (Kuchinow, 2016) quiere aprovechar el frío de la gasificación del gas natural en el Puerto de Barcelona para suministrar frío a las neveras del mercado central de abastos de Barcelona (Mercabarna). En definitiva,

son infraestructuras que proveen de energías renovables, aprovechan recursos sobrantes, atraen inversión y promueven la innovación.

Instalaciones para gestión inteligente de residuos/ recursos

Los residuos son, en la mayor parte de los polígonos industriales, un ejemplo de lo que es una gestión ineficiente. Lo normal es que cada empresa se los gestione de forma individual con la empresa gestora que le ofrece la mejor oferta, sin prestar mucha atención a su tratamiento y al aprovechamiento que se puede hacer de los mismos. Desde un punto de vista individual posiblemente sea de las pocas cosas que una empresa por su cuenta puedan hacer, pero eso no excluye el que se puedan llegar a hacer otras cosas que permitan un aprovechamiento óptimo. Y eso pasa, otra vez, por la colaboración empresarial.

Por ejemplo, hay una gran cantidad de residuos plásticos que las empresas generan que tienen un valor muy alto en el mercado, pero que se generan en cantidades demasiado pequeñas para que valga la pena plantear una recogida selectiva individual (es demasiado caro y los gestores no pueden hacer nada con tan poca cantidad). Pero, ¿y si se ponen en común todas esas «pequeñas» cantidades de residuos plásticos valorizables y se concentran de alguna manera? Es posible que entonces sí le interese a algún gestor e, incluso, sería posible que le interesara instalarse en el polígono para proveer de materiales plásticos recuperados a esas mismas empresas que han generado el residuo.

Ponerse de acuerdo entre los empresarios de un polígono para realizar recogidas selectivas por materiales es una de las oportunidades que una gestión «inteligente» de residuos ofrece. Todo ello unido a incorporación de tecnologías de sensores y monitorización. Para ello conviene disponer de centros de acopio/ aprovechamiento temporales/logísticos de residuos industriales, una especie de puntos verdes para empresas industriales. Y de datos sobre esos recursos que se necesitan, pero se tiran; datos bien gestionados y analizados en clave sistema que pueden ofrecer información muy valiosa de cara a oportunidades de valorización.

Todas las empresas tienen el «gran» contenedor del rechazo, el contenedor donde van a parar todo aquello que el gestor de residuos no nos paga por separar. En la gran mayoría de las empresas (pequeñas) este contendor contiene muchos embalajes (cartón, plásticos, flejes…). Imaginemos que se instala en un polígono un «punto verde industrial» que compra cartón con precios variables en función de la calidad con la que se suministre: solo ondulado plegado sin grapas ni etiquetas, ondulado plegado con grapas y etiquetas, cartón de todo tipo sin grapas, etc. Seguro habrá empresas que metan las cajas en el coche para pasar por el «punto verde» de camino a casa.

Iniciativas como recogidas mancomunadas de residuos orgánicos del proyecto «Eix Besos Circular» en los municipios de Badalona y Sant Adrià de Besós (Barcelona), la gestión conjunta de film agrícola de las empresas agroindustriales de la comarca del Berguedà (Barcelona) o plataformas de intercambios de materiales reutilizables como la Bolsa de Subproductos y Recursos de Catalunya, pueden necesitar de estas instalaciones.

No olvidemos que una infraestructura de este tipo permite, además, optimizar transportes, identificar oportunidades de valorización/reutilización, reduciendo costes administrativos y, en definitiva, obtener una valorización de calidad (Magrinyà, 2019).

Infraestructuras para el agua

El agua es el otro gran recurso ampliamente desperdiciado en áreas industriales y rurales, principalmente por su gestión enfocada al final de línea; y se trata del recurso más indispensable para la vida. Los polígonos industriales deberían disponer de los modelos de gestión del agua y de las infraestructuras que las acompañen para poder actuar de forma integral tanto sobre el suministro como sobre el consumo, tratamiento y reutilización:

- Redes de agua regenerada

  Tenemos depuradoras que ofrecen agua regenerada de una calidad excelente. No hay motivo para no crear redes para hacer llegar estas aguas a las industrias: plantas de hormigón, lavado y limpieza de equipos, riegos de zonas ajardinadas, etc., son aplicaciones perfectamente compatibles con la calidad de las aguas que salen de una estación depuradora. El municipio de Sabadell (Barcelona), a través de su compañía de aguas, tiene implementada una red de agua regenerada para riego de zonas verdes de la ciudad que están ampliando hasta zonas industriales/comerciales, con lo que el municipio dispone de más agua de boca para sus ciudadanos.

- Innovación en la redes de agua

  En depuradoras convencionales todas las aguas residuales se juntan en una misma instalación, independientemente de su calidad, lo que condena el agua a la calidad de la peor. Instalaciones depuradoras que pudieran gestionar flujos de agua en función de su calidad permitiría importantes ahorres de costes, algunos «in situ» o favoreciendo sinergias entre empresas. Es lo que llamamos depuración en «cascada». Instalaciones de este tipo requieren de sistemas de medición de calidades y gestión de la información recogida muy diferentes a los que ahora mismo tenemos y suponen un gran reto para la innovación en los sistemas de gestión actuales del agua. Resulta interesante analizarlo y tenerlo en cuenta.

En otros casos, como en el polígono El Congost de Granollers (Barcelona), se plantean necesidades de gestionar las aguas residuales cargadas de orgánicos: la mayoría de los consorcios de tratamiento de aguas imponen multas a las industrias que sobrepasen un determinado nivel de carga de orgánicos en las aguas que vierten a la red de aguas residuales. Las empresas para ello deben instalarse depuradoras en sus parcelas (si es que les cabe) para conseguir reducir esta carga; es decir, destruir la materia orgánica generalmente con tratamientos físico-químicos (más económicos y que necesitan menos espacio). ¿Por qué tenemos un sistema que permite destruir la materia orgánica de nuestras aguas residuales en lugar de aprovecharla para producir biogás, por ejemplo? Para ello es necesario una infraestructura especialmente diseñada para tal fin y puede que resulte muy complicado, pero como antes, conviene ir analizándolas porque en algunos lugares ya lo deben estar haciendo y puede que les haga ser más competitivos en un futuro próximo. Muchas ciudades de Estados Unidos hace muchos años que funcionan así: los ciudadanos vierten los restos de comida a un triturador instalado en el fregadero, la materia orgánica sólida se traslada por las redes de agua y se aprovecha conjuntamente con la orgánica propia de las aguas para producción de biogás.

Considerar a las estaciones depuradoras de aguas residuales (EDAR) bio-factorías es otra de las tendencias en la gestión «inteligente» y circular del recurso agua (Perero, 2019).

- Otras fuentes de provisión de agua

  Recoger agua de lluvia de las cubiertas de las naves industriales puede ser una inteligente solución a la falta de agua en determinados casos, ya sea como sinergia entre empresas o como un sistema conjunto del polígono (Scheerer, 2011). Por ejemplo, una empresa de lavado de camiones reduce el consumo de agua que obtiene de la red de agua potable del municipio al llegar a un acuerdo con empresas vecinas para comprarles el agua de lluvia que éstas recogen de sus cubiertas. Las infraestructuras aquí son muy sencillas.

La movilidad sostenible

Se trata de un problema muy extendido en las zonas industriales: el transporte de trabajadores y mercancías (GIZ, 2015). Continuamente van apareciendo nuevas alternativas de transporte que en muchos casos, para que se puedan aplicar en zonas como polígonos industriales, necesitan de infraestructuras que las alojen:

- Puntos de recarga para vehículos eléctricos (motos, coches, furgonetas de reparto…) muchas veces ligadas a instalaciones fotovoltaicas.
- Sistemas de transporte compartido: BusUp, Rideshare.
- Vehículos compartidos.
- Carriles bici.

Infraestructuras para la innovación

No todos los polígonos y áreas industriales pueden tener edificios con servicios compartidos para la innovación de las empresas, pero sin duda sería una inversión a largo plazo muy rentable. Compartir instalaciones como equipos básicos de tratamiento de materiales (trituradoras, prensas, mescladores…), impresoras 3D, servicios de acceso a información y expertos, etc. son necesidades a las que muchas veces no se tiene acceso (Barceló, 2016).

Pero el tema puede ir más allá, y disponer de sitios para hacer pruebas muchas veces es necesario y no se dispone. Hacer pruebas a escala real, en uso real, sin reglamentaciones que limiten precisamente lo que se pretende experimentar, «zonas francas» de experimentación, a veces es tan difícil como haber desarrollado el material a probar en sí. Pero resulta indispensable para desarrollar tecnología que nos permita demostrar que salir de este sistema lineal y centralizado es posible (saliendo de las reglas que lo rigen).

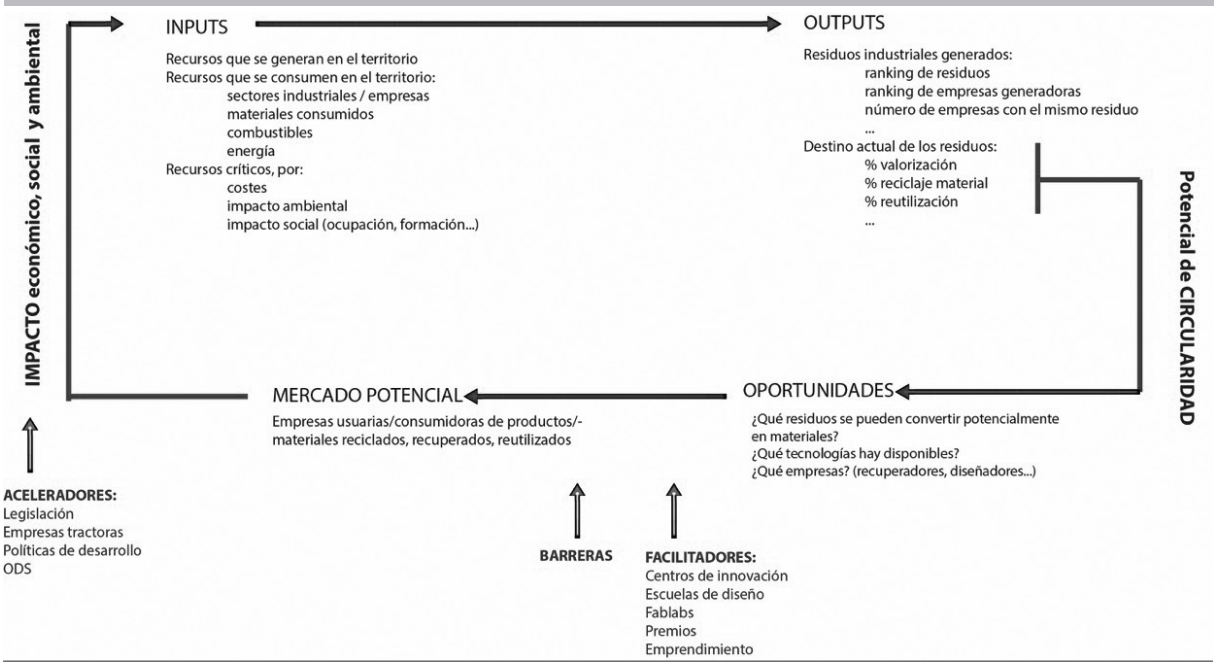
Infraestructuras intangibles

Como se ha puesto de manifiesto, la mayoría de las infraestructuras que necesitan, o necesitarán, los polígonos industriales para ser eficientes, sostenibles y que atraigan inversión caminando hacia una economía circular, requieren de la estrecha colaboración entre las empresas y de una importante labor de gestión del «bien común», del polígono y de sus empresas.

Estas entidades de gestión deberán facilitar la implementación de empresas con actividades económicas complementarias que añadan valor y refuercen el conjunto del polígono industrial, que a través de sus sinergias permitan crear nichos de mercado y ser un punto de **atracción para nuevos inversores**. Por ejemplo:

- Gracias al acuerdo alcanzado entre todos los generadores de aceite usado de Tijuana (México), se favorecer la inversión de una empresa interesada en la producción de biodiesel a partir de este aceite usado con una inversión de más de 0,5M €.
- Tierra Nitrógeno Ltd. (UK), productora internacional de nitrógeno y etanol, emitía a la atmósfera CO_2 y vapor residual. John Baarda Ltd. ha instalado un invernadero para el cultivo de 300.000 plantas de tomate utilizando todo el calor residual de Tierra Nitrógeno, generando 65 puestos de trabajo y una reducción de 12500 tCO_2/año emitidas a la atmósfera.

FIGURA 2
ANÁLISIS DEL ECOSISTEMA INDUSTRIAL. FLUJOS DE MATERIALES. OPORTUNIDADES



Fuente: elaboración propia.

Precisamente una de las grandes carencias de los polígonos industriales españoles es la falta de entidades gestoras de los mismos, unida a la falta de asociacionismo empresarial. En Catalunya tan sólo el 12,5% de los polígonos tiene una asociación de empresarios, y de éstas tan sólo una pequeña minoría dispone de entidades profesionales que los gestionen. Estas entidades son básicas para poder canalizar el proceso de modernización ecológica que requieren para ofrecer el marco de confianza necesario, la conexión comercial/de negocios entre las empresas de sectores diferentes, la información experta, las vías de financiación y las relaciones con terceros (incluida la administración).

Y VOLVEMOS A LA SIMBIOSIS INDUSTRIAL

Los proyectos de simbiosis industrial están jugando un gran papel en el territorio. Como se ha comentado anteriormente, la cooperación en simbiosis se enfoca en optimizar el uso de aquellos recursos que las compañías por si solas no utilizan internamente. Los proyectos de simbiosis industrial son FACILITADORES que, por un lado, identifican oportunidades en el «sistema industrial», en el territorio y, por otro, los hacen posible. Es como en un grupo de amigos que si se ven es porque siempre hay uno que llama y reserva el restaurante. Me gusta decir que los que nos dedicamos a la simbiosis industrial somos este amigo que llama.

Sería muy positivo que las entidades de gestión de polígonos industriales pudieran actuar de «facilitadores», ofreciendo gestión tradicional a la vez que se trabaja en nuevas oportunidades de negocio que requieren de la participación conjunta de empresas. El proyecto europeo INSIGHT (INSIGHT, 2020) está trabajando precisamente en diseñar el nuevo perfil profesional de «Facilitador de simbiosis industrial» (www.insight-erasmus.eu).

Los proyectos de simbiosis industrial son económicamente autosuficientes y se mantienen con parte de los beneficios que proporcionan a las empresas, pero necesitan de un periodo de arranque hasta llegar a esa situación que suele ser de unos 2-3 años. Es por ello que hasta la fecha han sido, generalmente, las administraciones públicas locales quienes se han hecho cargo del arranque de este tipo de proyectos (Kuchinow, 2017): departamentos municipales (y supramunicipales) de promoción económica, de empresa, de medio ambiente (o agrupaciones de todas ellas) están liderando proyectos de simbiosis industrial como un servicio hacia las empresas de sus territorios para contribuir a hacerlas más competitivas gestionando recursos no valorizados. Naturalmente trabajan estrechamente vinculadas a los empresarios idealmente a través de las entidades de gestión de sus asociaciones, para ceder totalmente su gestión finalizando la fase de implementación.

En este periodo de arranque se realiza básicamente (figura 2):

- Un estudio del ecosistema industrial en el cual se realiza un análisis de los flujos de materiales que entran y salen del sistema industrial calculando el potencial de crecimiento a través de oportunidades que se detectan al convertir residuos en

recursos a través de la simbiosis industrial (índice de circularidad). Y evaluando sus impactos ambientales, económicos y sociales.

- Trabajo con las empresas para confirmar las oportunidades, priorizarlas y facilitar las sinergias cuantificando impactos ambientales, económicos y sociales, y definiendo el plan de ruta de las acciones a realizar para continuar con el proyecto.

CONCLUSIONES

Como principal conclusión hay que resaltar que las oportunidades que la economía circular ofrece a las industrias, al tejido productivo, se tienen que ver en clave de sistema considerando a las empresas formando parte de un **ecosistema industrial** que pertenece a un determinado territorio: las empresas están relacionadas entre ellas compartiendo proyectos e infraestructuras comunes que permiten un uso eficiente de todos los recursos (incluidos los hasta ahora desechados), muchas veces en estrecha colaboración con el resto de entidades del territorio (municipios, agricultura, propietarios forestales, ciudadanos).

Para ello es crucial disponer de las entidades de gestión de estos espacios industriales que creen el marco de confianza necesario para poner en marcha los proyectos y las infraestructuras comunes que hacen posible tener un tejido industrial competitivo, innovador y adaptándose a la nueva era de la producción sostenible.

Trabajar en la gobernabilidad de los polígonos industriales, en la creación de este tipo de entidades de gestión, es invertir en una infraestructura básica que permitirá a nuestras empresas tener la oportunidad de jugar en un nuevo modelo económico cuyas reglas todavía no están muy bien definidas, pero que de bien seguro serán diferentes a las de ahora y estarán basadas en una mayor colaboración e interacción empresarial, y con una infraestructura (las entidades de gestión) que será clave en los polígonos industriales circulares.

REFERENCIAS

Alerm, Llorenç. 2012. Aprofitant cada engruna de calor: el tub verd de Mataró. Ciències, 22. Universitat Autònoma de Barcelona.

Barceló, Miquel; Brunet, Anna; Fuster, Enric; Cuscó, Eduard. 2016. Reflexiones para el diseño de iniciativas locales de impulso de I+D+I en los polígonos de actividad económica. Papeles del Pacto Industrial nº3. Pacte Industrial de la Regió Metropolitana de Barcelona.

Dias Latorre, Francisco. 2010. Climatización urbana en las ciudades españolas. Ed Española de Ciudades por el Clima.

FISSAC Project H2020. 2016. Identification of best practices and lessons learnt in industrial simbiosis.

INNVALLÈS (Plan de Especialización y Competitividad Territorial PECT). 2019. Municipios de Sabadell, Barberà del Vallès, Sant Quirze del Vallès i Castellar del Vallès, Barcelona

INSIGHT, Erasmus plus Project. 2020. Industrial simbiosis facilitator: key study base don current knowledge, skills and qualifications regarding industrial simbiosis.

Kuchinow, Verónica. 2017. La simbiosis industrial o como aplicar los conceptos de economía circular en un municipio (a través de su tejido productivo). Memoria socioeconómica de Barcelona. Consejo Económico y Social de Barcelona. Ayuntamiento de Barcelona.

GIZ (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbait). 2015. PLanning for sustainable industrial parks.

Kuchinow, Verónica; Lluís, Anna. 2016. Guía de iniciativas locales hacia la transición energética en los polígonos industriales. Cuaderno 14. Pacte Industrial de la Regió Metropolitana de Barcelona.

Lombardi, Rachel; Laybourn, Peter. 2012. Redefining Industrial Symbiosis. Journal of Industrial Ecology. Vol.16. Issue 1 pp 28-37

Magrinyà, Francesc; Kuchinow, Verónica; Santkovsky, Hèctor. 2019. Economía circular en el Área Metropolitana de Barcelona. Colección DREAN vol.2- AMB

Neves, Angela; Azevedo, Susana; Godina, Radu; Marias, Joao. 2020. A comprehensive review of industrial simbiosis. Journal of Cleaner Production. 247, 119113.10.1016

Perero, Eduardo. 2019. Agua y economía circular. Fundación Conama

RUBÍ BRILLA. 2015. Dosier Rubí Brilla. Ayuntamiento de Rubí (Barcelona).

SCALER Project H2020. 2020. Report industrial simbiosis best practices.

Scheerer, Jochen. 2011. Aprovechamiento de aguas pluviales. Diputación de Barcelona

Schotel, Simon. 2016. Circular economy in business parks: best practices and how to apply them. International Business & Management Studies. Cirkelab. The Netherlands

Surmeli-Anac, Nesen; Grözinger, Jan; van Tiburf, Juriaan; Offerman, Markus. 2016. Delivering the energy transition: what role for district energy. ECOFYS

UNIDO, 2017. Manual de implementación de parques eco-industriales.

WBCSD. 2000. Changing course: a global business perspective on development and the environment.

POLÍTICAS DE INNOVACIÓN DESDE LA DEMANDA PARA EL APOYO A LA TRANSICIÓN A ECOSISTEMAS INDUSTRIALES VERDES

MARÍA JOSÉ OSPINA FADUL
DIEGO MOÑUX CHÉRCOLES
SILO-*Science and Innovation Link Office*

Las políticas de innovación han perseguido el objetivo de apoyar los sistemas de I+D+i (desde lo local, nacional o incluso global) para generar innovaciones que faciliten el desarrollo social y económico, satisfagan las necesidades nacionales y locales y, recientemente, permitan solucionar los retos globales (Moñux, *et al*., 2016). Precisamente, uno de los principales retos a los que se enfrenta el mundo es la transición hacia una economía que permita

mantener un crecimiento tanto sostenido como sostenible.

Aunque conceptos y definiciones se han venido solapando —con algunos arguyendo que es la bioeconomía o la economía verde la que permitirá este crecimiento, y otros viéndolo como la economía circular entendida en un sentido más amplio— lo cierto es que la circularidad, la eficiencia en el aprovechamiento de los recursos y la reducción del impacto ambiental se han convertido en los imperativos que subyacen en las políticas no sólo de innovación, sino de desarrollo industrial de múltiples países. De hecho, alrededor de estos objetivos, países como España, Alemania, Estados Unidos, Argentina o Costa Rica han desarrollado políticas de bioeconomía y economía circular, siempre con un elemento en común: la importancia de la gestión de residuos y el reciclaje (un objetivo consistente en la agenda de todos estos países desde hace ya décadas).

La innovación juega un importante papel en todas y cada una de estas políticas en la medida en la que se requiere para transformar ecosistemas industriales maduros. Sobre lo que aún no hay consenso es sobre cuál es la combinación de instrumentos de apoyo a la innovación que se deben desplegar y combinar para lograr el engranaje de prácticas de reciclaje dentro de dichos ecosistemas, y el desarrollo de tecnologías que faciliten la gestión y reutilización de recursos. La variada combinación de políticas implementadas en los diferentes países es una clara muestra de esta situación.

En el presente artículo se realiza un recorrido por las tendencias de las políticas de innovación y sus cambios en los últimos años, haciendo hincapié en el origen de las políticas de muy alta direccionalidad y, puntualmente, en las políticas desde el lado de la demanda que se han venido consolidando dentro del *policy mix* durante los últimos años. Posteriormente, se introduce el concepto de ecosiste-

ma industrial y se estudian los diferentes factores que influyen en la transición de estos ecosistemas hacia ecosistemas verdes, prestando especial atención al caso de la gestión de residuos y el reciclaje. Por último, se examinan las ventajas de las políticas de innovación desde la demanda para apoyar esta transición, y se concluye con algunas recomendaciones para facilitar su integración en las políticas de crecimiento verde, en particular en el aspecto de gestión y reutilización de residuos de diferentes países.

EL CAMBIO EN EL PARADIGMA DE LAS POLÍTICAS DE APOYO A LA INNOVACIÓN

Los cambios en las políticas de innovación han seguido, como era de esperar, los cambios en la motivación última que los gobiernos esperan de ella. En este sentido, los cambios acelerados que se han visto en las últimas décadas en cuanto a las políticas e instrumentos de innovación se relacionan precisamente con objetivos nuevos para la innovación, que van más allá del crecimiento económico en general, si bien la competitividad sigue siendo una de las principales justificaciones de los gobiernos para apoyar la I+D+i.

De acuerdo con Schot (2018), el cambio del paradigma de las políticas de innovación se da en tres marcos consecutivos —aunque se solapen— en cuanto a la utilización de instrumentos específicos de apoyo a la innovación y que se definen principalmente por los cambios en la respuesta a la pregunta sobre el objetivo final de la innovación: la innovación para el crecimiento económico (Marco I), la innovación para la competitividad (Marco II) y la innovación para la consecución de objetivos sociales y económicos globales (Marco III), que el autor etiqueta como innovación transformativa. Cabe resaltar que, si bien es cierto que cada uno de estos marcos se caracteriza por diferentes *rationales* de políticas que se corresponden, a su vez, con conjuntos diferenciados de instrumentos de política, estos conjuntos se superponen. No obstante, estos marcos se pueden caracterizar por una mayor concentración en algunos instrumentos o por el surgimiento de nuevos instrumentos, como se explica a continuación.

En el Marco I, que surge después de la Segunda Guerra Mundial, el descubrimiento y la invención, resultados de los procesos de innovación, son considerados como un bien público (con externalidades positivas) a los que es difícil llegar por los fallos de mercado. En este marco se fortaleció el uso de diversos instrumentos de política destinados a estimular la I+D empresarial a través de convocatorias de ayudas directas y el tratamiento fiscal favorable entre otros, con especificaciones que pretendían garantizar que esta inversión fluiría a actividades de innovación (idealmente con efectos de adicionalidad(1)) o que el alivio fiscal fuera un incentivo para las empresas innovadoras, intentado así contrarrestar los desincentivos de los fallos de mercado inherentes a los procesos de I+D+i.

El Marco II surge durante la década de los 80s, cuando la convergencia entre países de ingresos más altos y bajos estaba ocurriendo a un ritmo mucho más lento del previsto por los modelos económicos. En este marco, la intervención de los gobiernos sobre los procesos de innovación a nivel de empresa se justificó principalmente en el sentido de que buscaba influir en el cambio tecnológico, que se reconoce entonces como acumulativo y dependiente de la senda de desarrollo de cada país, así como porque buscaba ayudar a construir un sistema nacional de innovación que preservara o expandiera la ventaja competitiva de las empresas nacionales. En este escenario, el principal objetivo es el fortalecimiento de la coordinación entre los actores dentro del sistema de innovación, que derivaría en la introducción de la Triple Hélice. En este contexto, gran parte de los instrumentos de políticas se centran en la educación y la capacitación de la fuerza laboral de cara a su participación en procesos más complejos y fundamentalmente multi-agente, así como los instrumentos que apuntan a mejorar la coordinación y la alineación entre los diferentes actores en los sistemas de innovación.

El Marco III se ha venido consolidando en la última década y se dirige al cambio transformador de los sistemas de innovación que se plantean en el Marco II. Los defensores de este marco argumentan que la transformación profunda de los sistemas sociotécnicos es necesaria para lograr cualquier transformación real de los sistemas de energía, movilidad, alimentos, agua, salud y comunicación, esqueleto de las sociedades modernas y objetivo de las agendas trasnacionales como el Acuerdo de París y los Objetivos de Desarrollo Sostenibles (ODS).

Los instrumentos de política que apoyan el cambio transformador de los sistemas de innovación comienzan con el reconocimiento de cuatro tipos de fallos que se dan en las siguientes dimensiones: direccionalidad (falta de medios para tomar decisiones de alto impacto social sobre vías alternativas de desarrollo); coordinación de políticas (falta de capacidad para coordinar horizontalmente políticas que afectan varios dominios o ámbitos sectoriales como la salud, el transporte, la energía, la alimentación y la agricultura); articulación de demanda y oferta (tanto en mercados en transición como en mercados tradicionales en los que se pueden dar innovaciones incrementales); y reflexividad entendida en sentido amplio (relacionada con la necesidad y la dificultad de monitorear, anticipar e involucrar a todos los actores en el proceso de autogobierno del cambio transformador). A continuación, se explican en mayor detalle los instrumentos que han surgido o se han consolidado en este marco y que pueden estar relacionados desde diferentes puntos de vista con la transición a ecosistemas industriales.

Instrumentos de apoyo a la innovación en el marco del cambio transformador

Una de las principales consecuencias del nuevo Marco para la innovación, relacionado al menos con la dimensión coordinación de políticas y la de reflexividad, es el surgimiento del movimiento de Investigación e Innovación Responsables (RRI, de sus siglas en inglés), un término acuñado en los 2000s que ha empezado a permear las políticas de innovación a nivel mundial. Más que un paradigma, el RRI puede entenderse como un nuevo entendimiento de las diferentes condiciones que rodean los procesos de investigación e innovación y de su relevancia a la hora de evaluar el éxito de la innovación. Así, los procesos de innovación se valoran no solo por los resultados que tiene en cuanto a los objetivos impuestos (por ejemplo, si se logra **x** o **y** misión), sino por el impacto de estos procesos de innovación en diversas dimensiones (ambiental, social, etc.), así como por las características del proceso de innovación como tal (actores que se incluyen, agendas de política adicionales que se tienen en cuenta, etc.) (Comisión Europea, 2014).

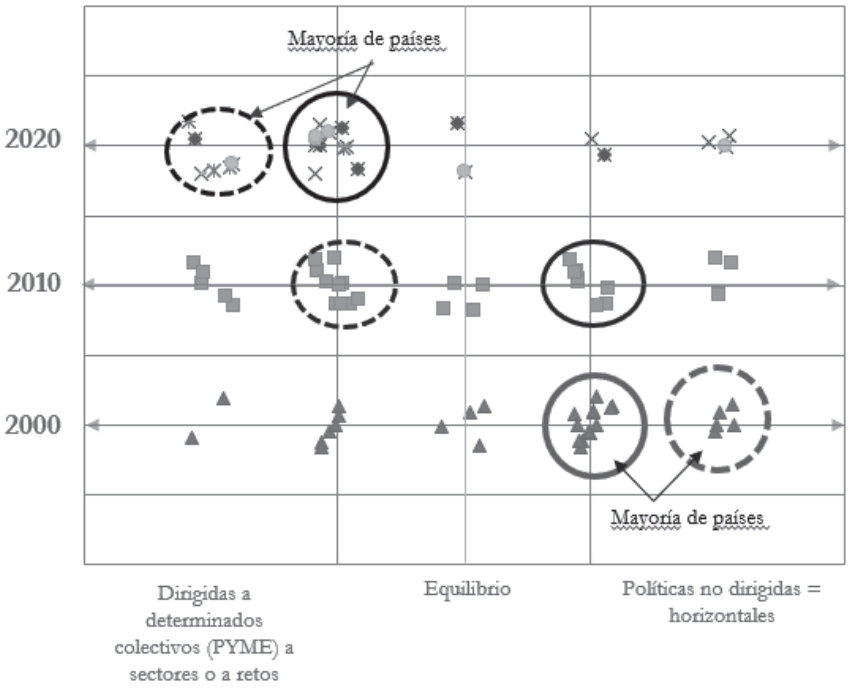
Una consecuencia de este movimiento ha sido la inclusión de nuevos actores, diferentes a las grandes empresas, las universidades y los centros tecnológicos, como público objetivo de los instrumentos clásicos de apoyo a la innovación, dentro del *mix* de políticas (Fundación Bancaria Caixa Estalvis i Pensions Barcelona, la Caixa, s.f.). En particular, uno de los rasgos característicos de los instrumentos surgidos en este contexto es el tener al usuario final de los bienes o servicios innovadores en el centro del proceso de I+D+i, lo que lo conecta con el concepeto de innovación basada en el usuario (Von Hippel, 2005). Algunos de los mecanismos que apoyan los procesos de innovación interactivos y con participación central del usuario final incluyen los hackatones, que son jornadas que sirve para construir una solución de forma colaborativa mediante la convocatoria de equipos multidisciplinares poniendo a su disposición distintas bases de datos, y los Living Labs, en donde los usuarios son cocreadores en el proceso de desarrollo. Otros enfoques que han surgido dentro de las políticas de apoyo a la innovación como el *grass-roots innovation* ha empujado al gobierno al apoyo a o la creación directa de plataformas digitales y otras TICS que faciliten el empoderamiento de un espectro lo más amplio posible de usuarios finales en los procesos de innovación. Este modelo ha sido adoptado por gobiernos en la priorización y desarrollo de sus prioridades para la innovación en servicios públicos (Independent High-Level Group of Innovators for the EC, 2018) (por ejemplo a través de plataformas como *YouGov*), como por empresas privadas que «cosechan» ideas para el desarrollo de nuevos productos y servicios (como es el caso del exitoso *Lego Ideas Site*). De hecho, dentro de las políticas europeas se establece como objetivo transversal la interacción permanente entre policy-makers y los demás actores de la sociedad para identificar retos significativos que se pueden resolver mediante la innovación (Comisión Europea, 2017).

Otro de los cambios en los objetivos e instrumentos de apoyo a la innovación que vienen con el Marco II y que relacionan con las cuatro dimensiones anteriormente mencionadas es que la innovación se ha empezado a ver como un vehículo para lograr misiones en el marco de grandes retos socioeconómicos de alcance internacional. Las misiones se refieren a problemas específicos (por ejemplo, la reducción de emisiones de carbono en un porcentaje dado entre uno y otro año) dentro de un reto amplio (como es mitigar el cambio climático). Este enfoque para apoyar la innovación, que se utilizan en Defensa desde hace décadas, ha consolidado su protagonismo dentro de las políticas de innovación a nivel nacional (Mazzucato, 2017). En este contexto las misiones se entienden como grandes retos, con alta relevancia social y económica, que son: i) medibles (tienen una meta claramente identificada en términos binarios o cuantitativos); ii) ambiciosos pero alcanzables en el medio plazo; iii) requieren I+D+i para ser resueltos, por lo que no es claro cuál es la mejor solución para los mismos; y iv) son por naturaleza intersectoriales e interdisciplinarios, y requieren la participación de múltiples actores de la cuádruple hélice (Mazzucato, 2018). Este objetivo central para la innovación está ganando fuerza no solo como eje central del próximo Programa Marco de la Unión Europea (Horizonte Europa), sino también como uno de los enfoques más consistentes con la Agenda de Desarrollo Sostenible (UNCTAD, 2017).

De forma paralela, la innovación ha ganado imagen como instrumento efectivo para lograr no solamente retos sociales y globales sino, en particular, retos del gobierno relacionados con la eficiencia en el gasto gubernamental y una mejor prestación de los servicios públicos. Esto, a su vez, coincide con el paradigma de búsqueda de transparencia, eficiencia y *accountability* en el gasto público que ha surgido como consecuencia de la crisis financiera a nivel mundial y del surgimiento de ciudadanos más informados y empoderados. También ha llevado a que, en el marco de este nuevo objetivo de la innovación, los instrumentos de fomento vayan cada vez más dirigidos no solo a sectores específicos (salud, agro, etc.), sino a problemas específicos del sector público en cada uno de esos sectores (por ejemplo, desarrollo de tecnologías de diagnóstico con nuevas característica o mecanismos de vigilancia de los cultivos que sean más eficientes).

El surgimiento de las misiones, así como la creciente importancia de la innovación para solucionar retos del gobierno, han contribuido a que los instrumentos de apoyo tengan cada vez un mayor componente de direccionalidad (primera dimensión de los fallos del Marco III). Así, la proporción de instrumen-

FIGURA 1
PAÍSES INCORPORANDO DIFERENTES NIVELES DE DIRECCIONALIDAD DENTRO DE SUS POLÍTICAS DE APOYO A LA INNOVACIÓN



Fuente: Adaptación de OECD (2012).

tos horizontales de apoyo a la innovación, tanto en cuanto al público objetivo al que se dirigen como al tipo de innovación que se favorece, ha venido decayendo en las últimas décadas (figura 1).

Los instrumentos que se han desarrollado en el marco de este giro hacia una mayor direccionalidad incluyen ayudas para la innovación a manos de agentes específicos (que suelen ser PYMEs), y ayudas dirigidas a sectores o incluso a soluciones específicas. Precisamente, en el desarrollo e implementación de estos instrumentos, y teniendo en cuenta los problemas de articulación de oferta y demanda de innovación que se pretende corregir en el Marco III, también se le ha venido dando más fuerza a los instrumentos de apoyo a la innovación desde la demanda dentro del *policy mix*. Unos instrumentos que, como se argumentará posteriormente, pueden tener un gran potencial para contribuir a la transición de ecosistemas industriales.

El creciente protagonismo de los instrumentos de apoyo desde la demanda

Los instrumentos de apoyo a la innovación desde la demanda contribuyen a inducir y/o a difundir la innovación a través de diferentes vías que incluyen el aumento de la demanda directa por innovación, la definición de nuevos requisitos funcionales para bienes y servicios, y la inclusión de los usuarios finales en los procesos de I+D+i.

La agrupación de instrumentos que se ubican en el lado de la demanda y en el lado de la oferta puede responder a diferentes taxonomías. Edler (2013) tiene en cuenta tres categorías de instrumentos desde el lado de la demanda: una de instrumentos orientados a la demanda privada, otra de instrumentos orientados a la demanda pública, y una última de instrumentos que pueden aplicarse a ambos tipos de demanda, como se evidencia en la figura 2:

- **Regulación**. Dentro de esta categoría se incluyen las regulaciones que afectan directamente la demanda por bienes y servicios innovadores. Por ejemplo, la utilización de estándares para modificar la demanda tanto pública como privada que puede incluso generar nuevos mercados. También incluye instrumentos de experimentación para reducir el riesgo regulatorio y de operación como los *sandbox* (2) y *testbeds* (3) (Nesta, 2019).
- **Compra pública de innovación (CPI)**. Mediante este instrumento una entidad pública realiza un pedido de un producto (bien o servicio) que no existe en ese momento, pero que podría desarrollarse dentro de un período razonable. La compra publica de innovación se puede dividir en dos categorías dependiendo del nivel de madurez tecnológica (4) en el que se encuentre el bien o servicio que se quiere adquirir: la compra pública pre-comercial incluye las soluciones que se encuentran en los

FIGURA 2
INSTRUMENTOS DE APOYO A LA INNOVACIÓN.



Fuente: Adaptación de Edler (2013).

primeros niveles de alistamiento (normalmente menor a 4), mientras que la compra pública de tecnología innovadora se hace cuando los bienes y servicios tienen estudios de desarrollo superior a 4. En este sentido, la compra pública de innovación es diferente de la adquisición «regular», que ocurre cuando las agencias públicas compran productos ya disponibles en el mercado, sin incurrir así en riesgo tecnológico.

- **Apoyo a la demanda privada**. Dentro de esta categoría se incluyen instrumentos que apoyan de forma directa la demanda privada por bienes y servicios innovadores a través de subsidios o incentivos fiscales, campañas de sensibilización, articulación de la demanda, fomento de la interacción entre potenciales proveedores y compradores, y compras catalíticas. Esta última modalidad es un tipo de compra pública de innovación en la que una entidad pública firma un contrato para el desarrollo y/o la adquisición de un bien y servicio que no se encuentra en el mercado para ponerlo a disposición de un tercero que puede a su vez ser público o privado.

Cabe resaltar que, como consecuencia de la introducción de este tipo de instrumentos dentro del *policy mix* de diferentes países, y porque su aplicación se da en campos específicos y no de forma horizontal, han venido también retos importantes en la aplicación de estas políticas. Por ejemplo, las entidades públicas que no tienen dentro de su agenda principal el apoyo a la innovación son las que mayor importancia han venido adquiriendo. Por ejemplo, entidades encargadas de las políticas de educación o salud, o también entidades transversales como las entidades regulatorias en sectores como las finanzas, la movilidad, las telecomunicaciones o la energía.

A este papel fortalecido de los agentes públicos de diferentes ámbitos también contribuye el giro hacia las políticas de innovación con un mayor componente de direccionalidad en general. Una vez los objetivos de innovación se enmarcan en ámbitos sectoriales específicos, como es el caso de las metas de las futuras misiones del programa Horizonte Europa 2021-2027, o los Objetivos de Desarrollo Sostenible, tanto los ministerios sectoriales (agricultura, educación, etc.) como las entidades transversales (por ejemplo, en el ámbito de la regulación) juegan un papel determinante en las posibilidades de innovación y de transformación del sector en cuestión.

Esto ha demandado una mayor coordinación entre diferentes administraciones para la puesta en marcha de estas políticas pero, también, ha contribuido a que exista una mayor disponibilidad de financiación para las actividades de innovación a través de fondos sectoriales que competen a las entidades prestadoras de los servicios (en los ámbitos de salud, seguridad y defensa, etc.). Por la misma vía, estas acciones coordinadas han favorecido que los impactos de las políticas de innovación se vean cada vez más reflejados no sólo en indicadores tradicionales del desempeño en I+D+i (como patentes), sino en indicadores de transformación propios de cada sector y, cómo no, de diferentes ecosistemas industriales.

ECOSISTEMAS INDUSTRIALES Y SUS TRANSICIONES

El estudio del «sector industrial», la unidad de análisis más tradicional y para la que hay datos disponibles, se está volviendo aún más inadecuada para comprender la producción en un mundo globalizado como el actual. De hecho, el surgimiento de cuentas satélite dentro de los sistemas estadísticos de diversos países para medir actividades en biotecnología, bioeconomía y nanotecnología, entre otros, pone de manifiesto que cada vez las casillas en las que se estudiaba anteriormente la economía ya no coinciden con las redes de producción interregionales, intersectoriales e infinitamente conectadas que sostienen la economía mundial.

De acuerdo con Andreoni (2018), esto se debe a múltiples razones que incluyen: (i) la creciente desintegración vertical de los sectores industriales y la «modularización» relacionada de los procesos de producción a nivel global; (ii) la difuminación de los límites sectoriales, relacionada con el uso extensivo de tecnologías transversales como las TICs y la nanotecnología; (iii) la aparición de cadenas de valor regionales/globales y la consolidación de empresas multinacionales que orquestan cadenas de suministro complejas; (iv) la diversificación y especialización de empresas en segmentos de productos muy diferentes y específicos de la tecnología (productos intermedios y finales) dentro de los mismos sectores; y (v) la creciente complejidad de los productos y su transformación en «sistemas de productos» que integran múltiples componentes, tecnologías e incluso servicios.

En este escenario, y con las limitaciones en cuanto a fuentes estadísticas que estos cambios implican, durante las últimas tres décadas los economistas han adoptado una serie de marcos alternativos para aproximarse a los «sistemas de producción globales», a saber, aquellos que incluyen redes de producción que atraviesan tanto fronteras nacionales y regionales como sectoriales. En particular, el concepto de cadena de valor global (CVG) se ha adoptado cada vez más para analizar la gobernanza y la distribución de funciones (o tareas) de producción entre las diferentes unidades de producción en red ubicadas en diferentes países (estructura organizativa de varios niveles) (Andreoni, 2018) y se correspondería, en gran medida, con un ecosistema industrial global (The Economist, 2018a)

Los ecosistemas industriales, una analogía derivada del estudio de los ecosistemas naturales (National Academy of Engineering, 1994), son sistemas de producción altamente complejos que abarcan diferentes sectores económicos y cuyas organizaciones operan en la interfaz global/local (teniendo así efectos relevantes en diferentes ámbitos locales de manera simultánea) como parte de las redes de producción, creación de conocimiento y flujos de recursos (Adner & Kapoor, 2010). El estudio de los ecosistemas industriales en su dimensión global (GVC) y local (principalmente relacionada con los sistemas de innovación) ha permitido superar los límites de la investigación por sectores industriales, permitiendo de esta forma que se comprendan más a fondo la complementariedad en la creación de valor agregado, la interconexión de diferentes sectores en la producción de determinados bienes y servicios de alta complejidad, y el papel de las tecnologías en la consolidación de redes de empresas multinacionales (Brusoni & Prencipe, 2011).

Si bien para para su estudio los diferentes los ecosistemas industriales podrían dividirse en diferentes módulos en función de algún criterio (por ejemplo, dependiendo la zona geográfica en la que se llevan a cabo las actividades de producción o en función del sector industrial principal), esta división artificial limita en gran medida lo que se puede entender de la dinámica real de estos ecosistemas que son inevitablemente multinivel y multi-agente. Por este motivo, el estudio de estos ecosistemas se da principalmente en dos dimensiones que son trasversales a los diferentes módulos que podrían establecerse. Por una parte, está la dimensión de creación, captura y distribución de valor y, por otro lado, la dimensión de la utilización de tecnologías transversales o de propósito general. Estas son las dimensiones en las que se puede fundamentar un estudio de la transición de un ecosistema industrial.

CÓMO CAMBIAN LOS ECOSISTEMAS INDUSTRIALES

Así como los ecosistemas en la naturaleza, la arquitectura de los ecosistemas industriales cambia continuamente como resultado de la dinámica evolutiva de emergencia, declive y transformación (Andreoni, 2018). La transformación de los ecosistemas industriales puede ser desde cero hacia un ecosistema completamente nuevo, por ejemplo, en la dimensión de generación de valor este nuevo ecosistema puede responder al surgimiento de organizaciones en un lugar determinado que lo generan a partir de nuevos bienes y servicios. En la dimensión de tecnologías de propósito transversal se puede tratar del surgimiento de una tecnología completamente nueva con un abanico inmenso de posibilidades en cuanto a creación de mercados. El surgimiento de nuevos ecosistemas está por ende relacionado con cambios disruptivos en las estructuras tecnológicas, de consumo y de producción, propios de las dinámicas de innovación disruptiva en su sentido más puro.

La transición de ecosistemas ya existentes hacia una nueva forma de relacionamiento entre agentes, hacia el desarrollo de nuevas cadenas de generación de valor, etc., por otro lado, es un proceso bastante más común que es el resultado de la adaptación, evolución y transformación de un ecosistema previo en respuesta a condiciones cambiantes como la presión competitiva (por ejemplo, de utilización de mecanismos de producción más eficiente, en la dimensión de las tecnologías trans-

versales) o como nuevas demandas del mercado (un aspecto relacionado con la definición del valor) (Andreoni, 2018). Por la cantidad de factores que pueden influir en estas dos dimensiones es más que claro que estas transiciones se pueden dar de manera fortuita o accidental pero, también, pueden ser incitadas por los gobiernos que vean en estas transiciones el potencial para la consecución de múltiples posibles objetivos de política como la competitividad. Precisamente dentro de las diferentes transiciones que puede atravesar cada ecosistema, la transición hacia ecosistemas industriales más verdes o sostenibles es sin duda alguna una de las principales prioridades agenda política de prácticamente todos los gobiernos.

Transición hacia los ecosistemas industriales verdes y el caso particular de la gestión y reutilización de residuos

De acuerdo con la definición de la UNEP (2011) sobre las industrias verdes, las características de un ecosistema sostenible incluirían: i) el desarrollo y venta de productos, soluciones o tecnologías que reducen las emisiones de carbono y la contaminación; ii) un funcionamiento interno que evita la pérdida de biodiversidad y servicios ecosistémicos; y iii) una organización que mejore la eficiencia energética y de recursos. En este sentido, el reciclaje y la reutilización constituyen un elemento clave de los ecosistemas sostenibles tanto en la dimensión de generación de valor (nuevo valor se genera a partir del desperdicio), como en la utilización de tecnología de propósito transversal (que son las que habilitan, en la mayor parte de los casos, el cierre de la brecha para generar este valor).

Teniendo en cuenta el origen del concepto de ecosistemas industriales, la transición hacia ecosistemas verdes y sostenibles parecería ser algo natural, en particular en lo que se refiere a la eficiencia energética y de recursos. En los ecosistemas verdes lo que pareciera ser el desperdicio de un organismo es, en verdad, insumo o directamente valor para otro. El reciclaje, nuevamente, es en este contexto un fenómeno que se da naturalmente. Sin embargo, existe consenso y preocupación sobre el hecho de que la transición hacia ecosistemas industriales verdes ha venido dándose a una velocidad bastante inferior a la que se esperaría. Justamente, las cifras de reciclaje y reutilización son evidencia de esto: en el año 2018 el 37% de los residuos sólidos se destinaba a vertederos en todo el mundo, el 33% a vertederos abiertos y el 11% a incineradores. Algunos van a los montones de compost. En total, solo el 13% de los residuos sólidos municipales se recicla a nivel mundial (The Economist, 2018b).

Esto ha forzado a los gobiernos a reflexionar sobre las diferentes maneras de incentivar esta transición sin entrar en conflicto con otros objetivos de política (crecimiento económico, equidad, seguridad, etc.). En cuanto al caso particular del reciclaje, si bien no se trata de un concepto nuevo (se remonta a la década de 1920, pero la actividad es tan antigua como la humanidad), a medida que la variedad de materiales producidos por la economía moderna ha aumentado, también lo han hecho los intentos de reutilizar cada vez más (The Economist, 2018c). En este sentido, la preocupación de los gobiernos se ha girado hacia los diferentes factores que pueden estar obstaculizando esta transición que, desde diferentes puntos de vista, parecería ser casi natural. En otras palabras, cuáles son los elementos que ralentizan la evolución o surgimiento de empresas que sean las transformadoras del desperdicio de otras entidades. Aunque estas barreras se pueden dar frente a temas como el reciclaje con técnicas tradicionales, por obvias razones en el análisis a continuación nos concentramos en el tipo de obstáculos que se presentan a para una transición basada en la innovación (entendida en sentido amplio, es decir, innovación en el desarrollo de bienes y servicios, así como innovación en las formas de organización y comunicación entre los diferentes módulos).

Como afirman Doussard y Schrock (2015), este tipo de «renovación innovadora» de un ecosistema industrial (en particular, de uno con cierto nivel de madurez) es un proceso complejo de transformación, más allá de la simple dinámica del surgimiento de nuevos agentes y el declive de otros. Sin embargo, es posible describir algunos obstáculos comunes a la transición que se ven además inscritos en las dos dimensiones estructurales que constituyen la arquitectura del ecosistema industrial, como se ha propuesto antes: la generación de valor (puntualmente obstáculos hacia la reconfiguración del valor y de la forma en la que se produce entre módulos interconectados) y la adopción o evolución de las plataformas tecnológicas presentes en cada ecosistema.

En cuanto a la generación de valor, uno de los principales retos para la transición hacia un ecosistema más sostenible o verde puede encontrarse en el tipo de capacidades de producción que se requieren para los procesos de reutilización. En el marco del análisis de cadena de valor globales se enfatiza que las compañías y los sistemas de producción locales exitosos tienden a especializarse en tareas o componentes de producción específicos, buscando «nichos de alto valor», y evitan ubicarse en sectores industriales integrados verticalmente o bloques de industrias que les impliquen una alta dependencia de otras entidades. Sin embargo, para llegar a estos nichos, las empresas a menudo requieren capacidades de producción complementarias que atraviesan múltiples etapas de la cadena de valor y diferentes dominios tecnológicos. Esto es bastante más complejo en el caso de productos o componentes de alta tecnología, que puede ser el caso de subproductos a partir de desechos (Andreoni, 2018).

También existen barreras de información en el ecosistema que limitan la capacidad de diferentes empresas de explotar realmente el valor de los desper-

dicios. Efectivamente, los datos disponibles para comenzar a evaluar el potencial de recuperación de subproductos de los desechos son escasos y de baja calidad. Esto es particularmente problemático si se tienen en cuenta que el valor potencial del material recuperable en el flujo de desechos aumenta con la concentración de estos (es el caso, por ejemplo, de las biorrefinerías). Así, para poder escalar la producción es necesario contar con información que permita hacer previsiones acertadas sobre los flujos de residuos a los que se puede acceder en cada momento del tiempo.

En relación con lo anterior, otra barrera puede ser el papel más importante que necesariamente juegan los gobiernos en ecosistemas más verdes y sostenibles especialmente en cuanto al marco regulatorio que define el funcionamiento de estos ecosistemas. Los aranceles comerciales pueden frenar el intercambio y flujo, muchas veces necesario, de chatarra y residuos, mientras que las regulaciones para el manejo de estos son necesarias y delicadas por diversos motivos, pero pueden ser poco claras. Además, cuando es momento de reformarlas, las autoridades se ven enfrentadas con decisiones difíciles sobre el grado los perjuicios que pueden causar a diferentes grupos de poder y a empresas que forman parte importante de los ecosistemas industriales más maduros (The Economist, 2018c). En muchos casos, incluso las mismas agencias públicas que juegan un papel importante en el manejo de residuos ven amenazadas sus prácticas y protocolos tradicionales en los escenarios de transición: esta resistencia al cambio desde el mismo sector público es una de las principales barreras a la introducción de prácticas de generación de valor a partir del reciclaje (Observatory of Public Sector Innovation, 2017).

Dentro de la dimensión de generación de valor, otro de los principales obstáculos se relaciona con la definición de valor como tal. Incluso cuando se hayan superado las barreras relacionadas con la tecnología para la transformación de desperdicio en nuevos bienes y servicios, el principal incentivo para que las empresas se reconfiguren para escalar la producción es la existencia de un mercado confiable para los nuevos productos: la generación de valor es solo posible si existen consumidores que valoran el producto final. El ejemplo de la industria automotriz es evidencia de la importancia de los mercados para la transición hacia ecosistemas que se fundamenten en la reutilización. La industria del automóvil tiene componentes reciclados desde hace mucho tiempo, como motores de arranque y alternadores, porque tienen un alto valor económico o, lo que es lo mismo, una demanda relevante. Tanto es así, que el 75% del peso de un automóvil se recicla en la actualidad y no es el resultado de ningún mandato para reciclar partes de automóviles, sino que ocurre porque hay un mercado sólido para el material reciclado y para los componentes y piezas restaurados (National Academy of Engineering, 1994).

En el ámbito de las plataformas tecnológicas, las barreras a la transición se presentan tanto en el desarrollo de nuevas tecnologías como en su difusión y adaptación en diferentes ecosistemas industriales. En el desarrollo de nuevas tecnologías, más allá de la incertidumbre tecnológica, que es una barrera común en todos los procesos de I+D+i, la principal barrera en cuanto a la reutilización de residuos ha sido el coste de desarrollo, la adopción de estas tecnologías y la forma en la que estos costes se traducen al coste final de los subproductos generados. Estos costes han evitado que se consolide una demanda por este tipo de productos frente a la demanda de productos de un solo uso. En comparación con materiales menos heterogéneos como papel, vidrio o incluso metales, el caso de los plásticos es ilustrativo: el problema fundamental continúa siendo que cientos de polímeros que vemos cotidianamente son increíblemente baratos de fabricar a partir del petróleo, mientras que son comparativamente costosos de extraer de la corriente de residuos. La ausencia de tecnologías que permitan revertir esta situación ha mantenido a los plásticos atrapados en el ciclo de baja demanda, baja inversión y bajo suministro.

Incluso cuando se han desarrollado tecnologías que permiten una producción más eficiente y menos costosa a partir de residuos, los obstáculos a la difusión tecnológica dificultan también la transición de ecosistemas hacia la sostenibilidad. A pesar de que las tecnologías de uso transversal desarrolladas en los últimos años tienen un potencial enorme para cambiar los procesos de producción y la competitividad de las empresas, existe una gran incertidumbre sobre el tiempo que tardará la difusión de estas invenciones hacia diferentes eslabones de las cadenas de producción y, también, entre diferentes ecosistemas (OCDE, 2017). Estas barreras se agudizan en el escenario de ecosistemas industriales globalizados ya que la complejidad para la transferencia de conocimiento y el aprendizaje aumenta no solo con la distancia geográfica, sino con la distancia cognitiva. Es decir, esta distancia se profundiza cuando se trata de empresas que difieren profundamente en cuando a calificaciones del capital humano (Nooteboom, 2000). Por supuesto, empeora aún más la transferencia en ecosistemas industriales que integran empresas en muy diferentes contextos socioeconómicos: en gran parte del mundo las empresas operan muy lejos de la frontera tecnológica, sino que, además, tienen como principal limitante para su avance en este sentido el acceso y adopción de tecnologías que ya existen (Martí & Comin, 2013).

A modo de resumen, la tabla 1 presenta un resumen de las barreras a la transición de los ecosistemas hacia ecosistemas verdad a través del reciclaje y la reutilización.

En la siguiente sección se explora las formas en las que la aplicación de las políticas de innovación

TABLA 1
RESUMEN DE LAS BARRERAS A LA TRANSICIÓN DE LOS ECOSISTEMAS HACIA ECOSISTEMAS VERDAD A TRAVÉS DEL RECICLAJE Y LA REUTILIZACIÓN

Resumen de barreras	Definición
Necesidad de capacidades de producción complementarias	Puede ser difícil encontrar y coordinar diversas capacidades complementarias a través de las múltiples etapas de la cadena de valor y diferentes dominios tecnológicos.
Baja calidad y disponibilidad información	Limitan la capacidad de diferentes empresas de hacer previsiones y explotar el valor de los desperdicios.
Papel protagonista del gobierno	Regulación compleja y ralentizada que define el funcionamiento de los ecosistemas en transición.
Inexistencia de un mercado confiable	Incentivo indispensable para el surgimiento y consolidación de nuevas empresas en dichos mercados o para la reconfiguración de empresas existentes.
Riesgos y costes de I+D+i	Coste de desarrollo y adopción de tecnologías y la forma en la que estos costes se traducen al costo final de los subproductos generados Estos costes evitan que se consolide una demanda por cierto tipo de productos frente a la demanda de productos de un solo uso.
Incertidumbre en el tiempo de difusión	Existe incertidumbre sobre tiempo que tardará la difusión de estas invenciones hacia diferentes eslabones de las cadenas de producción y, también, entre diferentes ecosistemas.

Fuente: Elaboración propia

desde la demanda puede contribuir a superar varias de estas barreras, en particular, en lo relacionado con el reciclaje y reutilización de residuos.

EL ROL DE LAS POLÍTICAS DESDE LA DEMANDA PARA APOYAR LA TRANSICIÓN HACIA ECOSISTEMAS VERDES

Aunque, como se mencionó anteriormente, desde hace décadas la innovación se reconoce como uno de los factores fundamentales para la competitividad y el crecimiento -cerca del 50% del crecimiento del PIB es atribuible a la innovación (OCDE, 2015)-, es sólo desde hace algunos años que la innovación se reconoce como la única vía para tener un crecimiento sostenible. Las vías por las que se reconoce que la innovación puede contribuir a un crecimiento sostenible son múltiples: el desarrollo de nuevos bienes y servicios que se fundamenten en los principios de la economía circular, el desarrollo de nuevas cadenas de suministro que mejoren la eficiencia de los recursos, etc. La importancia de este doble propósito de la innovación ha llevado a que numerosos expertos señalen la necesidad de incluirla como dimensión clave en todas las políticas de Estado dentro de la Unión Europea (Independent High Level Group for the EC, 2017). Dentro de este *policy mix* que desarrollan diversos países se encuentran las políticas de innovación desde la demanda. Los diferentes instrumentos que se incluyen en este tipo de políticas tienen gran potencial para apoyar esta transición hacia ecosistemas verdes.

Las políticas desde el lado de la demanda, en particular la compra pública de innovación que se organiza en diferentes fases pueden contribuir a la superación de las limitaciones en cuanto a capacidades de producción complementarias o que pasen por diferentes áreas tecnológicas. El carácter experimental de los procesos que se desarrollan bajo este instrumento no solo se refiere a al desarrollo de tecnologías en niveles de madurez tecnológica bajos y medios, sino que puede ser una forma de experimentación de las mismas empresas en cuanto a su organización interna, así como en la gestión de aliados para el desarrollo de las tecnologías en cuestión. Algunos procesos permiten o incluso fomentan la alianza de diferentes entidades participantes que exhiben potenciales complementariedades dentro de las primeras fases de desarrollo de la solución.

De hecho, si bien algunos instrumentos desde la oferta fomentan la colaboración entre diferentes empresas o empresas y entidades de I+D+i (por ejemplo, las subvenciones condicionadas a la colaboración), los instrumentos de demanda como la compra pública de innovación tienen la ventaja adicional de proveer más incentivos a las alianzas para el escalamiento de la producción de las soluciones desarrolladas. Esto en la medida en que, además de fomentar la colaboración en etapas previas, particularmente mediante la compra pública pre-comercial que se encadena después con la compra de innovación (a través del procedimiento asociación para la innovación, recogido en la vigente Ley de Contratos del Sector Público), envían señales a los potenciales proveedores sobre la dirección del mercado, lo cual les incita también a buscar complementariedades en el posterior despliegue de la solución (Edler, 2013). Esto contribuye a que los diferentes nichos de valor que las empresas encuentren se puedan integrar de forma más vertical dentro del ecosistema, encontrando una salida viable al mercado.

Las políticas de innovación desde la demanda pueden también contribuir a los vacíos de información en relación con los flujos de residuos a través de, al menos, dos vías. Por un lado, y cuando estas políticas forman parte de un programa de apoyo a la

transición industrial, el gobierno puede adquirir servicios de I+D para identificar y desarrollar sistemas de información a la medida para este tipo flujo. En este sentido, se apela a la doble naturaleza de estos instrumentos (Edler, 2013): no solo tienen como objetivo el fomento de la innovación, sino también la mejora de los servicios públicos como la gestión de residuos. Asimismo, a través de la puesta en marcha de regulaciones el gobierno puede también incentivar la demanda privada por este tipo de soluciones de tecnologías de la información, asumiendo un papel de arquitecto de mercados (Ospina Fadul & Moñux Chércoles, 2020).

Frente al papel cada vez más relevante del gobierno dentro de los ecosistemas industriales verdes, los instrumentos de fomento de innovación desde la demanda tienen quizás sus ventajas más obvias, pero no necesariamente son, para este contexto, los más fáciles de implementar. Por un lado, existe un enorme potencial para apoyar la innovación en la reutilización de residuos mediante la regulación inteligente y, específicamente, a través de los *sandbox* regulatorios. Efectivamente, las empresas que operan con tecnologías innovadoras verdes al enfrentarse a la barrera de la regulación han contribuido a que las transiciones de estos ecosistemas tengan una velocidad desordenada y relativamente lenta (Alekseevna, 2014). Esto es consecuencia directa del desajuste entre los tiempos de desarrollo y despliegue de las innovaciones, y los tiempos de los cambios regulatorios. Precisamente, para superar algunos de estos problemas, el *sandbox* actúa como un mecanismo que permite desarrollar un diálogo de dos vías entre los reguladores y quienes están desarrollando ideas innovadoras. Estos *sandbox regulatorios* son entornos controlados en los que se relaja la regulación oficial para obtener lecciones aprendidas que informen el posterior diseño de la ley y, también, permitan a los desarrolladores de tecnologías adaptar sus productos para ser consistentes con los futuros requisitos del gobierno y del consumidor.

Otro vehículo mediante el cual las políticas de innovación desde la demanda pueden contribuir a los ecosistemas a superar las resistencias que se pueden estar dando desde el mismo gobierno es la compra pública de innovación. Al no basarse en requisitos técnicos, sino en requisitos funcionales, la compra pública de innovación parte de que los funcionarios no tienen un conocimiento completo de las posibilidades existentes en mercado para dar soluciones a los problemas de los servicios públicos que prestan. Este instrumento funciona también como vehículo para acercar a los potenciales proveedores con los usuarios que, en este caso, serían los funcionarios involucrados en los procesos de gestión de residuos, lo que favorece el desarrollo de soluciones que se adapten aún más a las necesidades específicas de los funcionarios, si bien esta resistencia inherente también sea un factor que dificulta la puesta en marcha de estos instrumentos (Moñux & Ospina, 2017).

La compra pública de innovación también es un instrumento que puede contribuir a la redefinición del valor de bienes y servicios innovadores obtenidos a base del reciclaje. De hecho, una de las principales bondades de este instrumento es que permite que el gobierno actúe como cliente de lanzamiento de estos bienes y servicios garantizando que la solución responda más claramente a las necesidades de los usuarios. Este salto es uno de los más difíciles para los desarrolladores de nuevos bienes y servicios: no solo la llegada a una solución viable, sino la llegada a una solución que tenga valor de mercado. En esta misma línea, en los ámbitos en los que el gobierno es el principal comprador, la compra pública de innovación genera automáticamente el valor de mercado de los bienes y servicios. La importancia de la creación de mercados en el ámbito de la transición hacia ecosistemas más verdes no se puede subestimar, y el ejemplo del reciclaje de papel en Estados Unidos es ilustrativo de ello. En las décadas de 1930 y 1940 había una industria de reciclaje de papel económicamente viable que no estaba motivada por preocupaciones ambientales. Esta industria decayó al perder competitividad durante la década de los 70s y no pudo ser recuperada en los siguientes años a pesar de poner en marcha diversas medidas regulatorias para incrementar la disponibilidad de papel para reciclaje. Finalmente se mostró que es la demanda el principal factor para que estas prácticas queden engranadas en los ecosistemas industriales (The Greening of Industrial Ecosystems, 1994).

Por último, las políticas desde la demanda y, en particular, la como la compra pública pre-comercial, orientada por su naturaleza a la participación de empresas locales, pueden contribuir también con difusión tecnológica. Se ha mostrado que la distancia cognitiva se supera más fácilmente si los actores están integrados en un contexto socio institucional similar o ubicados en una proximidad geográfica cercana. De hecho, algunas investigaciones han mostrado que la co-ubicación es especialmente importante para las patentes compartidas que involucran diferentes campos tecnológicos (Grilltsch & Hansen, 2019).

CONCLUSIONES

La transición industrial hacia ecosistemas más verdes, si bien es necesaria para alcanzar diversos objetivos de política a nivel global, no se dado con la velocidad esperada en la inmensa mayoría de países. Las barreras a esta transición, como se discutió en el artículo, son múltiples y se relacionan principalmente con fallos de mercado en las dimensiones de información, fricción e incertidumbre, así como en el ámbito del riesgo regulatorio. Las políticas de innovación desde la demanda, con creciente protagonismo en *policy mix* actual cuenta con ventajas para contribuir a la superación de cada una de estas barreras, como se ilustró con en el ejemplo del reciclaje.

Teniendo en cuenta la potencia de instrumentos como la compra pública de innovación para fomentar el desarrollo de soluciones específicas y sus limitaciones para garantizar la difusión, este instrumento debería dirigirse a fomentar las tecnologías emergentes y los sectores estratégicos, pero también, y de manera más crítica, debería enfocarse en aquellas plataformas tecnológicas que pueden desencadenar dinámicas innovadoras propias de una transición industrial. Los sistemas de información orientados a producir datos confiables sobre la disponibilidad de residuos parecen ser una de las plataformas tecnológicas que serían candidatos naturales para esto.

Cabe resaltar que, como sucede con todas las políticas de innovación de alta direccionalidad, en este caso también es necesario evaluar ex-ante, y con particular cuidado, los segmentos de la sociedad que se ven beneficiados y los que se podrían ver perjudicados por dicha transición. En este sentido, la evaluación de la preparación estructural de un ecosistema industrial para adoptar tecnologías emergentes y nuevas oportunidades de mercado, y su capacidad para transformarse a lo largo de un determinado recorrido, se convierte en un área clave de intervención política en economías industriales maduras que estén buscando la transición hacia ecosistemas más verdes.

Las políticas de innovación desde la demanda pueden contribuir a este proceso de evaluación, en un proceso de intervención y aprendizaje continuo. El caso del empleo es, en este sentido, paradigmático en la medida en la que una de las principales preocupaciones de este tipo de transiciones es la destrucción de empleo. Los expertos señalan que, a nivel global, la destrucción y la generación de empleo por la transición hacia ecosistemas industriales verdes tendría un balance final positivo. Sin embargo, es claro que los impactos serán diversos a nivel local. En este punto también pueden ser útiles las políticas desde la demanda que permiten testear nuevas tecnologías y procesos en entornos controlados. Antes de implementar nuevas regulaciones, herramientas como los *testbeds* y *sandbox* pueden ser útiles para prever los efectos de estas transiciones y contribuir a informar las decisiones en el medio y largo plazo.

NOTAS

[1] El concepto de «adicionalidad» es fundamental para el análisis de las políticas públicas de apoyo a la innovación. La adicionalidad indica hasta qué punto el apoyo público estimula la actividad de innovación adicional y se basa en que la actividad de innovación adicional a su vez conducirá a mayores efectos secundarios de la innovación de lo que hubiera ocurrido en ausencia de apoyo público (Roper & Hewitt-Dundas, 2016). La evaluación de la efectividad del apoyo público se ha concentrado en medir la adicionalidad en términos de los recursos de las empresas (adicionalidad de input) y los resultados de la innovación (adicionalidad de output). También existe la perspectiva de que el apoyo público tiene efectos conductuales en las capacidades de innovación de las empresas (adicionalidad de comportamiento) junto con los antes mencionados. En otras palabras, no solo se producen efectos a corto plazo del apoyo público en los recursos asignados a un proyecto o los resultados derivados de un proyecto, sino que también pueden existir otros efectos complementarios como cambios de comportamiento en el proceso de innovación. Los efectos de aprendizaje están integrados en las rutinas y capacidades de innovación de las empresas. A su vez, estos efectos de aprendizaje pueden tener efectos positivos a largo plazo sobre los resultados de la innovación. (Molero, López Castro, & García Sánchez, 2019)

[2] Se trata de un espacio» (a menudo, aunque no necesariamente, virtual) en el que se relajan algunas regulaciones para permitir que los desarrolladores pueden «jugar» con una innovación para obtener una idea de cómo podría usarse: agregar/eliminar funciones, comentar al respecto con autoridades competentes, hacer una variedad de preguntas de «qué pasaría si» a otros que también estén jugando en el Sandbox sobre la innovación y las innovaciones relacionadas.

[3] Los testbeds son bancos de pruebas de tecnologías o procesos innovadores en el mundo real o cerca del mundo real - en condiciones en la muy similares a aquellas en las que serían utilizados u operados.

[4] Los niveles de madurez tecnológica, un concepto desarrollado por la NASA en los años 70, constituyen una escala (de 1 a 8) para medir la madurez de las tecnologías, desde la concepción de la idea hasta la implementación o despliegue en el mercado.

REFERENCIAS

ADNER, R. & KAPOOR, R. 2010. «Value creation in innovation ecosystems: how the structure of technological interdependence affects firm performance in new technology generations». Strategic Management Journal, 31(3): 306-333.

ALEKSEEVNA, A. 2014. «Evolution of the Innovation Process Models». International Journal of Econometrics and Financial Management, 4: 119-123.

ANDREONI, A. 2018. Industrial ecosystems and policy for innovative industrial renewal: A new framework and emerging trends in Europe. Retrieved from https://tem.fi/documents/1410877/4430406/Antonio_Andreoni.pdf/8a499465-50e2-4bcb-959b-59c5202663f7/Antonio_Andreoni.pdf.pdf

BRUSONI, S. & PRENCIPE, A. 2011. «Patterns of modularization: The dynamics of product architecture in complex systems. European Management Review, 8: 67-80.

COMISIÓN EUROPEA. 2014. Responsible Research and Innovation: Europe's ability to respond to societal challenges. Retrieved from https://ec.europa.eu/research/swafs/pdf/pub_rri/KI0214595ENC.pdf

COMMISSION EUROPEA. 2017. Investing in the European Future we want. Retrieved from http://ec.europa.eu/research/evaluations/pdf/archive/other_reports_studies_and_documents/hlg_2017_report.pdf

DOUSSARD, M. & SCHROCK, G. 2015. «Uneven decline: linking historical patterns and processes of industrial restructuring to future growth trajectories». Cambridge Journal of Regions, Economy and Society, 8: 149-165.

EDLER, J. 2013. Review of policy measures to stimulate private demand for innovation. concepts and effects. Nesta Working Paper No. 13/13. Manchester Institute of Innovation Research.

GRILLTSCH, M. & HANSEN, T. 2019. Green industry development in different types of regions. Retrieved from https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09654313.2019.1648385

INDEPENDENT HIGH LEVEL GROUP FOR THE EC. 2017. Investing in the European future we want. European Comisionl Luxembourg.

INDEPENDENT HIGH-LEVEL GROUP OF INNOVATORS FOR THE EC. 2018. Europe is back: Accelerating breakthrough innovation. European Commission, Brussels.

MARTÍ, M. & COMIN, D. 2013. Technology: difffusion: measurement, causes and consequences. National Bureau of Economic Research, Cambridge.

MAZZUCATO, M. 2017. Mission-Oriented Innovation Policy: Challenges and Opportunities. Institute for Innovation and Public Purpose - UCL, London.

Mazzucato, M. 2018. Mission-Oriented Research & Innovation in the European Union. Retrieved from https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/mazzucato_report_2018.pdf

MOLERO, J., LÓPEZ CASTRO, S. & GARCÍA SÁNCHEZ, A. 2019. El impacto de la financiación pública de la I+D+i en las estrategias tecnológicas y los resultados económicos de las empresas españolas. Retrieved from file:///C:/Users/Ismael/Downloads/el-impacto-de-la-financiacion-publica%20(1).pdf

MOÑUX, D. & OSPINA, M. 2017. Compra pública de innovación en América Latina: Recomendaciones para su despliegue en Uruguay. Documento para discusión Nº IDB- DP- 5 42, Washington.

MOÑUX, D., UYARRA, E., LI, Y., OSPINA, M., EDLER, J., & RIGBY, J. 2016. Spurring Innovation-led Growth in Latin America and the Caribbean through Public Procurement. Washington IDB.

NATIONAL ACADEMY OF ENGINEERING. 1994. The Greening of Industrial Ecosystems: Overview and Perspective. The National Academies Press, Washington, DC.

NESTA. 2019. Testing innovation in the real world. London.

NOOTEBOOM, B. 2000. «Learning by interaction: Absorptive capacity, cognitive distance and governance». Journal of Management and Governance, 4: 69-92.

OBSERVATORY OF PUBLIC SECTOR INNOVATION. 2017. Embracing innovation in government. OECD, Paris.

OCDE. 2015. OECD Innovation strategy 2015 - An agenda for policy action. OECD, Paris.

OCDE. 2017. The next production revolution - A report for the G20. OECD, Paris.

OSPINA FADUL, M. & MOÑUX CHÉRCOLES, D. 2020. Mercados y misiones: Innovación al servicio de los ODS. Retrieved from http://www.revistasice.com/index.php/ICE/article/view/6968/6977

ROPER, S. & HEWITT-DUNDAS, N. 2016. The legacy of public subsidies for innovation: input, output and behavioural additionality eff ects. ERC (Enterprise Research Centre) Research Paper, 21.

SCHOT, J. 2018. «Three frames for innovation policy: R&D, Systems of Innovation and Transformative Change». Research Policy, 47(9): 1554-1567.

THE ECONOMIST 2018a. Businesses are trying to reduce, reuse and recycle. Retrieved from https://www.economist.com/special-report/2018/09/27/businesses-are-trying-to-reduce-reuse-and-recycle

THE ECONOMIST 2018b. Emerging economies are rapidly adding to the global pile of garbage. Retrieved from https://www.economist.com/special-report/2018/09/27/emerging-economies-are-rapidly-adding-to-the-global-pile-of-garbage

THE ECONOMIST 2018c. Introducing a more circular economy will meet with resistance. Retrieved from https://www.economist.com/special-report/2018/09/27/introducing-a-more-circular-economy-will-meet-with-resistance

UNCTAD 2017. New innovation approaches to support the implementation of the Sustainable Development *Goals*. Retrieved from https://unctad.org/en/pages/PublicationWebflyer.aspx?publicationid=1775

UNEP 2011. Towards a green economy: Pathways to sustainable development and poverty eradication. Nairobi.

VON HIPPEL, E. 2005. Democratizing Innovation. MIT Press, Cambridge (MA).

POLÍTICAS DE INNOVACIÓN DESDE LA DEMANDA PARA EL APOYO A LA TRANSICIÓN A ECOSISTEMAS INDUSTRIALES VERDES

MARÍA JOSÉ OSPINA FADUL
DIEGO MOÑUX CHÉRCOLES
SILO-*Science and Innovation Link Office*

Las políticas de innovación han perseguido el objetivo de apoyar los sistemas de I+D+i (desde lo local, nacional o incluso global) para generar innovaciones que faciliten el desarrollo social y económico, satisfagan las necesidades nacionales y locales y, recientemente, permitan solucionar los retos globales (Moñux, *et al*., 2016). Precisamente, uno de los principales retos a los que se enfrenta el mundo es la transición hacia una economía que permita

mantener un crecimiento tanto sostenido como sostenible.

Aunque conceptos y definiciones se han venido solapando —con algunos arguyendo que es la bioeconomía o la economía verde la que permitirá este crecimiento, y otros viéndolo como la economía circular entendida en un sentido más amplio— lo cierto es que la circularidad, la eficiencia en el aprovechamiento de los recursos y la reducción del impacto ambiental se han convertido en los imperativos que subyacen en las políticas no sólo de innovación, sino de desarrollo industrial de múltiples países. De hecho, alrededor de estos objetivos, países como España, Alemania, Estados Unidos, Argentina o Costa Rica han desarrollado políticas de bioeconomía y economía circular, siempre con un elemento en común: la importancia de la gestión de residuos y el reciclaje (un objetivo consistente en la agenda de todos estos países desde hace ya décadas).

La innovación juega un importante papel en todas y cada una de estas políticas en la medida en la que se requiere para transformar ecosistemas industriales maduros. Sobre lo que aún no hay consenso es sobre cuál es la combinación de instrumentos de apoyo a la innovación que se deben desplegar y combinar para lograr el engranaje de prácticas de reciclaje dentro de dichos ecosistemas, y el desarrollo de tecnologías que faciliten la gestión y reutilización de recursos. La variada combinación de políticas implementadas en los diferentes países es una clara muestra de esta situación.

En el presente artículo se realiza un recorrido por las tendencias de las políticas de innovación y sus cambios en los últimos años, haciendo hincapié en el origen de las políticas de muy alta direccionalidad y, puntualmente, en las políticas desde el lado de la demanda que se han venido consolidando dentro del *policy mix* durante los últimos años. Posteriormente, se introduce el concepto de ecosiste-

ma industrial y se estudian los diferentes factores que influyen en la transición de estos ecosistemas hacia ecosistemas verdes, prestando especial atención al caso de la gestión de residuos y el reciclaje. Por último, se examinan las ventajas de las políticas de innovación desde la demanda para apoyar esta transición, y se concluye con algunas recomendaciones para facilitar su integración en las políticas de crecimiento verde, en particular en el aspecto de gestión y reutilización de residuos de diferentes países.

EL CAMBIO EN EL PARADIGMA DE LAS POLÍTICAS DE APOYO A LA INNOVACIÓN

Los cambios en las políticas de innovación han seguido, como era de esperar, los cambios en la motivación última que los gobiernos esperan de ella. En este sentido, los cambios acelerados que se han visto en las últimas décadas en cuanto a las políticas e instrumentos de innovación se relacionan precisamente con objetivos nuevos para la innovación, que van más allá del crecimiento económico en general, si bien la competitividad sigue siendo una de las principales justificaciones de los gobiernos para apoyar la I+D+i.

De acuerdo con Schot (2018), el cambio del paradigma de las políticas de innovación se da en tres marcos consecutivos —aunque se solapen— en cuanto a la utilización de instrumentos específicos de apoyo a la innovación y que se definen principalmente por los cambios en la respuesta a la pregunta sobre el objetivo final de la innovación: la innovación para el crecimiento económico (Marco I), la innovación para la competitividad (Marco II) y la innovación para la consecución de objetivos sociales y económicos globales (Marco III), que el autor etiqueta como innovación transformativa. Cabe resaltar que, si bien es cierto que cada uno de estos marcos se caracteriza por diferentes *rationales* de políticas que se corresponden, a su vez, con conjuntos diferenciados de instrumentos de política, estos conjuntos se superponen. No obstante, estos marcos se pueden caracterizar por una mayor concentración en algunos instrumentos o por el surgimiento de nuevos instrumentos, como se explica a continuación.

En el Marco I, que surge después de la Segunda Guerra Mundial, el descubrimiento y la invención, resultados de los procesos de innovación, son considerados como un bien público (con externalidades positivas) a los que es difícil llegar por los fallos de mercado. En este marco se fortaleció el uso de diversos instrumentos de política destinados a estimular la I+D empresarial a través de convocatorias de ayudas directas y el tratamiento fiscal favorable entre otros, con especificaciones que pretendían garantizar que esta inversión fluiría a actividades de innovación (idealmente con efectos de adicionalidad(1)) o que el alivio fiscal fuera un incentivo para las empresas innovadoras, intentado así contrarrestar los desincentivos de los fallos de mercado inherentes a los procesos de I+D+i.

El Marco II surge durante la década de los 80s, cuando la convergencia entre países de ingresos más altos y bajos estaba ocurriendo a un ritmo mucho más lento del previsto por los modelos económicos. En este marco, la intervención de los gobiernos sobre los procesos de innovación a nivel de empresa se justificó principalmente en el sentido de que buscaba influir en el cambio tecnológico, que se reconoce entonces como acumulativo y dependiente de la senda de desarrollo de cada país, así como porque buscaba ayudar a construir un sistema nacional de innovación que preservara o expandiera la ventaja competitiva de las empresas nacionales. En este escenario, el principal objetivo es el fortalecimiento de la coordinación entre los actores dentro del sistema de innovación, que derivaría en la introducción de la Triple Hélice. En este contexto, gran parte de los instrumentos de políticas se centran en la educación y la capacitación de la fuerza laboral de cara a su participación en procesos más complejos y fundamentalmente multi-agente, así como los instrumentos que apuntan a mejorar la coordinación y la alineación entre los diferentes actores en los sistemas de innovación.

El Marco III se ha venido consolidando en la última década y se dirige al cambio transformador de los sistemas de innovación que se plantean en el Marco II. Los defensores de este marco argumentan que la transformación profunda de los sistemas sociotécnicos es necesaria para lograr cualquier transformación real de los sistemas de energía, movilidad, alimentos, agua, salud y comunicación, esqueleto de las sociedades modernas y objetivo de las agendas trasnacionales como el Acuerdo de París y los Objetivos de Desarrollo Sostenibles (ODS).

Los instrumentos de política que apoyan el cambio transformador de los sistemas de innovación comienzan con el reconocimiento de cuatro tipos de fallos que se dan en las siguientes dimensiones: direccionalidad (falta de medios para tomar decisiones de alto impacto social sobre vías alternativas de desarrollo); coordinación de políticas (falta de capacidad para coordinar horizontalmente políticas que afectan varios dominios o ámbitos sectoriales como la salud, el transporte, la energía, la alimentación y la agricultura); articulación de demanda y oferta (tanto en mercados en transición como en mercados tradicionales en los que se pueden dar innovaciones incrementales); y reflexividad entendida en sentido amplio (relacionada con la necesidad y la dificultad de monitorear, anticipar e involucrar a todos los actores en el proceso de autogobierno del cambio transformador). A continuación, se explican en mayor detalle los instrumentos que han surgido o se han consolidado en este marco y que pueden estar relacionados desde diferentes puntos de vista con la transición a ecosistemas industriales.

Instrumentos de apoyo a la innovación en el marco del cambio transformador

Una de las principales consecuencias del nuevo Marco para la innovación, relacionado al menos con la dimensión coordinación de políticas y la de reflexividad, es el surgimiento del movimiento de Investigación e Innovación Responsables (RRI, de sus siglas en inglés), un término acuñado en los 2000s que ha empezado a permear las políticas de innovación a nivel mundial. Más que un paradigma, el RRI puede entenderse como un nuevo entendimiento de las diferentes condiciones que rodean los procesos de investigación e innovación y de su relevancia a la hora de evaluar el éxito de la innovación. Así, los procesos de innovación se valoran no solo por los resultados que tiene en cuanto a los objetivos impuestos (por ejemplo, si se logra **x** o **y** misión), sino por el impacto de estos procesos de innovación en diversas dimensiones (ambiental, social, etc.), así como por las características del proceso de innovación como tal (actores que se incluyen, agendas de política adicionales que se tienen en cuenta, etc.) (Comisión Europea, 2014).

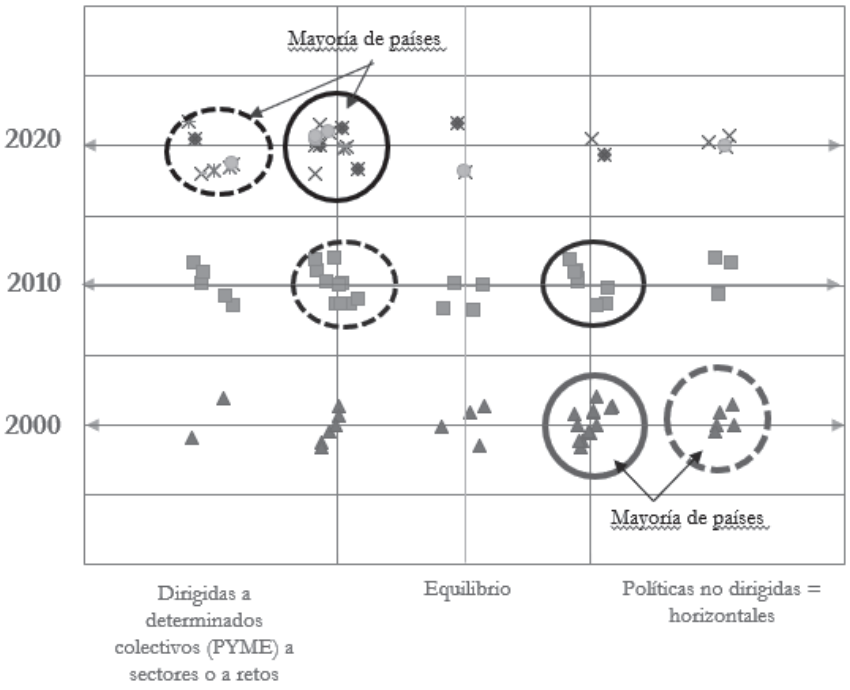
Una consecuencia de este movimiento ha sido la inclusión de nuevos actores, diferentes a las grandes empresas, las universidades y los centros tecnológicos, como público objetivo de los instrumentos clásicos de apoyo a la innovación, dentro del *mix* de políticas (Fundación Bancaria Caixa Estalvis i Pensions Barcelona, la Caixa, s.f.). En particular, uno de los rasgos característicos de los instrumentos surgidos en este contexto es el tener al usuario final de los bienes o servicios innovadores en el centro del proceso de I+D+i, lo que lo conecta con el concepeto de innovación basada en el usuario (Von Hippel, 2005). Algunos de los mecanismos que apoyan los procesos de innovación interactivos y con participación central del usuario final incluyen los hackatones, que son jornadas que sirve para construir una solución de forma colaborativa mediante la convocatoria de equipos multidisciplinares poniendo a su disposición distintas bases de datos, y los Living Labs, en donde los usuarios son cocreadores en el proceso de desarrollo. Otros enfoques que han surgido dentro de las políticas de apoyo a la innovación como el *grass-roots innovation* ha empujado al gobierno al apoyo a o la creación directa de plataformas digitales y otras TICS que faciliten el empoderamiento de un espectro lo más amplio posible de usuarios finales en los procesos de innovación. Este modelo ha sido adoptado por gobiernos en la priorización y desarrollo de sus prioridades para la innovación en servicios públicos (Independent High-Level Group of Innovators for the EC, 2018) (por ejemplo a través de plataformas como *YouGov*), como por empresas privadas que «cosechan» ideas para el desarrollo de nuevos productos y servicios (como es el caso del exitoso *Lego Ideas Site*). De hecho, dentro de las políticas europeas se establece como objetivo transversal la interacción permanente entre policy-makers y los demás actores de la sociedad para identificar retos significativos que se pueden resolver mediante la innovación (Comisión Europea, 2017).

Otro de los cambios en los objetivos e instrumentos de apoyo a la innovación que vienen con el Marco II y que relacionan con las cuatro dimensiones anteriormente mencionadas es que la innovación se ha empezado a ver como un vehículo para lograr misiones en el marco de grandes retos socioeconómicos de alcance internacional. Las misiones se refieren a problemas específicos (por ejemplo, la reducción de emisiones de carbono en un porcentaje dado entre uno y otro año) dentro de un reto amplio (como es mitigar el cambio climático). Este enfoque para apoyar la innovación, que se utilizan en Defensa desde hace décadas, ha consolidado su protagonismo dentro de las políticas de innovación a nivel nacional (Mazzucato, 2017). En este contexto las misiones se entienden como grandes retos, con alta relevancia social y económica, que son: i) medibles (tienen una meta claramente identificada en términos binarios o cuantitativos); ii) ambiciosos pero alcanzables en el medio plazo; iii) requieren I+D+i para ser resueltos, por lo que no es claro cuál es la mejor solución para los mismos; y iv) son por naturaleza intersectoriales e interdisciplinarios, y requieren la participación de múltiples actores de la cuádruple hélice (Mazzucato, 2018). Este objetivo central para la innovación está ganando fuerza no solo como eje central del próximo Programa Marco de la Unión Europea (Horizonte Europa), sino también como uno de los enfoques más consistentes con la Agenda de Desarrollo Sostenible (UNCTAD, 2017).

De forma paralela, la innovación ha ganado imagen como instrumento efectivo para lograr no solamente retos sociales y globales sino, en particular, retos del gobierno relacionados con la eficiencia en el gasto gubernamental y una mejor prestación de los servicios públicos. Esto, a su vez, coincide con el paradigma de búsqueda de transparencia, eficiencia y *accountability* en el gasto público que ha surgido como consecuencia de la crisis financiera a nivel mundial y del surgimiento de ciudadanos más informados y empoderados. También ha llevado a que, en el marco de este nuevo objetivo de la innovación, los instrumentos de fomento vayan cada vez más dirigidos no solo a sectores específicos (salud, agro, etc.), sino a problemas específicos del sector público en cada uno de esos sectores (por ejemplo, desarrollo de tecnologías de diagnóstico con nuevas característica o mecanismos de vigilancia de los cultivos que sean más eficientes).

El surgimiento de las misiones, así como la creciente importancia de la innovación para solucionar retos del gobierno, han contribuido a que los instrumentos de apoyo tengan cada vez un mayor componente de direccionalidad (primera dimensión de los fallos del Marco III). Así, la proporción de instrumen-

FIGURA 1
PAÍSES INCORPORANDO DIFERENTES NIVELES DE DIRECCIONALIDAD DENTRO DE SUS POLÍTICAS DE APOYO A LA INNOVACIÓN



Fuente: Adaptación de OECD (2012).

tos horizontales de apoyo a la innovación, tanto en cuanto al público objetivo al que se dirigen como al tipo de innovación que se favorece, ha venido decayendo en las últimas décadas (figura 1).

Los instrumentos que se han desarrollado en el marco de este giro hacia una mayor direccionalidad incluyen ayudas para la innovación a manos de agentes específicos (que suelen ser PYMEs), y ayudas dirigidas a sectores o incluso a soluciones específicas. Precisamente, en el desarrollo e implementación de estos instrumentos, y teniendo en cuenta los problemas de articulación de oferta y demanda de innovación que se pretende corregir en el Marco III, también se le ha venido dando más fuerza a los instrumentos de apoyo a la innovación desde la demanda dentro del *policy mix*. Unos instrumentos que, como se argumentará posteriormente, pueden tener un gran potencial para contribuir a la transición de ecosistemas industriales.

El creciente protagonismo de los instrumentos de apoyo desde la demanda

Los instrumentos de apoyo a la innovación desde la demanda contribuyen a inducir y/o a difundir la innovación a través de diferentes vías que incluyen el aumento de la demanda directa por innovación, la definición de nuevos requisitos funcionales para bienes y servicios, y la inclusión de los usuarios finales en los procesos de I+D+i.

La agrupación de instrumentos que se ubican en el lado de la demanda y en el lado de la oferta puede responder a diferentes taxonomías. Edler (2013) tiene en cuenta tres categorías de instrumentos desde el lado de la demanda: una de instrumentos orientados a la demanda privada, otra de instrumentos orientados a la demanda pública, y una última de instrumentos que pueden aplicarse a ambos tipos de demanda, como se evidencia en la figura 2:

- **Regulación**. Dentro de esta categoría se incluyen las regulaciones que afectan directamente la demanda por bienes y servicios innovadores. Por ejemplo, la utilización de estándares para modificar la demanda tanto pública como privada que puede incluso generar nuevos mercados. También incluye instrumentos de experimentación para reducir el riesgo regulatorio y de operación como los *sandbox* (2) y *testbeds* (3) (Nesta, 2019).
- **Compra pública de innovación (CPI)**. Mediante este instrumento una entidad pública realiza un pedido de un producto (bien o servicio) que no existe en ese momento, pero que podría desarrollarse dentro de un período razonable. La compra publica de innovación se puede dividir en dos categorías dependiendo del nivel de madurez tecnológica (4) en el que se encuentre el bien o servicio que se quiere adquirir: la compra pública pre-comercial incluye las soluciones que se encuentran en los

FIGURA 2
INSTRUMENTOS DE APOYO A LA INNOVACIÓN.



Fuente: Adaptación de Edler (2013).

primeros niveles de alistamiento (normalmente menor a 4), mientras que la compra pública de tecnología innovadora se hace cuando los bienes y servicios tienen estudios de desarrollo superior a 4. En este sentido, la compra pública de innovación es diferente de la adquisición «regular», que ocurre cuando las agencias públicas compran productos ya disponibles en el mercado, sin incurrir así en riesgo tecnológico.

- **Apoyo a la demanda privada**. Dentro de esta categoría se incluyen instrumentos que apoyan de forma directa la demanda privada por bienes y servicios innovadores a través de subsidios o incentivos fiscales, campañas de sensibilización, articulación de la demanda, fomento de la interacción entre potenciales proveedores y compradores, y compras catalíticas. Esta última modalidad es un tipo de compra pública de innovación en la que una entidad pública firma un contrato para el desarrollo y/o la adquisición de un bien y servicio que no se encuentra en el mercado para ponerlo a disposición de un tercero que puede a su vez ser público o privado.

Cabe resaltar que, como consecuencia de la introducción de este tipo de instrumentos dentro del *policy mix* de diferentes países, y porque su aplicación se da en campos específicos y no de forma horizontal, han venido también retos importantes en la aplicación de estas políticas. Por ejemplo, las entidades públicas que no tienen dentro de su agenda principal el apoyo a la innovación son las que mayor importancia han venido adquiriendo. Por ejemplo, entidades encargadas de las políticas de educación o salud, o también entidades transversales como las entidades regulatorias en sectores como las finanzas, la movilidad, las telecomunicaciones o la energía.

A este papel fortalecido de los agentes públicos de diferentes ámbitos también contribuye el giro hacia las políticas de innovación con un mayor componente de direccionalidad en general. Una vez los objetivos de innovación se enmarcan en ámbitos sectoriales específicos, como es el caso de las metas de las futuras misiones del programa Horizonte Europa 2021-2027, o los Objetivos de Desarrollo Sostenible, tanto los ministerios sectoriales (agricultura, educación, etc.) como las entidades transversales (por ejemplo, en el ámbito de la regulación) juegan un papel determinante en las posibilidades de innovación y de transformación del sector en cuestión.

Esto ha demandado una mayor coordinación entre diferentes administraciones para la puesta en marcha de estas políticas pero, también, ha contribuido a que exista una mayor disponibilidad de financiación para las actividades de innovación a través de fondos sectoriales que competen a las entidades prestadoras de los servicios (en los ámbitos de salud, seguridad y defensa, etc.). Por la misma vía, estas acciones coordinadas han favorecido que los impactos de las políticas de innovación se vean cada vez más reflejados no sólo en indicadores tradicionales del desempeño en I+D+i (como patentes), sino en indicadores de transformación propios de cada sector y, cómo no, de diferentes ecosistemas industriales.

ECOSISTEMAS INDUSTRIALES Y SUS TRANSICIONES

El estudio del «sector industrial», la unidad de análisis más tradicional y para la que hay datos disponibles, se está volviendo aún más inadecuada para comprender la producción en un mundo globalizado como el actual. De hecho, el surgimiento de cuentas satélite dentro de los sistemas estadísticos de diversos países para medir actividades en biotecnología, bioeconomía y nanotecnología, entre otros, pone de manifiesto que cada vez las casillas en las que se estudiaba anteriormente la economía ya no coinciden con las redes de producción interregionales, intersectoriales e infinitamente conectadas que sostienen la economía mundial.

De acuerdo con Andreoni (2018), esto se debe a múltiples razones que incluyen: (i) la creciente desintegración vertical de los sectores industriales y la «modularización» relacionada de los procesos de producción a nivel global; (ii) la difuminación de los límites sectoriales, relacionada con el uso extensivo de tecnologías transversales como las TICs y la nanotecnología; (iii) la aparición de cadenas de valor regionales/globales y la consolidación de empresas multinacionales que orquestan cadenas de suministro complejas; (iv) la diversificación y especialización de empresas en segmentos de productos muy diferentes y específicos de la tecnología (productos intermedios y finales) dentro de los mismos sectores; y (v) la creciente complejidad de los productos y su transformación en «sistemas de productos» que integran múltiples componentes, tecnologías e incluso servicios.

En este escenario, y con las limitaciones en cuanto a fuentes estadísticas que estos cambios implican, durante las últimas tres décadas los economistas han adoptado una serie de marcos alternativos para aproximarse a los «sistemas de producción globales», a saber, aquellos que incluyen redes de producción que atraviesan tanto fronteras nacionales y regionales como sectoriales. En particular, el concepto de cadena de valor global (CVG) se ha adoptado cada vez más para analizar la gobernanza y la distribución de funciones (o tareas) de producción entre las diferentes unidades de producción en red ubicadas en diferentes países (estructura organizativa de varios niveles) (Andreoni, 2018) y se correspondería, en gran medida, con un ecosistema industrial global (The Economist, 2018a)

Los ecosistemas industriales, una analogía derivada del estudio de los ecosistemas naturales (National Academy of Engineering, 1994), son sistemas de producción altamente complejos que abarcan diferentes sectores económicos y cuyas organizaciones operan en la interfaz global/local (teniendo así efectos relevantes en diferentes ámbitos locales de manera simultánea) como parte de las redes de producción, creación de conocimiento y flujos de recursos (Adner & Kapoor, 2010). El estudio de los ecosistemas industriales en su dimensión global (GVC) y local (principalmente relacionada con los sistemas de innovación) ha permitido superar los límites de la investigación por sectores industriales, permitiendo de esta forma que se comprendan más a fondo la complementariedad en la creación de valor agregado, la interconexión de diferentes sectores en la producción de determinados bienes y servicios de alta complejidad, y el papel de las tecnologías en la consolidación de redes de empresas multinacionales (Brusoni & Prencipe, 2011).

Si bien para para su estudio los diferentes los ecosistemas industriales podrían dividirse en diferentes módulos en función de algún criterio (por ejemplo, dependiendo la zona geográfica en la que se llevan a cabo las actividades de producción o en función del sector industrial principal), esta división artificial limita en gran medida lo que se puede entender de la dinámica real de estos ecosistemas que son inevitablemente multinivel y multi-agente. Por este motivo, el estudio de estos ecosistemas se da principalmente en dos dimensiones que son trasversales a los diferentes módulos que podrían establecerse. Por una parte, está la dimensión de creación, captura y distribución de valor y, por otro lado, la dimensión de la utilización de tecnologías transversales o de propósito general. Estas son las dimensiones en las que se puede fundamentar un estudio de la transición de un ecosistema industrial.

CÓMO CAMBIAN LOS ECOSISTEMAS INDUSTRIALES

Así como los ecosistemas en la naturaleza, la arquitectura de los ecosistemas industriales cambia continuamente como resultado de la dinámica evolutiva de emergencia, declive y transformación (Andreoni, 2018). La transformación de los ecosistemas industriales puede ser desde cero hacia un ecosistema completamente nuevo, por ejemplo, en la dimensión de generación de valor este nuevo ecosistema puede responder al surgimiento de organizaciones en un lugar determinado que lo generan a partir de nuevos bienes y servicios. En la dimensión de tecnologías de propósito transversal se puede tratar del surgimiento de una tecnología completamente nueva con un abanico inmenso de posibilidades en cuanto a creación de mercados. El surgimiento de nuevos ecosistemas está por ende relacionado con cambios disruptivos en las estructuras tecnológicas, de consumo y de producción, propios de las dinámicas de innovación disruptiva en su sentido más puro.

La transición de ecosistemas ya existentes hacia una nueva forma de relacionamiento entre agentes, hacia el desarrollo de nuevas cadenas de generación de valor, etc., por otro lado, es un proceso bastante más común que es el resultado de la adaptación, evolución y transformación de un ecosistema previo en respuesta a condiciones cambiantes como la presión competitiva (por ejemplo, de utilización de mecanismos de producción más eficiente, en la dimensión de las tecnologías trans-

versales) o como nuevas demandas del mercado (un aspecto relacionado con la definición del valor) (Andreoni, 2018). Por la cantidad de factores que pueden influir en estas dos dimensiones es más que claro que estas transiciones se pueden dar de manera fortuita o accidental pero, también, pueden ser incitadas por los gobiernos que vean en estas transiciones el potencial para la consecución de múltiples posibles objetivos de política como la competitividad. Precisamente dentro de las diferentes transiciones que puede atravesar cada ecosistema, la transición hacia ecosistemas industriales más verdes o sostenibles es sin duda alguna una de las principales prioridades agenda política de prácticamente todos los gobiernos.

Transición hacia los ecosistemas industriales verdes y el caso particular de la gestión y reutilización de residuos

De acuerdo con la definición de la UNEP (2011) sobre las industrias verdes, las características de un ecosistema sostenible incluirían: i) el desarrollo y venta de productos, soluciones o tecnologías que reducen las emisiones de carbono y la contaminación; ii) un funcionamiento interno que evita la pérdida de biodiversidad y servicios ecosistémicos; y iii) una organización que mejore la eficiencia energética y de recursos. En este sentido, el reciclaje y la reutilización constituyen un elemento clave de los ecosistemas sostenibles tanto en la dimensión de generación de valor (nuevo valor se genera a partir del desperdicio), como en la utilización de tecnología de propósito transversal (que son las que habilitan, en la mayor parte de los casos, el cierre de la brecha para generar este valor).

Teniendo en cuenta el origen del concepto de ecosistemas industriales, la transición hacia ecosistemas verdes y sostenibles parecería ser algo natural, en particular en lo que se refiere a la eficiencia energética y de recursos. En los ecosistemas verdes lo que pareciera ser el desperdicio de un organismo es, en verdad, insumo o directamente valor para otro. El reciclaje, nuevamente, es en este contexto un fenómeno que se da naturalmente. Sin embargo, existe consenso y preocupación sobre el hecho de que la transición hacia ecosistemas industriales verdes ha venido dándose a una velocidad bastante inferior a la que se esperaría. Justamente, las cifras de reciclaje y reutilización son evidencia de esto: en el año 2018 el 37% de los residuos sólidos se destinaba a vertederos en todo el mundo, el 33% a vertederos abiertos y el 11% a incineradores. Algunos van a los montones de compost. En total, solo el 13% de los residuos sólidos municipales se recicla a nivel mundial (The Economist, 2018b).

Esto ha forzado a los gobiernos a reflexionar sobre las diferentes maneras de incentivar esta transición sin entrar en conflicto con otros objetivos de política (crecimiento económico, equidad, seguridad, etc.). En cuanto al caso particular del reciclaje, si bien no se trata de un concepto nuevo (se remonta a la década de 1920, pero la actividad es tan antigua como la humanidad), a medida que la variedad de materiales producidos por la economía moderna ha aumentado, también lo han hecho los intentos de reutilizar cada vez más (The Economist, 2018c). En este sentido, la preocupación de los gobiernos se ha girado hacia los diferentes factores que pueden estar obstaculizando esta transición que, desde diferentes puntos de vista, parecería ser casi natural. En otras palabras, cuáles son los elementos que ralentizan la evolución o surgimiento de empresas que sean las transformadoras del desperdicio de otras entidades. Aunque estas barreras se pueden dar frente a temas como el reciclaje con técnicas tradicionales, por obvias razones en el análisis a continuación nos concentramos en el tipo de obstáculos que se presentan a para una transición basada en la innovación (entendida en sentido amplio, es decir, innovación en el desarrollo de bienes y servicios, así como innovación en las formas de organización y comunicación entre los diferentes módulos).

Como afirman Doussard y Schrock (2015), este tipo de «renovación innovadora» de un ecosistema industrial (en particular, de uno con cierto nivel de madurez) es un proceso complejo de transformación, más allá de la simple dinámica del surgimiento de nuevos agentes y el declive de otros. Sin embargo, es posible describir algunos obstáculos comunes a la transición que se ven además inscritos en las dos dimensiones estructurales que constituyen la arquitectura del ecosistema industrial, como se ha propuesto antes: la generación de valor (puntualmente obstáculos hacia la reconfiguración del valor y de la forma en la que se produce entre módulos interconectados) y la adopción o evolución de las plataformas tecnológicas presentes en cada ecosistema.

En cuanto a la generación de valor, uno de los principales retos para la transición hacia un ecosistema más sostenible o verde puede encontrarse en el tipo de capacidades de producción que se requieren para los procesos de reutilización. En el marco del análisis de cadena de valor globales se enfatiza que las compañías y los sistemas de producción locales exitosos tienden a especializarse en tareas o componentes de producción específicos, buscando «nichos de alto valor», y evitan ubicarse en sectores industriales integrados verticalmente o bloques de industrias que les impliquen una alta dependencia de otras entidades. Sin embargo, para llegar a estos nichos, las empresas a menudo requieren capacidades de producción complementarias que atraviesan múltiples etapas de la cadena de valor y diferentes dominios tecnológicos. Esto es bastante más complejo en el caso de productos o componentes de alta tecnología, que puede ser el caso de subproductos a partir de desechos (Andreoni, 2018).

También existen barreras de información en el ecosistema que limitan la capacidad de diferentes empresas de explotar realmente el valor de los desper-

dicios. Efectivamente, los datos disponibles para comenzar a evaluar el potencial de recuperación de subproductos de los desechos son escasos y de baja calidad. Esto es particularmente problemático si se tienen en cuenta que el valor potencial del material recuperable en el flujo de desechos aumenta con la concentración de estos (es el caso, por ejemplo, de las biorrefinerías). Así, para poder escalar la producción es necesario contar con información que permita hacer previsiones acertadas sobre los flujos de residuos a los que se puede acceder en cada momento del tiempo.

En relación con lo anterior, otra barrera puede ser el papel más importante que necesariamente juegan los gobiernos en ecosistemas más verdes y sostenibles especialmente en cuanto al marco regulatorio que define el funcionamiento de estos ecosistemas. Los aranceles comerciales pueden frenar el intercambio y flujo, muchas veces necesario, de chatarra y residuos, mientras que las regulaciones para el manejo de estos son necesarias y delicadas por diversos motivos, pero pueden ser poco claras. Además, cuando es momento de reformarlas, las autoridades se ven enfrentadas con decisiones difíciles sobre el grado los perjuicios que pueden causar a diferentes grupos de poder y a empresas que forman parte importante de los ecosistemas industriales más maduros (The Economist, 2018c). En muchos casos, incluso las mismas agencias públicas que juegan un papel importante en el manejo de residuos ven amenazadas sus prácticas y protocolos tradicionales en los escenarios de transición: esta resistencia al cambio desde el mismo sector público es una de las principales barreras a la introducción de prácticas de generación de valor a partir del reciclaje (Observatory of Public Sector Innovation, 2017).

Dentro de la dimensión de generación de valor, otro de los principales obstáculos se relaciona con la definición de valor como tal. Incluso cuando se hayan superado las barreras relacionadas con la tecnología para la transformación de desperdicio en nuevos bienes y servicios, el principal incentivo para que las empresas se reconfiguren para escalar la producción es la existencia de un mercado confiable para los nuevos productos: la generación de valor es solo posible si existen consumidores que valoran el producto final. El ejemplo de la industria automotriz es evidencia de la importancia de los mercados para la transición hacia ecosistemas que se fundamenten en la reutilización. La industria del automóvil tiene componentes reciclados desde hace mucho tiempo, como motores de arranque y alternadores, porque tienen un alto valor económico o, lo que es lo mismo, una demanda relevante. Tanto es así, que el 75% del peso de un automóvil se recicla en la actualidad y no es el resultado de ningún mandato para reciclar partes de automóviles, sino que ocurre porque hay un mercado sólido para el material reciclado y para los componentes y piezas restaurados (National Academy of Engineering, 1994).

En el ámbito de las plataformas tecnológicas, las barreras a la transición se presentan tanto en el desarrollo de nuevas tecnologías como en su difusión y adaptación en diferentes ecosistemas industriales. En el desarrollo de nuevas tecnologías, más allá de la incertidumbre tecnológica, que es una barrera común en todos los procesos de I+D+i, la principal barrera en cuanto a la reutilización de residuos ha sido el coste de desarrollo, la adopción de estas tecnologías y la forma en la que estos costes se traducen al coste final de los subproductos generados. Estos costes han evitado que se consolide una demanda por este tipo de productos frente a la demanda de productos de un solo uso. En comparación con materiales menos heterogéneos como papel, vidrio o incluso metales, el caso de los plásticos es ilustrativo: el problema fundamental continúa siendo que cientos de polímeros que vemos cotidianamente son increíblemente baratos de fabricar a partir del petróleo, mientras que son comparativamente costosos de extraer de la corriente de residuos. La ausencia de tecnologías que permitan revertir esta situación ha mantenido a los plásticos atrapados en el ciclo de baja demanda, baja inversión y bajo suministro.

Incluso cuando se han desarrollado tecnologías que permiten una producción más eficiente y menos costosa a partir de residuos, los obstáculos a la difusión tecnológica dificultan también la transición de ecosistemas hacia la sostenibilidad. A pesar de que las tecnologías de uso transversal desarrolladas en los últimos años tienen un potencial enorme para cambiar los procesos de producción y la competitividad de las empresas, existe una gran incertidumbre sobre el tiempo que tardará la difusión de estas invenciones hacia diferentes eslabones de las cadenas de producción y, también, entre diferentes ecosistemas (OCDE, 2017). Estas barreras se agudizan en el escenario de ecosistemas industriales globalizados ya que la complejidad para la transferencia de conocimiento y el aprendizaje aumenta no solo con la distancia geográfica, sino con la distancia cognitiva. Es decir, esta distancia se profundiza cuando se trata de empresas que difieren profundamente en cuando a calificaciones del capital humano (Nooteboom, 2000). Por supuesto, empeora aún más la transferencia en ecosistemas industriales que integran empresas en muy diferentes contextos socioeconómicos: en gran parte del mundo las empresas operan muy lejos de la frontera tecnológica, sino que, además, tienen como principal limitante para su avance en este sentido el acceso y adopción de tecnologías que ya existen (Martí & Comin, 2013).

A modo de resumen, la tabla 1 presenta un resumen de las barreras a la transición de los ecosistemas hacia ecosistemas verdad a través del reciclaje y la reutilización.

En la siguiente sección se explora las formas en las que la aplicación de las políticas de innovación

TABLA 1
RESUMEN DE LAS BARRERAS A LA TRANSICIÓN DE LOS ECOSISTEMAS HACIA ECOSISTEMAS VERDAD A TRAVÉS DEL RECICLAJE Y LA REUTILIZACIÓN

Resumen de barreras	Definición
Necesidad de capacidades de producción complementarias	Puede ser difícil encontrar y coordinar diversas capacidades complementarias a través de las múltiples etapas de la cadena de valor y diferentes dominios tecnológicos.
Baja calidad y disponibilidad información	Limitan la capacidad de diferentes empresas de hacer previsiones y explotar el valor de los desperdicios.
Papel protagonista del gobierno	Regulación compleja y ralentizada que define el funcionamiento de los ecosistemas en transición.
Inexistencia de un mercado confiable	Incentivo indispensable para el surgimiento y consolidación de nuevas empresas en dichos mercados o para la reconfiguración de empresas existentes.
Riesgos y costes de I+D+i	Coste de desarrollo y adopción de tecnologías y la forma en la que estos costes se traducen al costo final de los subproductos generados Estos costes evitan que se consolide una demanda por cierto tipo de productos frente a la demanda de productos de un solo uso.
Incertidumbre en el tiempo de difusión	Existe incertidumbre sobre tiempo que tardará la difusión de estas invenciones hacia diferentes eslabones de las cadenas de producción y, también, entre diferentes ecosistemas.

Fuente: Elaboración propia

desde la demanda puede contribuir a superar varias de estas barreras, en particular, en lo relacionado con el reciclaje y reutilización de residuos.

EL ROL DE LAS POLÍTICAS DESDE LA DEMANDA PARA APOYAR LA TRANSICIÓN HACIA ECOSISTEMAS VERDES

Aunque, como se mencionó anteriormente, desde hace décadas la innovación se reconoce como uno de los factores fundamentales para la competitividad y el crecimiento -cerca del 50% del crecimiento del PIB es atribuible a la innovación (OCDE, 2015)-, es sólo desde hace algunos años que la innovación se reconoce como la única vía para tener un crecimiento sostenible. Las vías por las que se reconoce que la innovación puede contribuir a un crecimiento sostenible son múltiples: el desarrollo de nuevos bienes y servicios que se fundamenten en los principios de la economía circular, el desarrollo de nuevas cadenas de suministro que mejoren la eficiencia de los recursos, etc. La importancia de este doble propósito de la innovación ha llevado a que numerosos expertos señalen la necesidad de incluirla como dimensión clave en todas las políticas de Estado dentro de la Unión Europea (Independent High Level Group for the EC, 2017). Dentro de este *policy mix* que desarrollan diversos países se encuentran las políticas de innovación desde la demanda. Los diferentes instrumentos que se incluyen en este tipo de políticas tienen gran potencial para apoyar esta transición hacia ecosistemas verdes.

Las políticas desde el lado de la demanda, en particular la compra pública de innovación que se organiza en diferentes fases pueden contribuir a la superación de las limitaciones en cuanto a capacidades de producción complementarias o que pasen por diferentes áreas tecnológicas. El carácter experimental de los procesos que se desarrollan bajo este instrumento no solo se refiere a al desarrollo de tecnologías en niveles de madurez tecnológica bajos y medios, sino que puede ser una forma de experimentación de las mismas empresas en cuanto a su organización interna, así como en la gestión de aliados para el desarrollo de las tecnologías en cuestión. Algunos procesos permiten o incluso fomentan la alianza de diferentes entidades participantes que exhiben potenciales complementariedades dentro de las primeras fases de desarrollo de la solución.

De hecho, si bien algunos instrumentos desde la oferta fomentan la colaboración entre diferentes empresas o empresas y entidades de I+D+i (por ejemplo, las subvenciones condicionadas a la colaboración), los instrumentos de demanda como la compra pública de innovación tienen la ventaja adicional de proveer más incentivos a las alianzas para el escalamiento de la producción de las soluciones desarrolladas. Esto en la medida en que, además de fomentar la colaboración en etapas previas, particularmente mediante la compra pública pre-comercial que se encadena después con la compra de innovación (a través del procedimiento asociación para la innovación, recogido en la vigente Ley de Contratos del Sector Público), envían señales a los potenciales proveedores sobre la dirección del mercado, lo cual les incita también a buscar complementariedades en el posterior despliegue de la solución (Edler, 2013). Esto contribuye a que los diferentes nichos de valor que las empresas encuentren se puedan integrar de forma más vertical dentro del ecosistema, encontrando una salida viable al mercado.

Las políticas de innovación desde la demanda pueden también contribuir a los vacíos de información en relación con los flujos de residuos a través de, al menos, dos vías. Por un lado, y cuando estas políticas forman parte de un programa de apoyo a la

transición industrial, el gobierno puede adquirir servicios de I+D para identificar y desarrollar sistemas de información a la medida para este tipo flujo. En este sentido, se apela a la doble naturaleza de estos instrumentos (Edler, 2013): no solo tienen como objetivo el fomento de la innovación, sino también la mejora de los servicios públicos como la gestión de residuos. Asimismo, a través de la puesta en marcha de regulaciones el gobierno puede también incentivar la demanda privada por este tipo de soluciones de tecnologías de la información, asumiendo un papel de arquitecto de mercados (Ospina Fadul & Moñux Chércoles, 2020).

Frente al papel cada vez más relevante del gobierno dentro de los ecosistemas industriales verdes, los instrumentos de fomento de innovación desde la demanda tienen quizás sus ventajas más obvias, pero no necesariamente son, para este contexto, los más fáciles de implementar. Por un lado, existe un enorme potencial para apoyar la innovación en la reutilización de residuos mediante la regulación inteligente y, específicamente, a través de los *sandbox* regulatorios. Efectivamente, las empresas que operan con tecnologías innovadoras verdes al enfrentarse a la barrera de la regulación han contribuido a que las transiciones de estos ecosistemas tengan una velocidad desordenada y relativamente lenta (Alekseevna, 2014). Esto es consecuencia directa del desajuste entre los tiempos de desarrollo y despliegue de las innovaciones, y los tiempos de los cambios regulatorios. Precisamente, para superar algunos de estos problemas, el *sandbox* actúa como un mecanismo que permite desarrollar un diálogo de dos vías entre los reguladores y quienes están desarrollando ideas innovadoras. Estos *sandbox regulatorios* son entornos controlados en los que se relaja la regulación oficial para obtener lecciones aprendidas que informen el posterior diseño de la ley y, también, permitan a los desarrolladores de tecnologías adaptar sus productos para ser consistentes con los futuros requisitos del gobierno y del consumidor.

Otro vehículo mediante el cual las políticas de innovación desde la demanda pueden contribuir a los ecosistemas a superar las resistencias que se pueden estar dando desde el mismo gobierno es la compra pública de innovación. Al no basarse en requisitos técnicos, sino en requisitos funcionales, la compra pública de innovación parte de que los funcionarios no tienen un conocimiento completo de las posibilidades existentes en mercado para dar soluciones a los problemas de los servicios públicos que prestan. Este instrumento funciona también como vehículo para acercar a los potenciales proveedores con los usuarios que, en este caso, serían los funcionarios involucrados en los procesos de gestión de residuos, lo que favorece el desarrollo de soluciones que se adapten aún más a las necesidades específicas de los funcionarios, si bien esta resistencia inherente también sea un factor que dificulta la puesta en marcha de estos instrumentos (Moñux & Ospina, 2017).

La compra pública de innovación también es un instrumento que puede contribuir a la redefinición del valor de bienes y servicios innovadores obtenidos a base del reciclaje. De hecho, una de las principales bondades de este instrumento es que permite que el gobierno actúe como cliente de lanzamiento de estos bienes y servicios garantizando que la solución responda más claramente a las necesidades de los usuarios. Este salto es uno de los más difíciles para los desarrolladores de nuevos bienes y servicios: no solo la llegada a una solución viable, sino la llegada a una solución que tenga valor de mercado. En esta misma línea, en los ámbitos en los que el gobierno es el principal comprador, la compra pública de innovación genera automáticamente el valor de mercado de los bienes y servicios. La importancia de la creación de mercados en el ámbito de la transición hacia ecosistemas más verdes no se puede subestimar, y el ejemplo del reciclaje de papel en Estados Unidos es ilustrativo de ello. En las décadas de 1930 y 1940 había una industria de reciclaje de papel económicamente viable que no estaba motivada por preocupaciones ambientales. Esta industria decayó al perder competitividad durante la década de los 70s y no pudo ser recuperada en los siguientes años a pesar de poner en marcha diversas medidas regulatorias para incrementar la disponibilidad de papel para reciclaje. Finalmente se mostró que es la demanda el principal factor para que estas prácticas queden engranadas en los ecosistemas industriales (The Greening of Industrial Ecosystems, 1994).

Por último, las políticas desde la demanda y, en particular, la como la compra pública pre-comercial, orientada por su naturaleza a la participación de empresas locales, pueden contribuir también con difusión tecnológica. Se ha mostrado que la distancia cognitiva se supera más fácilmente si los actores están integrados en un contexto socio institucional similar o ubicados en una proximidad geográfica cercana. De hecho, algunas investigaciones han mostrado que la co-ubicación es especialmente importante para las patentes compartidas que involucran diferentes campos tecnológicos (Grilltsch & Hansen, 2019).

CONCLUSIONES

La transición industrial hacia ecosistemas más verdes, si bien es necesaria para alcanzar diversos objetivos de política a nivel global, no se dado con la velocidad esperada en la inmensa mayoría de países. Las barreras a esta transición, como se discutió en el artículo, son múltiples y se relacionan principalmente con fallos de mercado en las dimensiones de información, fricción e incertidumbre, así como en el ámbito del riesgo regulatorio. Las políticas de innovación desde la demanda, con creciente protagonismo en *policy mix* actual cuenta con ventajas para contribuir a la superación de cada una de estas barreras, como se ilustró con en el ejemplo del reciclaje.

Teniendo en cuenta la potencia de instrumentos como la compra pública de innovación para fomentar el desarrollo de soluciones específicas y sus limitaciones para garantizar la difusión, este instrumento debería dirigirse a fomentar las tecnologías emergentes y los sectores estratégicos, pero también, y de manera más crítica, debería enfocarse en aquellas plataformas tecnológicas que pueden desencadenar dinámicas innovadoras propias de una transición industrial. Los sistemas de información orientados a producir datos confiables sobre la disponibilidad de residuos parecen ser una de las plataformas tecnológicas que serían candidatos naturales para esto.

Cabe resaltar que, como sucede con todas las políticas de innovación de alta direccionalidad, en este caso también es necesario evaluar ex-ante, y con particular cuidado, los segmentos de la sociedad que se ven beneficiados y los que se podrían ver perjudicados por dicha transición. En este sentido, la evaluación de la preparación estructural de un ecosistema industrial para adoptar tecnologías emergentes y nuevas oportunidades de mercado, y su capacidad para transformarse a lo largo de un determinado recorrido, se convierte en un área clave de intervención política en economías industriales maduras que estén buscando la transición hacia ecosistemas más verdes.

Las políticas de innovación desde la demanda pueden contribuir a este proceso de evaluación, en un proceso de intervención y aprendizaje continuo. El caso del empleo es, en este sentido, paradigmático en la medida en la que una de las principales preocupaciones de este tipo de transiciones es la destrucción de empleo. Los expertos señalan que, a nivel global, la destrucción y la generación de empleo por la transición hacia ecosistemas industriales verdes tendría un balance final positivo. Sin embargo, es claro que los impactos serán diversos a nivel local. En este punto también pueden ser útiles las políticas desde la demanda que permiten testear nuevas tecnologías y procesos en entornos controlados. Antes de implementar nuevas regulaciones, herramientas como los *testbeds* y *sandbox* pueden ser útiles para prever los efectos de estas transiciones y contribuir a informar las decisiones en el medio y largo plazo.

NOTAS

[1] El concepto de «adicionalidad» es fundamental para el análisis de las políticas públicas de apoyo a la innovación. La adicionalidad indica hasta qué punto el apoyo público estimula la actividad de innovación adicional y se basa en que la actividad de innovación adicional a su vez conducirá a mayores efectos secundarios de la innovación de lo que hubiera ocurrido en ausencia de apoyo público (Roper & Hewitt-Dundas, 2016). La evaluación de la efectividad del apoyo público se ha concentrado en medir la adicionalidad en términos de los recursos de las empresas (adicionalidad de input) y los resultados de la innovación (adicionalidad de output). También existe la perspectiva de que el apoyo público tiene efectos conductuales en las capacidades de innovación de las empresas (adicionalidad de comportamiento) junto con los antes mencionados. En otras palabras, no solo se producen efectos a corto plazo del apoyo público en los recursos asignados a un proyecto o los resultados derivados de un proyecto, sino que también pueden existir otros efectos complementarios como cambios de comportamiento en el proceso de innovación. Los efectos de aprendizaje están integrados en las rutinas y capacidades de innovación de las empresas. A su vez, estos efectos de aprendizaje pueden tener efectos positivos a largo plazo sobre los resultados de la innovación. (Molero, López Castro, & García Sánchez, 2019)

[2] Se trata de un espacio» (a menudo, aunque no necesariamente, virtual) en el que se relajan algunas regulaciones para permitir que los desarrolladores pueden «jugar» con una innovación para obtener una idea de cómo podría usarse: agregar/eliminar funciones, comentar al respecto con autoridades competentes, hacer una variedad de preguntas de «qué pasaría si» a otros que también estén jugando en el Sandbox sobre la innovación y las innovaciones relacionadas.

[3] Los testbeds son bancos de pruebas de tecnologías o procesos innovadores en el mundo real o cerca del mundo real - en condiciones en la muy similares a aquellas en las que serían utilizados u operados.

[4] Los niveles de madurez tecnológica, un concepto desarrollado por la NASA en los años 70, constituyen una escala (de 1 a 8) para medir la madurez de las tecnologías, desde la concepción de la idea hasta la implementación o despliegue en el mercado.

REFERENCIAS

ADNER, R. & KAPOOR, R. 2010. «Value creation in innovation ecosystems: how the structure of technological interdependence affects firm performance in new technology generations». Strategic Management Journal, 31(3): 306-333.

ALEKSEEVNA, A. 2014. «Evolution of the Innovation Process Models». International Journal of Econometrics and Financial Management, 4: 119-123.

ANDREONI, A. 2018. Industrial ecosystems and policy for innovative industrial renewal: A new framework and emerging trends in Europe. Retrieved from https://tem.fi/documents/1410877/4430406/Antonio_Andreoni.pdf/8a499465-50e2-4bcb-959b-59c5202663f7/Antonio_Andreoni.pdf.pdf

BRUSONI, S. & PRENCIPE, A. 2011. «Patterns of modularization: The dynamics of product architecture in complex systems. European Management Review, 8: 67-80.

COMISIÓN EUROPEA. 2014. Responsible Research and Innovation: Europe's ability to respond to societal challenges. Retrieved from https://ec.europa.eu/research/swafs/pdf/pub_rri/KI0214595ENC.pdf

COMMISSION EUROPEA. 2017. Investing in the European Future we want. Retrieved from http://ec.europa.eu/research/evaluations/pdf/archive/other_reports_studies_and_documents/hlg_2017_report.pdf

DOUSSARD, M. & SCHROCK, G. 2015. «Uneven decline: linking historical patterns and processes of industrial restructuring to future growth trajectories». Cambridge Journal of Regions, Economy and Society, 8: 149-165.

EDLER, J. 2013. Review of policy measures to stimulate private demand for innovation. concepts and effects. Nesta Working Paper No. 13/13. Manchester Institute of Innovation Research.

GRILLTSCH, M. & HANSEN, T. 2019. Green industry development in different types of regions. Retrieved from https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09654313.2019.1648385

INDEPENDENT HIGH LEVEL GROUP FOR THE EC. 2017. Investing in the European future we want. European Comisionl Luxembourg.

INDEPENDENT HIGH-LEVEL GROUP OF INNOVATORS FOR THE EC. 2018. Europe is back: Accelerating breakthrough innovation. European Commission, Brussels.

MARTÍ, M. & COMIN, D. 2013. Technology: difffusion: measurement, causes and consequences. National Bureau of Economic Research, Cambridge.

MAZZUCATO, M. 2017. Mission-Oriented Innovation Policy: Challenges and Opportunities. Institute for Innovation and Public Purpose - UCL, London.

Mazzucato, M. 2018. Mission-Oriented Research & Innovation in the European Union. Retrieved from https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/mazzucato_report_2018.pdf

MOLERO, J., LÓPEZ CASTRO, S. & GARCÍA SÁNCHEZ, A. 2019. El impacto de la financiación pública de la I+D+i en las estrategias tecnológicas y los resultados económicos de las empresas españolas. Retrieved from file:///C:/Users/Ismael/Downloads/el-impacto-de-la-financiacion-publica%20(1).pdf

MOÑUX, D. & OSPINA, M. 2017. Compra pública de innovación en América Latina: Recomendaciones para su despliegue en Uruguay. Documento para discusión Nº IDB- DP- 5 42, Washington.

MOÑUX, D., UYARRA, E., LI, Y., OSPINA, M., EDLER, J., & RIGBY, J. 2016. Spurring Innovation-led Growth in Latin America and the Caribbean through Public Procurement. Washington IDB.

NATIONAL ACADEMY OF ENGINEERING. 1994. The Greening of Industrial Ecosystems: Overview and Perspective. The National Academies Press, Washington, DC.

NESTA. 2019. Testing innovation in the real world. London.

NOOTEBOOM, B. 2000. «Learning by interaction: Absorptive capacity, cognitive distance and governance». Journal of Management and Governance, 4: 69-92.

OBSERVATORY OF PUBLIC SECTOR INNOVATION. 2017. Embracing innovation in government. OECD, Paris.

OCDE. 2015. OECD Innovation strategy 2015 - An agenda for policy action. OECD, Paris.

OCDE. 2017. The next production revolution - A report for the G20. OECD, Paris.

OSPINA FADUL, M. & MOÑUX CHÉRCOLES, D. 2020. Mercados y misiones: Innovación al servicio de los ODS. Retrieved from http://www.revistasice.com/index.php/ICE/article/view/6968/6977

ROPER, S. & HEWITT-DUNDAS, N. 2016. The legacy of public subsidies for innovation: input, output and behavioural additionality eff ects. ERC (Enterprise Research Centre) Research Paper, 21.

SCHOT, J. 2018. «Three frames for innovation policy: R&D, Systems of Innovation and Transformative Change». Research Policy, 47(9): 1554-1567.

THE ECONOMIST 2018a. Businesses are trying to reduce, reuse and recycle. Retrieved from https://www.economist.com/special-report/2018/09/27/businesses-are-trying-to-reduce-reuse-and-recycle

THE ECONOMIST 2018b. Emerging economies are rapidly adding to the global pile of garbage. Retrieved from https://www.economist.com/special-report/2018/09/27/emerging-economies-are-rapidly-adding-to-the-global-pile-of-garbage

THE ECONOMIST 2018c. Introducing a more circular economy will meet with resistance. Retrieved from https://www.economist.com/special-report/2018/09/27/introducing-a-more-circular-economy-will-meet-with-resistance

UNCTAD 2017. New innovation approaches to support the implementation of the Sustainable Development *Goals*. Retrieved from https://unctad.org/en/pages/PublicationWebflyer.aspx?publicationid=1775

UNEP 2011. Towards a green economy: Pathways to sustainable development and poverty eradication. Nairobi.

VON HIPPEL, E. 2005. Democratizing Innovation. MIT Press, Cambridge (MA).

ECONOMÍA CIRCULAR Y ECOSISTEMAS INDUSTRIALES. CASO DE ESTUDIO PARA LA RECUPERACIÓN DE METALES DE LOS APARATOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS

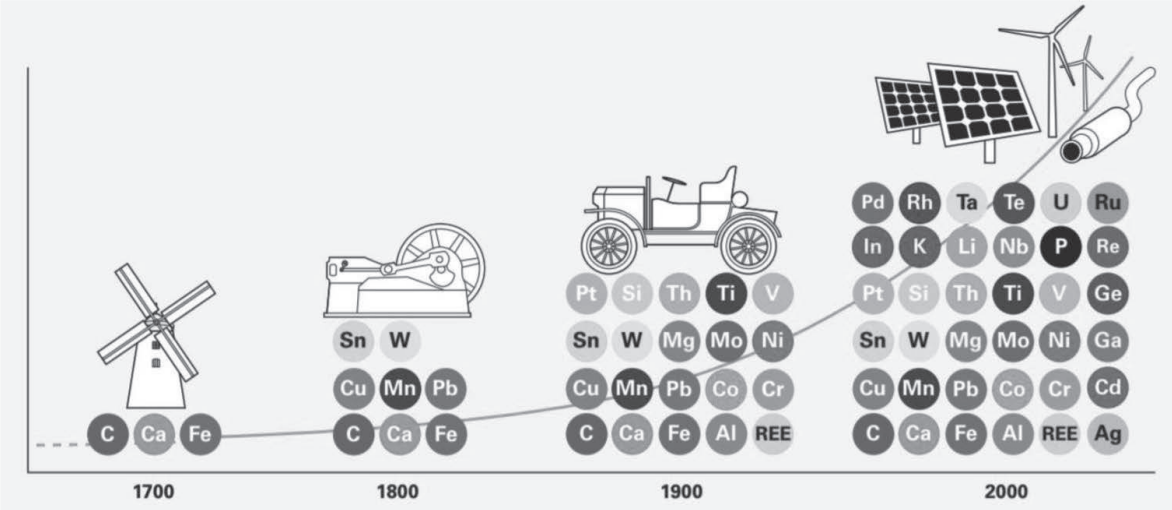
LAURA TALENS PEIRÓ
XAVIER GABARRELL I DURANY
Universitat Autònoma de Barcelona

El progreso industrial y tecnológico ha supuesto un incremento en el número y tipo de recursos en los procesos industriales. Durante los últimos siglos hemos pasado de desarrollar tecnologías fuertemente vinculadas al uso del carbón a tecnologías que utilizan cada vez más un mayor número de materiales de la tabla periódica, como puede observarse en la Figura 1 (Achzet, Reller and Zepf, 2011). Según los principios de conservación de masa y las leyes de termodinámica, la extracción de recursos para la producción de productos comporta también la generación de residuos y emisiones. El reto al que se enfrenta todo sistema productivo es reducir la cantidad de residuos y emisiones, y generar además del producto principal, una serie de co-productos que tengan un valor en el mercado.

Desde los inicios de la industrialización, la gestión de residuos y emisiones se ha gestionado de diversas formas. A finales del siglo XIX, un primer paso fue la deslocalización de la industria a zonas del extrarradio de los núcleos urbanos. El objetivo era reducir el impacto ambiental directo, tal como emisiones de monóxido de carbono, generado por la industria en zonas habitadas que afectaban de forma directa a la salud. Posteriormente, el interés principal se centró en reducir la cantidad de residuos y de emisiones generadas en procesos industriales mediante estrategias conocidas como final de tubería (en inglés *end-of-pipe solutions*). Las medidas finales de tubería en muchos casos consistían en diluir concentraciones de diversas sustancias con el fin de reducir su toxicidad y, consecuentemente, su impacto ambiental. Estas estrategias realizaban una distinción más clara entre residuos sólidos, aguas residuales y emisiones. Durante las dos últimas décadas del siglo XX empezó a tomar relevancia las llamadas tecnologías limpias que son cualquier proceso, producto o servicio que reduce los impactos ambientales a través de mejoras significativas en la eficiencia energética, el uso sostenible de los recursos y actividades de protección ambiental. Así pues, se incluyen tecnologías relacionadas con el reciclaje, las energías renovables, el transporte con bajas emisiones de carbono y la gestión de las aguas grises, entre otros. A principios del siglo XXI se va consolidando la visión de ciclo de vida y, en especial, el ecodiseño de productos y servicios.

En esta segunda década del siglo XXI, el contexto es totalmente diverso. La deslocalización de la industria extractiva y productiva que sucedía (en menor grado) a nivel regional pasa a realizarse en terceros paí-

FIGURA 1
EVOLUCIÓN EN EL NÚMERO DE MATERIALES UTILIZADOS EN LAS TECNOLOGÍAS DESDE EL INICIO DEL DESARROLLO TECNOLÓGICO



Fuente: Achzet, Reller and Zepf, 2011.

ses donde las regulaciones ambientales son menos restrictivas. Este efecto, denominado *dumping* ambiental, ha conllevado una reducción en el número de empresas 'más molestas, insalubres y peligrosas' (López Groh, 2011). Muchos de los polígonos industriales actuales que encontramos en países desarrollados centran su actividad en el diseño de productos, el ensamblaje de componentes y operaciones logísticas. En contraposición al *dumping* ambiental, la industria minera europea está viendo un resurgir de su actividad (Keating, 2020) especialmente desde que se ha tomado conciencia de que la UE depende de la importación de una gran cantidad de minerales y metales clave para la transición ecológica. Por ejemplo, alrededor del 62% de materias primas críticas procede de China, que concentra el 70% del suministro global de estos materiales (Miner and Rosmino, 2019). Desde la asociación empresarial Euromines defienden la necesidad de invertir en la exploración de nuevas minas. Este es un proceso que se dilata mucho en el tiempo ya que después de evaluar su viabilidad económica, también es necesaria la realización de diversos estudios sobre el impacto económico, ambiental y social que muchas veces limita el desarrollo de proyectos mineros (Euromines, 2019).

Este artículo tiene como objetivo visualizar que el ecosistema industrial actual ya no se compone solamente de industrias que producen bienes o servicios, sino que los nuevos ecosistemas industriales pueden tener un componente urbano - y también agrícola si bien no se incluye en el caso estudio - muy importante. Se pretende describir los tres conceptos claves para poder avanzar hacia una economía circular en un ecosistema industrial y urbano, en este caso, centrado en los aparatos eléctricos y electrónicos (AEEs), partiendo desde un análisis global hacía la escala local. En el primer punto se aborda la aplicación del análisis de flujo de materiales (AFM) para el análisis de recursos en Europa. A continuación, analizamos la gestión actual de los aparatos eléctricos y electrónicos, para continuar describiendo los tres puntos clave para su avance hacia una economía circular: la arquitectura del producto, la composición química y la vida útil del producto. El artículo concluye con el caso estudio de los discos duros en el ecosistema industrial-urbano de Barcelona, para avanzar hacia la transición de modelos de gestión de recursos, en vez de gestión de residuos.

ESCALAS DE ECOSISTEMAS INDUSTRIALES

Hasta hace poco se analizaban los ecosistemas industriales como un sistema formado por procesos en diferentes industrias cada uno de ellos con el objetivo de proveer un bien y/o servicio, localizados en un determinado espacio físico. Así, dichos ecosistemas se correspondían también a un polígono industrial o de servicios, o a un conjunto de ellos en una misma zona. Además, pronto se vio la necesidad de analizar ecosistemas industriales que se caracterizaban por su especialización, que se distribuían en territorios más amplios y no colindantes, pero que se relacionaban a través de sus flujos de materia, productos o energía. La necesidad de dar respuesta a los flujos de residuos y los nuevos conocimientos derivados de las tecnologías de la comunicación generaron nuevas oportunidades con una visión más virtual de ecosistema industrial en la que la red podía interrelacionar flujos aun estando a kilómetros de distancia y perteneciendo a organizaciones sin contacto alguno. Parecía que en el mundo de la globalización no tenía sentido una visión sistémica restringida a un

espacio de tiempo y territorio muy reducido, así que se tendía hacia ecosistemas cada vez mayores en tamaño. Pero todo ello ha conllevado a un aumento de la ineficiencia (desde el punto de vista de la materia, de la energía y el tiempo), del transporte de recursos y a la dependencia de los sistemas: la optimización global es a costa de suministrar más energía al sistema. Frente a ello, se retoma la visión del ecosistema autosuficiente, menos dependiente, más adaptable, flexible y local. Los nuevos ecosistemas industriales ya no van a ser industriales, sino que en analogía con la naturaleza, son sistemas híbridos en los que van a interrelacionarse flujos muy diversos a escala local pertenecientes a sectores tan diversos como la industria, los servicios y la agricultura, entre otros, así como los anteriormente considerados como urbanos. La escala local pretende dar seguridad y adaptabilidad a un ecosistema que tiene su centralidad en las personas que se desarrollan en el mismo.

La expansión de los núcleos urbanos en las grandes ciudades (de más de un millón de habitantes) ha conllevado también un incremento sobre la demanda de recursos. El análisis de las ciudades desde la perspectiva de sistema en el que suceden una serie de entradas de recursos y salidas de productos, residuos y emisiones se conoce hoy en día como metabolismo urbano (Kennedy, Cuddihy and Engel-Yan, 2007). Dentro de este campo, existe una línea de discusión que entiende las ciudades como nuevos núcleos de creación y manufactura de productos en oposición a percibirlos simplemente como sistemas de consumo y generación de residuos (Manzini and Cipolla, 2019; López Groh, 2011). Un ejemplo de esta visión es la proliferación de los llamado *fab labs* (acrónimo del inglés *Fabrication Laboratory*) que son espacios urbanos concebidos para la producción de objetos físicos a escala personal o local que agrupa máquinas y herramientas para la fabricación digital (UAB, 2018). Estos espacios, fuertemente vinculados con la sociedad, favorecen la creatividad a los ciudadanos, y se consideran como nichos para la innovación.

Tanto a nivel urbano como industrial se han desarrollado diversas directivas en el ámbito europeo y también regulaciones en el ámbito estatal y local con el objetivo de sistematizar la gestión de residuos. Por ejemplo, la directiva 2012/19/EU tiene como objetivo promover la reutilización, el reciclaje y otras formas de recuperación de residuos de equipos eléctricos y electrónicos (RAEE), que establece criterios para la recogida, tratamiento y recuperación de estos productos (European Parliament and The Council Of The European Union, 2012). En el contexto actual de crisis climática se hace cada vez más necesario, en primer lugar, entender de forma sistémica los flujos y el stock de materiales. En segundo lugar, identificar sistemas de negocio o procesos que permitan optimizar la vida útil de los productos existentes en el sistema socioeconómico y recuperar materiales, sobre todo aquellos provenientes de recursos no renovables como es el caso de los metales. Es necesario hacer una transición como sociedad y reemplazar el concepto de gestión de residuos por el de gestión de recursos.

APLICACIÓN DEL ANÁLISIS DE FLUJO DE MATERIALES PARA IDENTIFICAR LOS MATERIALES CRÍTICOS PARA EUROPA: ECOSISTEMA GLOBAL.

La Comisión Europea lanzó la Iniciativa Europea de Materias Primas en 2008 y adoptó en 2011 un documento de estrategia que establece medidas específicas para asegurar y mejorar el acceso a las materias primas en la UE, basado en un enfoque de tres pilares: 1) el suministro justo y sostenible de materias primas de los mercados internacionales, 2) fomento del suministro sostenible en la UE, y 3) impulsar la eficiencia de los recursos y promover el reciclaje (European Commission, 2008). Desde 2010 se han publicado diversos estudios sobre los materiales críticos desde la óptica de la industria europea. Los materiales críticos son materiales estratégicamente relevantes para la industria europea y que provienen de países políticamente inestables, lo que conlleva un posible riesgo del suministro. Por ejemplo, uno de los materiales críticos que aparece en todos los informes es el cobalto. El cobalto es un material estratégicamente importante para las baterías secundarias, sobre todo por su aplicación en AEEs y vehículos eléctricos. En el caso de los vehículos eléctricos es clave para la transición hacia modos de transporte bajos en emisiones de dióxido de carbono (CO_2). Europa es una región con pocos recursos de cobalto. En 2016, la producción de cobalto en la UE fue de 2.300 toneladas, casi un 2% de la producción mundial. El suministro de este material se realiza básicamente a través de la importación desde otros países, principalmente de la República Democrática del Congo que suministra el 55% de la producción mundial. En 2030, se espera que la producción minera futura de la UE aumente a 3.200 toneladas. Para entonces, esta cantidad podría proporcionar alrededor del 6% del consumo europeo de cobalto en el sector de vehículos eléctricos (Alves Dias *et al*., 2018).

En general, la lista de materiales incluidos como críticos ha ido incrementándose progresivamente desde el primer informe, en parte también debido a que el número de materiales a evaluar también ha aumentado. En 2011, se identificaron 14 materiales críticos de 41 materiales analizados (European Commission, 2011). En 2014, el número de materiales críticos fue de 20 de los 54 materiales evaluados, y en 2017 se identificaron 27 materiales críticos de los 61 materiales analizados (European Commission, 2014, 2017). La Tabla 1 muestra la evaluación de la lista de materiales críticos en los últimos informes. Se espera que la CE publique una nueva lista de materiales críticos en 2020.

TABLA 1
LISTA DE MATERIALES CRÍTICOS IDENTIFICADOS POR LA COMISIÓN EUROPEA EN 2011, 2014 Y 2017

2011 CRMs list (14)	2014 CRMs list (20)	2017 CRMs list (27)
Antimonio	Antimonio	Antimonio
Berilio	Berilio	Barita
Cobalto	Borato	Berilio
Fluorita	Cromo	Bismuto
Galio	Cobalto	Borato
Germanio	Carbón de coque	Cobalto
Grafito	Fluorita	Carbón de coque
Indio	Galio	Fluorita
Magnesio	Germanio	Galio
Niobio	Indio	Germanio
Metales del grupo platino	Magnesita	Hafnio
Tierras raras	Magnesio	Helio
Tantalio	Grafito natural	Indio
Tungsteno	Niobio	Magnesio
	Roca de fosfato	Grafito natural
	Metal silicio	Caucho natural
	Tungsteno	Niobio
	Metales del grupo platino	Roca de fosfato
	Tierras raras pesadas	Fósforo
	Tierras raras ligeras	Escandio
		Metal silicio
		Tantalio
		Tungsteno
		Vanadio
		Metales del grupo platino
		Tierras raras pesadas
		Tierras raras ligeros

Fuente: Comisión Europea.

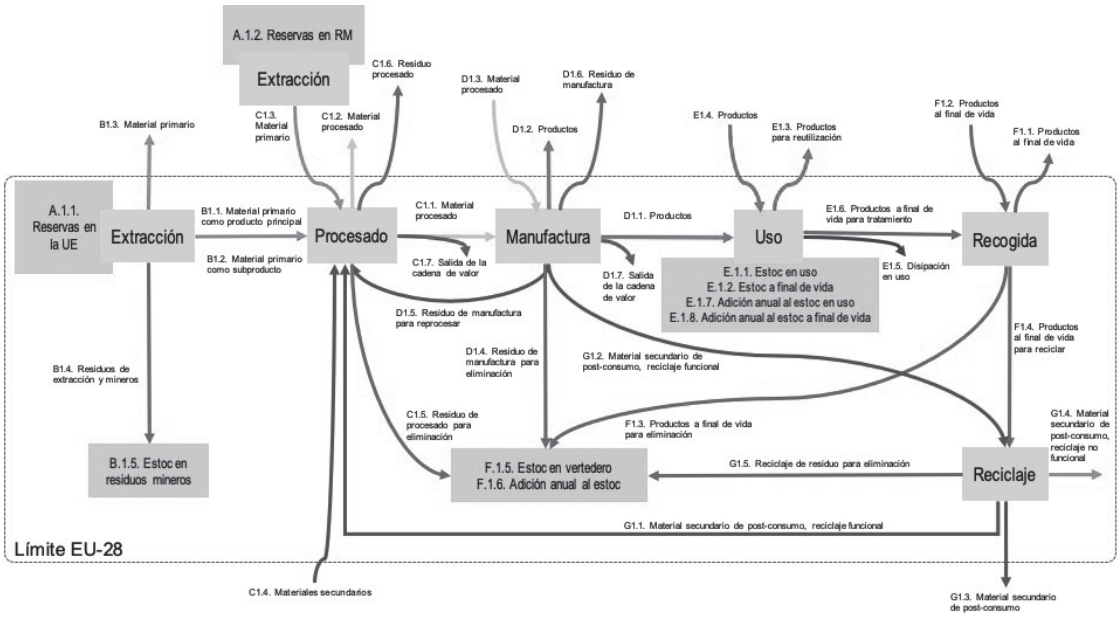
Paralelamente a estos estudios destinados a identificar materiales clave para la economía de Europa, la CE lanzó en 2012 el estudio sobre necesidades de datos para un análisis completo del flujo de materias primas. El objetivo de este estudio era apoyar a la Comisión Europea en la identificación de las necesidades de información y datos para un análisis completo del flujo de materias primas a nivel europeo. El estudio se centró en la recopilación de información de bases de datos disponibles públicamente, autoridades en cada Estado miembro, asociaciones industriales, empresas e informes disponibles comercialmente para 21 materiales o grupos de materiales (European Commission, 2012). El estudio señaló falta de datos con respecto a prácticamente todas las etapas del ciclo de vida de los materiales e identificó como las principales deficiencias la dependencia de fuentes puntuales o no pertenecientes a la UE con actualizaciones nulas o irregulares, la falta de estandarización, entre otras.

En junio de 2015 se realizó un nuevo estudio *'Study on Data for a Raw Material System Analysis* (MSA)' con el objetivo de incluir una descripción completa de las fuentes de datos existentes adaptadas o viables para los MSA en Europa. Este estudio facilitó estudios de MSA completos para 28 materiales, con fuentes de datos detalladas, supuestos y cálculos, y con lagunas de datos principales recopiladas a través de consultas y talleres (Petiot *et al*., 2015). Cada uno de los materiales analizados incluía un mapa de flujos de materiales como el que se muestra en la Figura 2, ilustrando la entrada (extracciones, importaciones a la UE) y el movimiento (producción, consumo, exportaciones fuera de la UE) a través de la economía de la UE, adiciones al stock y finalización eliminación o recuperación de vida útil, además de información sobre seguridad de suministro (concentración del país), sustitutos y demanda futura prevista de materiales.

En julio de 2017, la Comisión Europea publicó la metodología revisada para la identificación de materiales críticos, la cual incluía aspectos metodológicos sobre el análisis de flujo de materiales aplicado para la evaluación de la criticidad de materiales. En la dimensión del riesgo de suministro, las principales novedades de la metodología revisada fueron: (1) incorporación de barreras y acuerdos comerciales, (2) adopción de un enfoque de cuello de botella más sistemático en la cadena de suministro, (3) inclusión de dependencia de las importaciones y una imagen más precisa del suministro real a la UE, y (4) confirmación del papel destacado del reciclaje y una mejora sustancial de la calidad y la representatividad de los datos para la UE. Respecto al componente de importancia económica refinada, las dos principales novedades fueron: (1) una asignación más detallada y transparente de los usos de materias primas en sus sectores NACE correspondientes, y (2) la introducción de un índice de sustitución.

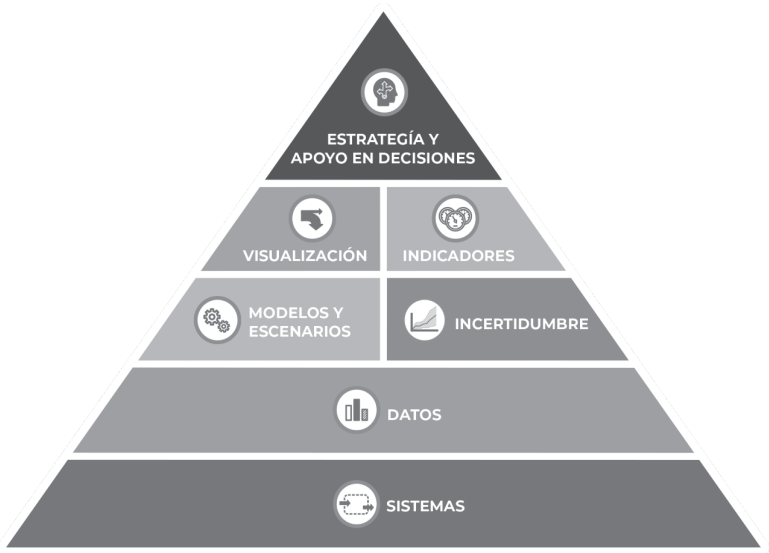
Existen otros proyectos que se han desarrollado de forma paralela al proceso político de identificación de materiales críticos, y que han contribuido de forma clara a establecer el AFM como una herramienta clave para el desarrollo de políticas en gestión de recursos. En 2016, el proyecto H2020 «Análisis de flujos de materiales y pronósticos de oferta-demanda

FIGURA 2
DIAGRAMA DEL ANÁLISIS DE FLUJO DE MATERIALES (AFM) DESARROLLADO EN EL MARCO DEL ESTUDIO MSA



Fuente: Petiot *et al*. (2015).

FIGURA 3
MARCO DE APLICACIÓN DEL ANÁLISIS DEL FLUJO DE MATERIALES (AFM) PROPUESTO EN EL PROYECTO MINFUTURE



Fuente: Proyecto H2020 Minfuture (https://minfuture.eu).

para estrategias minerales globales» estableció una jerarquía de pasos a seguir para el desarrollo de AFM que se muestra en la Figura 3.

El primer paso en la jerarquía es tener una mayor comprensión sobre el sistema a analizar. La **descripción del sistema** permite ubicar los stocks y los flujos de entrada y salida de materiales sin necesidad de vincular cantidades. El conocimiento sobre los sistemas a menudo está muy fragmentado, particularmente para metales menores, materias primas críticas y para la gestión del final de la vida útil. Obtener una descripción clara del sistema es imprescindible para poder monitorizar a varias escalas (empresa, región, país, global) y gestionar eficazmente los recursos y controlar las emisiones y los residuos.

El segundo lugar de la jerarquía del AFM es la **disponibilidad de datos** claros y con puntos de referencia bien descritos. Actualmente muchos de los datos

disponibles tienden a estar dispersos en diversas publicaciones y bases de datos, y con un significado ambiguo, lo que conduce en muchos casos a una mala interpretación de estos. En los AFM es necesario presentar los datos con el contexto de su sistema, a ser posible como metadatos que incluyan la ubicación del sistema de las mediciones. Como se muestra en la figura 3, los modelos y el análisis de incertidumbre ocupan el tercer nivel en la jerarquía.

Los **modelos** son representaciones matemáticas que se utilizan para pronosticar la oferta y la demanda de recursos, y para probar estrategías de gestión de recursos en diferentes condiciones. La solidez de los modelos generalmente está limitada por la falta de datos sólidos y de una buena comprensión del sistema.

Las **incertidumbres** en los son causadas por la escasez de datos y los errores en las definiciones del sistema. Ignorar la incertidumbre puede dar lugar a interpretaciones incorrectas de los resultados. Los análisis de incertidumbre mejoran la transparencia, la solidez de los resultados y permite a los usuarios identificar las fortalezas y debilidades del modelo. En el cuarto nivel de la jerarquía de la figura 3, se sitúan la definición y el uso de indicadores, y la visualización del sistema analizado.

Los **indicadores** se utilizan para estimar cuantitativamente el rendimiento de un sistema. La definición de indicadores se puede mejorar a través de una definición explícita del sistema y de las variables que se consideran para su cálculo.

La **visualización** del sistema permite representar de forma clara sistemas complejos y comunicar los resultados de manera efectiva. Las visualizaciones pueden capturar múltiples dimensiones, que agregan claridad y transparencia, y fortalecen los resultados mediante diversos modos de comunicación. Por último, en la parte más elevada de la pirámide se sitúan las «estrategías y apoyo en decisiones». En algunos casos las estrategias definidas son ineficaces, costosas y de uso limitado cuando no se basan en una definición clara del sistema. Mejorar la comprensión del sistema y los datos es el aspecto más crítico para mejorar las estrategias de gestión de recursos. Las AMF pueden apoyar en la toma de decisiones al proporcionar un lenguaje que integra datos e identificar puntos clave para las mediciones de indicadores.

En 2018, la CE financió el proyecto SCRREEN con el objetivo de establecer una red de expertos que representase toda la cadena de valor de las materias primas críticas presentes y futuras, que incluyese las etapas de minería, procesamiento, manufactura y reciclaje, además de aplicaciones y sustitución. Esta red de expertos ha generado una serie de informes para facilitar la toma de decisiones sobre materias primas. Entre otras actividades han realizado la validación de los datos de los AFM desarrollados por parte del JRC de la CE. Estos datos y informes serán utilizados para complementar la lista de los materiales críticos que se publicará durante el 2020.

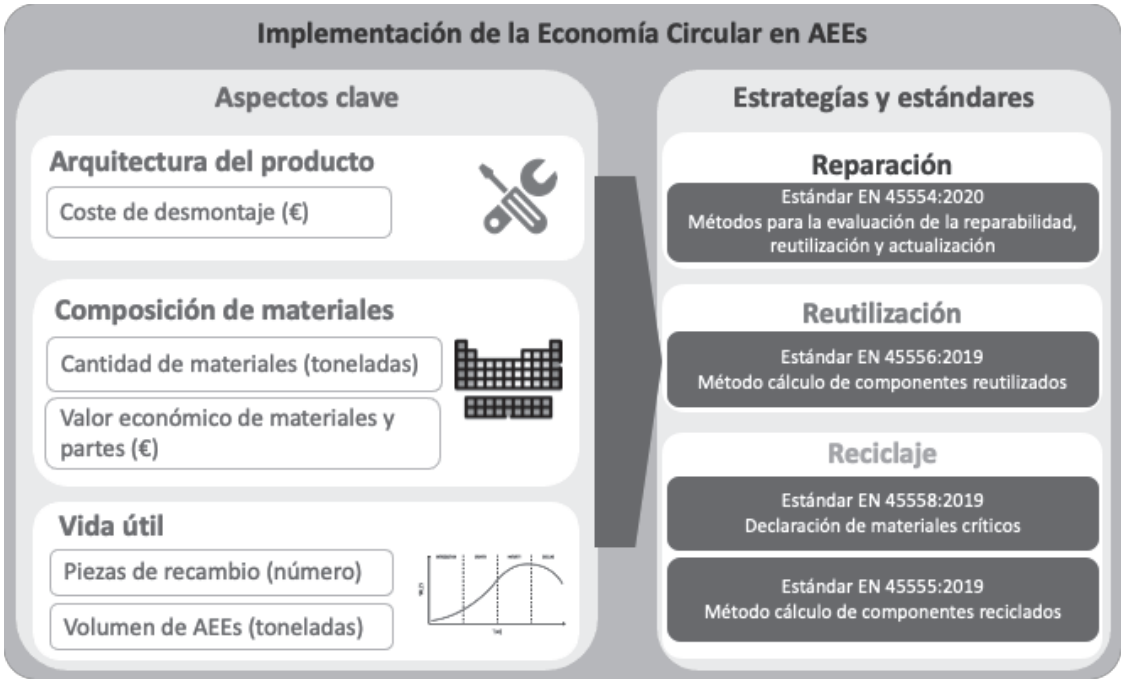
LA GESTIÓN DE PRODUCTOS CON ALTO CONTENIDO DE MATERIALES CRÍTICOS: EL CASO DE LOS APARATOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS

Para poder obtener una mayor comprensión sobre el stock y el flujo potencial de algunos materiales es necesario entender mejor de que forma dichos materiales se utilizan en productos finales. Los AEEs representan uno de los mayores grupos de productos que concentran cantidades relevantes de materiales importantes para la economía. De hecho, los estudios sobre este tipo de productos se han ido incrementando con los años.

Según los últimos datos estadísticos en el mundo, los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEEs) es la fracción de residuo que más ha aumentado en los últimos años (Tansel, 2017). Cada año se generan entre 30 a 50 millones de toneladas de RAEEs, con un incremento anual de un 3% y un 5% (Guo and Yan, 2017). Según el informe de 2017 de *The Global E-waste Monitor* (Balde *et al*., 2017) en 2016 se generaron 44,7 millones de toneladas de RAEEs, y se espera que la cantidad se incremente hasta los 52,2 millones de toneladas en 2021.

De la cantidad de RAEEs generada en 2016, sólo el 20% se gestionó a través de sistemas de recogida selectiva, mientras que la gestión del 80% de RAEEs restante no está documentada y se desconocen la forma de gestión realizada (Balde *et al*., 2017). Del 20% de RAEEs gestionados mediante recogida selectiva, un 68% se recicló, un 2% se preparó para reutilización y el 30% restante se incineró o se llevo a vertedero (Eurostat, 2016). Globalmente, casi un 50% de los RAEEs generados en países desarrollados acabó en países terceros donde los sistemas de gestión están lejos de ser optimizados (Awasthi and Li, 2017). El comité de la Convención de Basilea presentó en 2018 un estudio en el que ponía en evidencia la exportación de RAEEs a terceros países (Puckett, Brandt and Palmer, 2018). Los resultados del estudio muestran que el 6% de los RAEEs gestionados a través de puntos de recogida en Europa se exportaron a países distintos donde se recogieron. Más de la mitad (61%) se exportó a países en desarrollo, muy probable de forma ilegal ya que la Unión Europea ha implementado la Enmienda de Prohibición del Convenio de Basilea (Decisión III/1) en su legislación conocida como el artículo 36 del Reglamento de Envío de Residuos (WSR). Extrapolando las tasas nacionales de exportación y utilizando los pesos que esos países producen de RAEEs cada año, podemos estimar que se exportan anualmente alrededor de 422 mil toneladas de RAEEs . Los autores del estudio estiman que los resultados equivalen a unos 17 mil contenedores intermodales de cuarenta pies que alineados equivalen a la distancia entre València y Barcelona. El impacto ambiental ge-

FIGURA 4
ASPECTOS CLAVES Y ESTRATEGIAS Y ESTÁNDARES PARA AVANZAR HACIA UNA ECONOMÍA CIRCULAR EN AEES



Fuente: elaboración propia.

nerado por los RAEEs en estos países es claramente notable debido a la falta de una gestión adecuada de los residuos. En muchos casos se realiza la quema al aire libre de fracciones residuales irreparables, que generan contaminación local, graves efectos a las personas expuestas y contaminación de cultivos. Los contaminantes incluirían metales pesados altamente tóxicos como plomo, cadmio y mercurio, así como dioxinas, furanos e hidrocarburos aromáticos policíclicos que causan cáncer.

CLAVES PARA EL DESARROLLO DE LA ECONOMÍA CIRCULAR EN EL SECTOR DE LOS AEES

Especialmente desde la presentación del plan de acción en economía circular durante la Conferencia de las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas (COP21) de 2015, se ha empezado a desarrollar diversas líneas de acción en Europa (European Commission, 2015). Varias de las líneas de actuación se centran en entender mejor la relevancia de los AEEs como flujo de residuo, pero también como stock alternativo de recursos. Un ejemplo es la incorporación progresiva de aspectos relacionados con la eficiencia de materiales en las nuevas regulaciones de la CE de Ecodiseño. Un estudio realizado para el parlamento europeo determinó que las nuevas regulaciones de ecodiseño de seis grupos de productos incorporaban aspectos relacionados con la eficiencia de materiales. Entre las medidas implementadas se identificaban: la durabilidad del producto o de sus partes para productos de iluminación y aspiradoras; información sobre mantenimiento y desmontaje para las aspiradoras y equipos de refrigeración profesional; e información sobre la gestión final del producto para calentadores (Gabarrell Durany *et al.*, 2017).

Durante el desarrollo de estas regulaciones se puso de manifiesto la necesidad de definir metodologías de evaluación y nuevos procesos de verificación de dichas medidas. Para avanzar en estos aspectos, se estableció el comité Técnico Conjunto CEN/CLC/JTC10 que ha desarrollado cinco nuevos estándares sobre aspectos de eficiencia de materiales para productos relacionados con la energía (*Energy related Products, ErP*). Los nuevos estándares abordan aspectos tales como los métodos para proporcionar información sobre aspectos de eficiencia de materiales (EN 45559:2019), formato para la declaración de la cantidad de los materiales críticos (EN 45558:2019), metodologías para calcular la proporción de componentes reutilizados (*reused*) (EN 45556:2019), metodologías de la reciclabilidad (*recyclability*) y la recuperabilidad (*recoverability*) de los productos relacionados con la energía (EN 45555:2019), y métodos para la evaluación de la reparabilidad, reutilización y actualización (EN 45554:2020) (CEN/CENELEC 2019).

Los nuevos estándares en eficiencia de materiales evidencian la necesidad de obtener más información en tres aspectos clave de los AEEs: la arquitectura del producto, la composición del producto y su vida útil. La arquitectura del producto es un aspecto

clave para determinar la reparabilidad y potencial de reutilización parcial o total de componentes. También ofrece información útil a las empresas que realizan la gestión final del producto sobre posibles procesos de recuperación de determinadas fracciones con un contenido alto de materiales relevantes. En segundo lugar, la composición del producto permite entender la relevancia desde el punto de vista de contenido de materiales relevantes, tales como tóxicos, críticos y/o económicamente notables. Conocer la composición de un producto resulta también crucial para poder evaluar la recuperabilidad y la reciclabilidad del producto. Finalmente, la información sobre la vida útil permite predecir la necesidad de mantenimiento y de reparación del producto, y adicionalmente estimar en que momento el producto puede ser reutilizado o reciclado.

Podemos concluir que desde 2015 se ha avanzado de forma notable para entender mejor los flujos y el stock de los materiales contenidos en los AEEs mediante la publicación de los AFM de materiales en Europa, además de avanzar en el desarrollo de nuevos estándares con métodos de verificación que permiten cuantificar de forma concreta los avances en la implementación de las distintas estrategias en economía circular. La figura 4 resume las tres claves desde un punto de vista metodológico y de datos para la economía circular de los AEEs, y los estándares relacionados con la reparación, la reutilización y el reciclaje.

Arquitectura del producto

Actualmente solo unos pocos fabricantes de productos electrónicos (Fairphone, Dell y HP) proporcionan manuales de reparación y repuestos a los usuarios para facilitar la reparación de sus productos (Cobbing *et al.*, 2017). El desarrollo de software para la evaluación del diseño arquitectónico de productos sigue siendo muy incipiente. En la actualidad, la única plataforma existente para recopilar información sobre diseño de los AEEs es Ifixit (Ifixit, 2016). Ifixit es «un sitio basado en wiki con manuales de acceso abierto que ayudan a las personas a reparar una gran variedad de equipos». Este sitio web permite crear nuevos manuales y editar manuales disponibles para mejorarlos. Tiene un alto componente de empoderamiento de la ciudadanía, pues uno de los objetivos que persiguen es «capacitar a las personas para compartir sus conocimientos técnicos con el resto del mundo». Los manuales de Ifixit han comenzado a incluir indicadores como el grado de dificultad, los pasos y el tiempo requerido, lo que confirma la creciente necesidad de proporcionar información al respecto. Según Ifixit, muchos dispositivos aún conservan un grado relativamente alto de reparabilidad. Sin embargo, muchos de los nuevos dispositivos tienden a ser diseñados con estrategias que dificultan su reparación. El indicador más relevante en este sentido es el coste de desmontaje o despiece del producto o de sus partes potencialmente recuperables. Este coste viene muy determinado por el tipo de diseño interno del producto.

Composición química

La información sobre la composición química del material y de las partes contenidas en mayores cantidades en los AEEs, como por ejemplo los principales metales y plásticos, generalmente están disponibles en la mayoría de los inventarios de ciclo de vida. Por el contrario, los datos sobre la fabricación de componentes electrónicos (es decir, diodos, condensadores, circuitos integrados) contenidos en placas de circuitos impresos (PCB) y tarjetas de memoria aún son limitados. Actualmente, Ecoinvent y PE-GaBi incluyen datos de inventario para el ciclo de vida (recursos utilizado para la fabricación) para una serie de componentes electrónicos y varios modelos de PCB. Sin embargo, dicho inventario no proporciona el contenido del material contenido y, por tanto, la cuantificación de los materiales en los PCB solo se puede realizar mediante análisis químicos específicos. Además, la evaluación de los componentes electrónicos consume mucho tiempo también porque los datos primarios se desactualizan rápidamente debido a los rápidos avances tecnológicos. Un aspecto adicional que considerar en los AEEs es la disponibilidad de algunos de los materiales clave tales como tierras raras, platino, galio y tantalio, entre otros.

Desde 2017, en el ICTA-UAB se ha desarrollado la base de Datos de SEmiconductores y otros componentes (DoSE). DoSE contiene la composición química de más de 200 componentes eléctricos y electrónicos que se usan en las PCBs (Talens Peiró and Gabarrell i Durany, 2018; Talens Peiró and Gabarrell i Durany, 2018). Estos datos permiten crear modelos de placas de PCB y estimar contenido de materiales sin la necesidad de realizar un análisis químico de la placa. Además, la base de datos LCADB permite importar los datos de componentes y realizar un inventario del ciclo de vida para realizar análisis de ciclo de vida (ACV) mediante software comercial.

Los datos sobre la composición química de los AEEs permiten desarrollar indicadores junto con el valor económico de componentes y de materiales, útiles para determinar si los AEEs seguirán procesos de reparación y/o reutilización o si por el contrario se destinan a reciclaje.

Vida útil

En la actualidad, la única herramienta en línea disponible para obtener información sobre la vida útil de los AEES es la «base de datos de vida útil para vehículos, equipos y estructuras: LiVES» respaldada por el Ministerio del Medio Ambiente de Japón (Japanese National Institute for Environmental Studies,

2009). La base de datos LiVES incluye más de 1.300 datos encuestados y estimados en 16 países. Los datos están clasificados por categoria de producto. LiVES tiene dos limitaciones principales: proporciona estimaciones de vida útil como vida útil promedio en años (es decir, en 2007 un teléfono móvil tuvo una vida útil de 3 años), y los datos no se han actualizado desde marzo de 2010.

El análisis de la vida útil de la electrónica se ha convertido en uno de los temas de mayor relevancia en la agenda política de la UE (European Commission, 2019). Una indicación es la consolidación de la conferencia bianual *Product Lifetime and the Environment* (PLATE). La reunión de 2019 contó con más de 200 participantes de todo el mundo y ofreció un sólido programa científico con 3 discursos principales, 11 talleres, 105 presentaciones orales y 20 presentaciones de pósteres organizadas en 5 sesiones paralelas. Otra evidencia sobre la relevancia de este aspecto es el informe publicado recientemente por la Oficina Europea de Medio Ambiente (EEB), donde se analizó la vida útil de algunos productos electrónicos. Por ejemplo, EEB estima que la vida útil promedio de un teléfono móvil es de tres años, mientras que la vida útil óptima mínima es de 25 años. La vida útil máxima óptima para compensar su impacto en el medio ambiente es de 232 años (Zuloaga *et al*., 2019). En resumen, el análisis de la vida útil de los productos está ganando impulso, ya que es fundamental para obtener una comprensión más completa sobre la durabilidad, el potencial de extender la vida útil y la cantidad de materiales potencialmente recuperables en un determinado período de tiempo.

Algunos de los indicadores más relevantes para la evaluación de la vida útil de un AEE son la disponibilidad de piezas de recambio y el volumen de AEEs en el mercado de cara a la reutilización (pensando en dar una segunda vida al producto), y también con relación al potencial de producción de material secundario a través de procesos de reciclaje.

EL CASO DE LOS DISCOS DUROS: ECOSISTEMA INDUSTRIAL LOCAL

Este apartado presenta un análisis más detallado de los tres aspectos considerados como clave para la implementación de las distintas estrategias en economía circular en los AEEs usando como ejemplo el caso de los discos duros en el área de Barcelona. Los discos duros son dispositivos de almacenamiento de información digital. Actualmente existen dos tecnologías en el mercado actual. Los discos duros mecánicos que funcionan con discos o platos giratorios sobre los que se opera a través de un brazo de accionamiento con cabezal de lectura y escritura, que son popularmente conocidos con el acrónimo HDD. La tecnología *solid state drive (*SSD) que, en vez de utilizar platos o discos magnéticos, utilizan una memoria no volátil, como la memoria Flash para almacenar datos. Los HDD se consideran un producto relevante porque se están convirtiendo en un flujo de residuos cada vez mayor en RAEE, ya que la necesidad de almacenamiento de datos continúa aumentando y las nuevas unidades de estado sólido (SSD) los están reemplazando progresivamente (Statista - The statistics portal, 2019).

Actualmente, una vez los discos duros son recogidos por las distintas empresas de recogida autorizadas, son llevados a empresas de reciclaje donde generalmente se tratan con otros productos similares mediante separación semiautomática con trituración comercial o aplastamiento. Las fracciones resultantes se separan manualmente en diferentes corrientes de material (Yan, Xue and Xu, 2013; Talens Peiró and Ardente, 2015). Los materiales contenidos en las placas de circuito impreso (PCB) son generalmente disipados y diluidos con otras fracciones de RAEEs, lo que dificulta la recuperación de materiales con baja concentración, pero con un valor económico relevante (Binnemans *et al*., 2013).

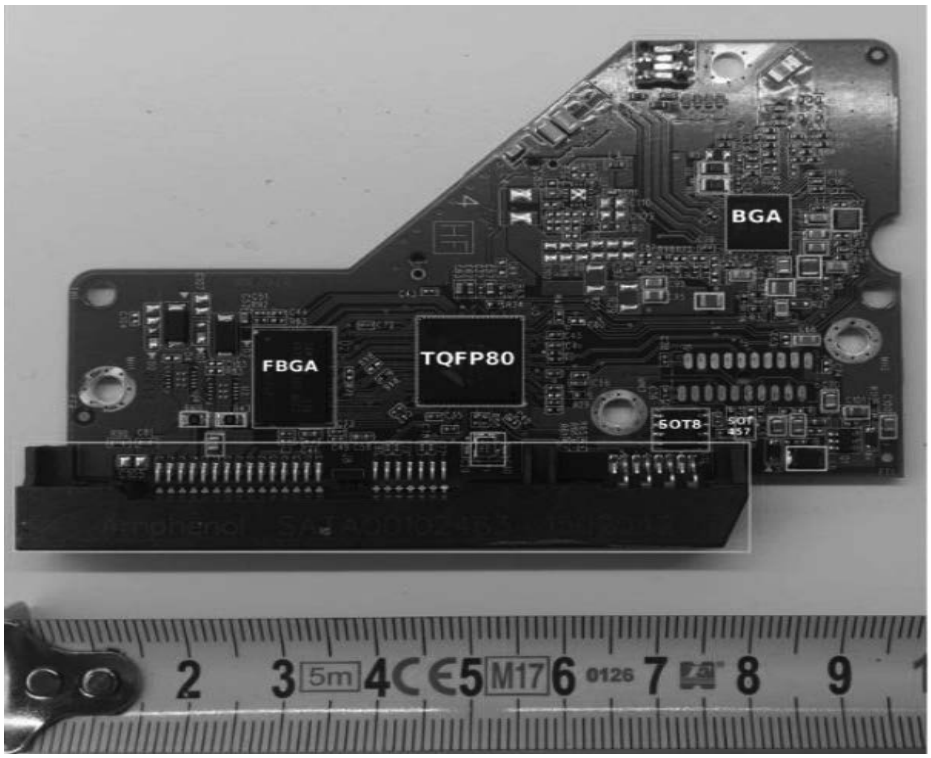
En el año 2016, el área metropolitana de Barcelona (3,2 millones de habitantes) generó 51 toneladas de residuos de discos duros, equivalentes a 113,415 unidades. Los discos duros procedían tanto de equipos recogidos (ordenadores, equipos con CPU) que incluían en su interior a uno o varios discos duros tanto de particulares como de empresas, como tiendas. Se consideró el área metropolitana de Barcelona como sistema, en lugar de un barrio o solo un municipio, dado que los procesos no son independientes, los sistemas de recogida pueden ser compartidos (ya fuese de suministro de los productos como de recogida de los residuos), así como las plantas de tratamiento. Según los últimos datos estadísticos, la cantidad de RAEEs en Barcelona se ha incrementado en los últimos años. En el año 2010 se recogieron 3.490 toneladas de RAEEs, 1,09 kg por habitante; mientras que en el año 2017 se alcanzaron las 15.430 toneladas, a razón de 4,75 kg por habitante (Waste Agency Catalonia, 2018).

Arquitectura del producto

El análisis sobre la arquitectura permitió determinar la dificultad para poder separar partes del producto consideradas como relevantes desde un punto de vista económico y ambiental. En muchos casos, también en el de los discos duros, la información sobre el diseño de los productos se obtuvo mediante el desmontaje o despiece de varias unidades del producto.

En este caso, en Barcelona se seleccionaron 25 unidades, con una antigüedad inferior a 25 años. Las unidades seleccionadas (19 unidades de 3,5 pulgadas y seis unidades de 2,5 pulgadas) se desmontaron utilizando herramientas estandarizadas, generalmente un destornillador manual (principalmente con brocas Torx T6 y T8), una palanca y herramientas de punción. El tiempo para el despiece de los discos duros se cuantificó utilizando el método «métrica de

FIGURA 5
FOTOGRAFÍA DE UNA PLACA DE CIRCUITO IMPRESA (PCB) DE UN DISCO DURO



Fuente: elaboración propia.

facilidad de desmontaje» (eDiM) (Vanegas *et al*., 2018; Peeters *et al*., 2018). Los resultados de eDIM se utilizaron posteriormente para hacer una estimación del coste de desmontaje de dos partes importantes: la placa PCB y los imanes permanentes (IP). El coste de separar ambos componentes se calculó en función de las horas de trabajo anuales y el costo de un operador mecánico especializado para realizar el desmontaje (Talens Peiró, Castro Girón and Gabarrell i Durany, 2020).

De este estudio se obtuvieron dos conclusiones principales. La primera conclusión es que el diseño interno de los discos duros está estandarizado en gran medida, independientemente del tamaño y el año de fabricación. Como resultado serían posibles operaciones semiautomáticas para reducir el tiempo de desmontaje. La segunda conclusión es que el PCB es fácilmente extraíble y tiene un coste muy bajo (0,05 €). Dependiendo del número de imanes a separar, el tiempo de desmontaje oscila entre 15 y 115 segundos, lo que conlleva un coste económico de 0.39 € en el mercado local. Si bien los PCB y los IP del actuador se diseñaron para facilitar su desmontaje no destructivo, el imán del motor del disco sólo pudo separarse en cuatro de las 25 unidades analizadas de forma no destructiva.

Composición química

El valor económico de las partes objetivo se calculó en función de la cantidad de materiales y del mercado local. La cantidad de los materiales contenidos en un producto puede tomarse de estudios existentes o calcularse utilizando estimaciones teóricas de la composición del EEE, como la base de datos DoSE que se encontraba todavía en fase de desarrollo. Los precios de los materiales evaluados se pueden recopilar de diversos sitios web como London Metal Exchange (London Metal Exchange, n.d.), Infomine (Informines, n.d.), Focus Economics (Focus Economics 2019b, 2019c, 2019a) e informes de organizaciones como el Instituto Federal Alemán de Geociencia y Recursos Naturales (Bastian, 2018), entre otros.

La cantidad de oro, plata y paladio en el PCB de un disco duro se estimó en 3,440 ppm, 1,020 ppm y 210 ppm respectivamente (Ueberschaar and Rotter, 2015). El valor económico de la placa PCB separada se estimó en 0,85 €. Talens Peiró, Castro Girón y Gabarrell i Durany (2020). Una tonelada de placas PCB procedente de los discos duros contiene 1,3 kg de oro, 1,9 kg de plata, 0,02 kg de paladio y 48,19 kg de cobre. La Figura 5 muestra une ejemplo de PCB de un disco duro. Los distintos componentes de la PCB están marcados con distintos recuadros. La base de datos DoSE permite realizar un inventariado de componentes y calcular de forma automática la cantidad de materiales que contienen las placas de PCB.

La estimación de coste de desmontaje y del valor económico de la placa pone de manifiesto que se podrían desarrollar unos procesos de recuperación

de PCB de discos duros a escala local, en estos momentos inexistentes.

Vida útil

Detalles tales como piezas más frecuentes a reparar y frecuencia de reparación de los AEEs es información difícil de conseguir en bases de datos o informes técnicos públicos. Existen algunos informes técnicos que contienen información de estos aspectos. Un buen ejemplo es el informe de WRAP en el que se analizaron cinco tipologías de productos: ordenadores portátiles, televisores, tabletas, sistemas de navegación por satélite y cámaras. El objetivo era identificar las posibles oportunidades de mercado para comercializar productos usados, incentivar el intercambio, la reparación y la prestación de servicios (Culligan, 2013). En el caso de los discos duros no se han encontrado informes que detallen los fallos y las reparaciones mas frecuentes, sólo algunos artículos que apuntan a tres causas principales de fallos: fallo eléctrico, archivos dañados y fallo de *firmware* (Lucia, 2020). El fallo eléctrico es uno de los problemas más comunes que ocurren y se genera debido a la fluctuación de energía. Otros de los problemas comunes es la generación de archivos dañados que suceden cuando el usuario apaga el ordenador de forma abrupta. El fallo de *firmware* se puede considerar un fallo del fabricante y su probabilidad es menor.

La vida útil promedio de un disco duro oscila entre los tres y los cinco años (Jeremy, 2017). Esto significa que es probable que casi todas las unidades comercializadas en 2016 ya hayan llegado al final de su vida útil. Desde la perspectiva de los recursos en la UE, el oro, la plata y el paladio se importan de terceros países, por lo que cualquier fuente alternativa de estos materiales beneficiaría a la economía de la UE. Por ejemplo, con base en una vida útil promedio de cinco años (Jeremy, 2017), podemos suponer que los 564 millones de unidades comercializadas en todo el mundo en 2014 habrán llegado al final de su vida útil (The Statistics Portal, 2018). La cantidad de oro de esas unidades (32 toneladas) es superior a la producción anual de minas de oro en la UE en 2018 (23 toneladas) (The Gold World Council, 2019a, 2019b). De modo similar, la recuperación de paladio de los discos duros se estima en 1,95 toneladas, lo que duplica la producción anual de paladio en la mina en 2016 en Europa, que se estimó en 0,95 toneladas (Federal Ministry for Sustainability and Tourism, 2018). La plata es el único material cuya producción minera en la UE es considerablemente mayor (1.919 toneladas) que la cantidad que podría recuperarse (9,5 toneladas) (O'Connell *et al*., 2018).

CONCLUSIONES

Las ciudades deben ser entendidas como sistemas que pueden representar una fuente secundaria de materiales clave para las tecnologías bajas en carbono. En este artículo hemos destacado tres aspectos claves para poder evaluar la viabilidad de implementar estrategias en economía circular en los AEEs. Los tres aspectos clave son: la arquitectura del producto, la composición del producto y su vida útil. El análisis sistemático de estos aspectos puede facilitar el análisis de viabilidad de recuperar ciertos materiales de los AEEs generados en las ciudades.

Existen diversos proyectos europeos centrados en desarrollar nuevos modelos de negocio que permitan optimizar el uso de los AEEs y, al mismo tiempo, establecer mecanismos para aumentar su recogida al final de su vida útil y la recuperación de los materiales que contienen. En estos proyectos se hace cada vez más necesario aplicar metodologías del campo de la ecología industrial que permitan definir de forma clara el sistema para posteriormente cuantificar y definir indicadores que permitan monitorizar esos nuevos modelos de negocio circulares basados en la recuperación y la reutilización de productos usados de alto valor añadido con un enfoque intersectorial. En los próximos años va a ser cada vez mas relevante realizar una transición desde una sociedad centrada en la gestión de residuos hacia una sociedad focalizada en la gestión de recursos.

REFERENCIAS

Achzet, Benjamin, A Reller, and V Zepf. 2011. *Materials Critical to the Energy Industry: An Introduction*. Augsburg: University of Augsburg.

Alves Dias, Patricia, Darina Blagoeva, Claudiu Pavel, and N Arvanitidis. 2018. «Cobalt:Demand-Supply Balances in the Transition to Electric Mobility.» Petten, The Netherlands. https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC112285/jrc112285_cobalt.pdf.

Awasthi, Abhishek Kumar, and Jinhui Li. 2017. «Management of Electrical and Electronic Waste: A Comparative Evaluation of China and India.» *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 76: 434–47.

Balde, C. P., V. Forti, V. Gray, R. Kuehr, and P. Stegmann. 2017. *The Global E-Waste Monitor 2017. United Nations University, IAS – SCYCLE, Bonn, Germany*. https://doi.org/10.1016/j.proci.2014.05.148.

Bastian, Dennis. 2018. «Preismonitor - Mai 2018.» https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Min_rohstoffe/Produkte/Preisliste/pm_18_05.pdf?__blob=publicationFile&v=3.

Binnemans, Koen, Peter Tom Jones, Bart Blanpain, Tom Van Gerven, Yongxiang Yang, Allan Walton, and Matthias Buchert. 2013. «Recycling of Rare Earths: A Critical Review.» *Journal of Cleaner Production* 51 (0): 1–22. https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.12.037.

CEN/CENELEC. 2019. «Standardization Complements the European Union's Ecodesign Regulation towards a European Circular Economy – A View from Richard Hughes, Chairman of CEN/CLC/JTC 10.» 2019. https://www.cencenelec.eu/news/brief_news/pages/tn-2018-034.aspx.

Cobbing, Madeleine, Iza Kruszewska, Elizabeth Jardim, and Manfred Santen. 2017. «How Repairable Is Your Mo-

bile Device?» Taiwan. http://www.greenpeace.org/eastasia/Global/eastasia/publications/reports/toxics/2017/howrepairableisyourmobiledevice.pdf.

Culligan, Kevin. 2013. «The Value of Consumer Electronics for Trade-in and Re-Sale.» WRAP. http://www.wrap.org.uk/node/18473.

Euromines. 2019. «DG Environment Stakeholder Consultation on the Resource Efficiency Roadmap Euromines Positions the Extractive Industries with Respect to Resource Efficiency.» Brussels, Belgium. https://ec.europa.eu/environment/resource_efficiency/pdf/Euromines.pdf.

European Commission. 2008. «COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT AND THE COUNCIL The Raw Materials Initiative — Meeting Our Critical Needs for Growth and Jobs in Europe.» Brussels, Belgium. https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2008:0699:FIN:en:PDF.

———. 2011. «Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions Tackling the Challenges in Commodity Markets and on Raw Materials.» Brussels: European Commission.

———. 2012. «Making Raw Materials Available for Europe's Future Wellbeing: Proposal for a European Innovation Partnership on Raw Materials.» Brussels, Belgium.

———. 2014. «Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions on the Review of the List of Critical Raw Materials for the EU and the Implementation of the Raw Material Initiative.» Brussels: European Commission.

———. 2015. «Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions 'Closing the Loop - An EU Action Plan for the Circular Economy.'»

———. 2017. «Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions on the 2017 List of Critical Raw Materials for the EU.» Brussels: European Commission.

———. 2019. «Sustainable Products in a Circular Economy - Towards an EU Product Policy Framework Contributing to the Circular Economy.» Brussels, Belgium. https://doi.org/10.1109/VS-GAMES.2015.7295756.

European Parliament, and The Council Of The European Union. 2012. «Directive 2012/19/EU of the European Parliament and of the Council on Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE).» *Official Journal of the European Union* 13 (2): 1–24. https://doi.org/10.3000/19770677.L_2012.197.eng.

Eurostat. 2016. «Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE).» 2016. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Waste_statistics_-_electrical_and_electronic_equipment.

Federal Ministry for Sustainability and Tourism. 2018. «World Mining Data 2018.» http://www.world-mining-data.info/wmd/downloads/PDF/WMD2018.pdf.

Focus Economics. 2019a. «Gold Price Outlook.» 2019. https://www.focus-economics.com/commodities/precious-metals/gold.

———. 2019b. «Palladium Price Outlook.» 2019.

———. 2019c. «Silver Price Outlook.» 2019. https://www.focus-economics.com/commodities/precious-metals/silver.

Gabarrell Durany, Xavier, David David Sanjuan Delmás, Carles Martínez Gasol, Maria Feced Mateu, Laura Talens Peiró, and Joan Rieradevall Pons. 2017. «Implementation of the Ecodesign Directive via Working Plans, Based on the Analysis of the Selected Product Groups.» Brussels: European Parliament.

Guo, X., and K. Yan. 2017. «Estimation of Obsolete Cellular Phones Generation: A Case Study of China.» *Science of the Total Environment* 575: 321–29.

ifixit. 2016. «Ifixit: Repair Manuals for Everything.» https://www.ifixit.com/.

Informines. n.d. «Prices of Metals.» https://www.infomine.com.

Japanese National Institute for Environmental Studies. 2009. «Lifespan Database for Vehicles, Equipment and Structures (LiVES).» http://www.nies.go.jp/lifespan/index-e.html.

Jeremy, S. 2017. «How Long Do Hard Drives Last? Lifespan And Signs Of Failure.» *Prosoft Engineering Inc.*, 2017. https://www.prosofteng.com/blog/how-long-do-hard-drives-last/.

Keating, Dave. 2020. «Europe Looks Home for New Mining Opportunities.» *Euractiv*, 2020. https://www.euractiv.com/section/economy-jobs/news/europe-looks-home-for-new-mining-opportunities/.

Kennedy, Christopher, John Cuddihy, and Joshua Engel-Yan. 2007. «The Changing Metabolism of Cities.» *Industrial Ecology* 11 (2): 43–59.

London Metal Exchange. n.d. «Prices of Metals.» https://www.lme.com.

López Groh, Francisco. 2011. «La Regeneración de Áreas Industriales.»

Lucia, Theodomentis. 2020. «How to Fix Hard Drive Failure.» Recoverit. 2020. https://recoverit.wondershare.com/how-to-fix-hard-drive-failure.html.

Manzini, Ezio, and Carla Cipolla. 2019. *Design , Innovation and Policies*. COAM. https://www.coam.org/media/Default Files/fundacion/biblioteca/revista-urbanismo/docs/revista-urbanismo-n11-pag30-45.pdf.

Miner, Louise, and Claudio Rosmino. 2019. «Europe's Mining Industry Is Set to Become More Efficient.» *Euronews*, 2019. https://www.euronews.com/2019/06/17/europe-s-mining-industry-is-set-to-become-more-efficient.

O'Connell, Rhona, Alexander Cameron, Alway Bruce, Saida Litosh, Sudheesh Nambiath, Johann Wiebe, Wenyu Yao, *et al*. 2018. «World Silver Survey 2018.» https://www.silverinstitute.org/wp-content/uploads/2018/04/WSS-2018.pdf.

Peeters, Jef R., Paolo Tecchio, Fulvio Ardente, Paul Vanegas, Damian Coughlan, and Duflou Joost. 2018. «EDIM: Further Development of the Method to Assess the Ease of Disassembly and Reassembly of Products: Application to Notebook Computers.» Ispra. https://doi.org/http://dx.doi.org/10.2760/864982.

Petiot, Charlotte, Mariane Planchon, Alvaro De Prado Trigo, and Chloé Devauze. 2015. «Study on Data for a Raw Material System Analysis: Roadmap and Test of the Fully Operational MSA for Raw Materials.» BIO by Deloitte, IFEU, Charles University Environment Center, ERA Technology.

Puckett, Jim, Chris Brandt, and Hayley Palmer. 2018. «Holes in the Circular Economy. WEEE Leakage from Europe.» Basel, Switzerland. http://wiki.ban.org/images/f/f4/Holes_in_the_Circular_Economy-_WEEE_Leakage_from_Europe.pdf.

Statista - The statistics portal. 2019. «Global Shipments of Hard Disk Drives (HDD) from 4th Quarter 2010 to 3rd Quarter 2018 (in Millions).» 2019. https://www.statista.com/statis-

tics/275336/global-shipment-figures-for-hard-disk-drives-from-4th-quarter-2010/.

Talens Peiró, L, and Fulvio Ardente. 2015. «Benefits and Costs of Potential Requirements on Material Efficiency for Enterprise Servers.» *Environmental Footprint and Material Efficiency Support Forproduct Policy*. Ispra: JRC IES. https://doi.org/10.2788/409022.

Talens Peiró, Laura, Alejandra Castro Girón, and Xavier Gabarrell i Durany. 2020. «Examining the Feasibility of the Urban Mining of Hard Disk Drives.» *Journal of Cleaner Production* 248. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119216.

Talens Peiró, Laura, and Xavier Gabarrell Durany. 2018. «DoSE: A New Database to Map the Use of Raw Materials in Electronics.» In *Raw Material Week*. Brussels, Belgium.

Talens Peiró, Laura, and Xavier Gabarrell i Durany. 2018. «Building up a Circular Economy for Electrical and Electronic Equipment through the Development of the Database of Semiconductors and Other Components (DoSE).» In *Care Innovation Conference*.

Tansel, Berrin. 2017. «From Electronic Consumer Products to E-Wastes: Global Outlook, Waste Quantities, Recycling Challenges.» *Environment International* 98: 35–45.

The Gold World Council. 2019a. «Gold Mine Production in 2018.» GoldHub. 2019. https://www.gold.org/goldhub/data/historical-mine-production.

———. 2019b. «Gold Supply and Demand in 2018.» GoldHub. 2019.

The Statistics Portal. 2018. «Global Shipments of Hard Disk Drives (HDD) from 4th Quarter 2010 to 3rd Quarter 2017 (in Millions).» *The Statistics Portal* 201: 2018. https://www.statista.com/statistics/275336/global-shipment-figures-for-hard-disk-drives-from-4th-quarter-2010/.

UAB. 2018. «Los UAB Open Labs.» 2018. https://www.uab.cat/web/investigar/cores-uab/las-cores-uab/los-uab-open-labs-1345742564637.html.

Ueberschaar, Maximilian, and Vera Susanne Rotter. 2015. «Enabling the Recycling of Rare Earth Elements through Product Design and Trend Analyses of Hard Disk Drives.» *Journal of Material Cycles and Waste Management* 17 (2): 266–81. https://doi.org/10.1007/s10163-014-0347-6.

Vanegas, Paul, Jef R Peeters, Dirk Cattrysse, Paolo Tecchio, Fulvio Ardente, Fabrice Mathieux, Wim Dewulf, and Joost R Duflou. 2018. «Ease of Disassembly of Products to Support Circular Economy Strategies.» *Resources, Conservation and Recycling* 135: 323–34. http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344917301763.

Waste Agency Catalonia. 2018. «Municipal Waste Statistics. Generalitat de Catalunya.» 2018. http://estadistiques.arc.cat/ARC/#.

Yan, Guoqing, Mianqiang Xue, and Zhenming Xu. 2013. «Disposal of Waste Computer Hard Disk Drive: Data Destruction and Resources Recycling.» *Waste Management & Research* 31 (6): 559–67. https://doi.org/10.1177/0734242x13481085.

Zuloaga, Francisco, Jean-Pierre Schweitzer, Mauro Anastasio, and Stéphane Arditi. 2019. «FULL REPORT DON ' T COST THE EARTH.» Brussels, Belgium. European Environmental Bureau.

SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN CIRCULAR Y RESPONSABLE (SDCR). UN ESTUDIO DE CASO MÚLTIPLE EN LA APLICACIÓN DE UN MARCO METODOLÓGICO QUE IMPULSA LA ECONOMÍA CIRCULAR EN PYMES

MONTSERRAT GUERRERO PÉREZ

Asociación de la Industria Navarra (AIN)

Este trabajo es un extracto del trabajo final de master de la autora, MBA Enterprise, Innovation and the Circular Economy de la Universidad de Bradford, y recoge parte de los resultados obtenidos en el diseño e implementación del marco SDCR realizado por la Asociación de la Industria Navarra, que contó con la financiación de Gobierno de Navarra a través del programa de ayudas «Subvención para proyectos en materia de Responsabilidad Social para el año 2018».

Hace ya unos años que la Economía Circular (EC) viene siendo reportada como el nuevo paradigma económico para negocios más responsables y para garantizar una sostenibilidad de los recursos a largo plazo compatible con el crecimiento económico. Muy recientemente la propia Comisión Europea ha establecido que la EC es el marco de desarrollo industrial en Europa para conseguir sus objetivos de crecimiento bajo una economía climáticamente neutra, según el nuevo Pacto Verde Europeo (CE, 2019).

La EC tiene como objetivo mantener las funciones y el valor de los productos, componentes y materiales lo más alto posible (EEA, 2017), extendiendo la vida útil, lo que conllevará un aumento de la productividad, la reducción de la dependencia de recursos y de la generación de residuos, y un aumento del empleo y crecimiento (EMF, 2015a). Si bien la EC parece ofrecer un marco para una sostenibilidad a largo plazo, mejorando la dimensión económica, ambiental y también social del sistema económico actual, su implementación hasta la fecha se ha enfocado principalmente a los contenidos ambientales más que a la parte económica o social (Merli *et al*., 2018), incluso cuando la falta de un enfoque social puede conllevar consecuencias indeseables por falta de una perspectiva ética (Murray *et al*., 2015). De forma general, se ve necesario evolucionar del marco teórico de la EC a una implementación industrial real permitiendo procesos, productos y/o servicios circulares y regenerativos. Con este fin, se han definido multitud de herramientas, modelos, marcos y métodos para el apoyo a empresas en la toma de decisiones hacia la EC, pero aún existe una carencia de marcos compartidos (Merli *et al*., 2018).

Tras haber realizado una exhaustiva revisión bibliográfica de los marcos de implementación de la EC a nivel empresa se identificaron dos carencias de investigación principales. Primero, no existen marcos dedicados específicamente a la introducción de los principios de circularidad en los procesos aguas abajo (Geissdoerfer *et al*., 2018), y específicamente en los sistemas de distribución (SD) (Kalmykova *et al*., 2018), procesos dónde la creación de valor es mayor (Batista *et al*., 2018). Y segundo, existe una carencia en el enfoque social de la EC (Laurenti *et al*., 2018) y específicamente de herramientas para la evaluación social en las acciones de circularidad que se proponen (Mendoza *et al*., 2017).

TABLA 1
COMPARATIVA DE LOS CONTENIDOS TRATADOS EN LOS DIFERENTES MARCOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE ECONOMÍA CIRCULAR EN EMPRESAS

Autor	Joustra *et al*. 2013	Mentink 2014	EMF 2015	Bocken *et al*. 2016	Lewandowski 2016	Antikainen and Valkokari 2016	WBCSD 2016	Mendoza *et al*. 2017	Taluker 2017	ResCoM 2017	Jorgensen and Remmen 2018	Nussholz 2018	Geissdoerfer et. al 2018
Nombre del marco	Guided Choices Towards a Circular Business Model	Business Cycle Canvas (BCC)	ReSOLVE framework	Slowing, Closing and Narrowing resource loops	Circular Business Model Canvas	Sustainable Circular Business Model Innovation (SCBMI)	5 steps to transition to achieve a circular business	BECE framework	Business Combo Model & 5I Framework	REsCoM framework	Circular Economy Journey	Circular business model mapping tool	Integrated framework on CBM and CSCM for Sustainable development
Alcance													
Circular Business Models (Estratégico)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Circular Supply Chain (Operacional)		x					x	x	x	x			x
Enfoque en la sostenibilidad													
Económico	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x
Ambiental		x	x			x	x	x	x		x		x
Social						x	x		x				x
Proceso de implementación													
Empresa -profesionales	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x
Apoyo de investigadores						x			x	x	x	x	x
Recursos ofertados													
Marco conceptual		x	x	x	x	x		x	x			x	x
Toolbox (checklist, diagnósticos,...)	x	x					x			x	x	x	
Guías (métodos de uso)	x	x					x	x	x		x		
Validación del marco													
Casos de estudio		x				x		x	x	x	x	x	x
Ejemplos			x	x			x						
Tipo de empresas													
Grandes empresas		x	x	x			x	x	x	x			x
PYMEs				x		x			x			x	x
Empresas sociales						x						x	
Otras		x									N.A.		

Fuente: elaboración propia.

En este artículo se presentan los principales resultados y conclusiones obtenidas en la aplicación de una nueva metodología de impulso de la EC en PYMEs denominada **Sistema de Distribución Circular y Responsable (SDCR)**, con el fin de evaluar el impacto de la implementación de un marco EC enfocado a las operaciones de distribución incluyendo criterios sociales en la toma de decisiones. Este artículo recoge, por tanto, varias novedades en la literatura existente en esos dos aspectos, creando valor en la investigación de la implementación de marcos de EC en PYMEs a través de un estudio de caso en tres empresas.

REVISIÓN DE LITERATURA

Multitud de artículos han sido escritos en los últimos años sobre los marcos y procesos de implementación de los principios de la EC en las empresas (Merli *et al*., 2018). Con el fin de definir una herramienta útil e innovadora para el trabajo con las PYMEs se realizó una revisión literaria multifocal que incluyó artículos publicados en revistas y fuentes primarias donde se presentan ejemplos de implementación en empresas, ya que éstos ofrecen una importante contribución especialmente en este contexto (Geissdoerfer *et al*., 2018).

La Tabla 1 presenta una comparativa de los enfoques específicos de los marcos más citados en la literatura existente. A través de esa revisión se identificaron dos aspectos poco evaluados anteriormente: el aporte de los marcos sobre partes específicas de la cadena de suministro de las PYMEs, en concreto referente a los SD, y el aspecto social de la EC.

Marcos de Economía Circular: Innovación en modelos de negocio circulares y gestión de las cadenas de suministro circulares.

Más que solo un marco filosófico hacia el desarrollo sostenible, el concepto de EC debe ser transferido a procesos industriales reales, aunque en la actualidad es raramente aplicado en la práctica (Ritzén y Sandström, 2017). En este sentido, en los últimos años se han reportado varias guías, herramientas, modelos y métodos para la toma de decisiones, examinando el apoyo y las implicaciones prácticas para la implementación de la EC (Merli *et al*., 2018; Geisendorf y Pietruella, 2018).

Si nos centramos en la literatura existente en relación con la aplicación de la EC en empresas individuales podemos identificar dos grandes bloques temáticos: modelos de negocio, y cadenas de suministro y ciclos cerrados de materiales (Sacchi Homrich *et al*., 2018). En el caso de los **Modelos de Negocio Circulares** (CBMs) el análisis se centra en cómo se crea valor económico en nuevas estrategias empresariales más circulares, mientras que la aplicación de la EC en las cadenas de suministro y en el cierre de ciclos de materiales se estudian bajo el concepto **Gestión de Cadena de Suministro Circular** (CSCM) (Batista *et al*., 2018).

De forma más operativa que las estrategias de CBMs, la CSCM se ha definido como la configuración y coordinación de las funciones de la organización para cerrar, frenar, intensificar, dirigir y desmaterializar los ciclos de materiales y energía, y así reducir las fugas de recursos en forma de residuos y emisiones fuera del sistema, conllevando una mejora de la eficacia y eficiencia de la operativa y la generación de ventajas competitivas (Geissdoerfer *et al*., 2018). Así, la CSCM permite operar el concepto de EC para su implementación en procesos industriales (Ünal *et al*., 2018), pasando a ser crucial para posibilitar nuevos modelos de negocio (Bocken *et al*., 2014), demostrando la dependencia entre CBM de una empresa y su cadena de valor para cadenas de suministro circulares y regenerativas (De Angelis *et al*., 2018). De forma concreta, conseguir una CSCM necesita de continua adaptación de la cadena de suministro (aguas arriba) y de los procesos de venta hacia los clientes (aguas abajo) (Geissdoerfer *et al*., 2018). Aún así, muy poco se ha descrito sobre cómo adoptar los principios de circularidad específicamente aguas abajo aún siendo particularmente importante para los procesos restaurativos (Batista *et al*., 2018). Si bien los temas como recuperación/reciclaje y consumo/uso se han estudiado prominentemente, la parte de distribución y ventas (Kalmykova *et al*., 2018) y procesos de consumo (Kirchherr *et al*., 2017) han sido raramente vinculados a la implementación de la EC, mostrando la falta de marcos específicos para la evaluación de circularidad en los SD.

El enfoque social de los marcos de ec existentes

Indudablemente, CBMs y CSCM abordan la EC desde la lógica existente detrás de la creación, entrega y captura de valor en el cierre del ciclo de los recursos (Ramos, 2016) utilizando el valor económico incluido en los productos y servicios (Ceptureanu *et al*., 2018). La revisión bibliográfica confirma que pocos estudios recogen las cuestiones sociales en la evaluación de la sostenibilidad de las soluciones de circularidad planteadas (Geissdoerfer *et al*., 2018; Merli *et al*., 2018; Kirchnner *et al*., 2017), mostrado el fracaso de reconocer completamente las implicaciones sociales de los sistemas circulares (Merli *et al*., 2018), incluso cuando la construcción de la EC debería integrar gradualmente sus aspectos sociales (Murray *et al.* 2017).

Únicamente aquellos marcos que relacionan la EC directamente con la sostenibilidad incluyen reflexiones sobre la necesidad de un alcance social, pero no llegan a definir herramientas específicas para su evaluación. Excepcionalmente, WBCSD (2016) define el objetivo de maximizar el impacto en la triple cuenta de resultados utilizando el Análisis de Ciclo de Vida Social (SLCA-*Social Life Cycle Assessment*) para la evaluación del impacto social de las medidas a proponer. Por tanto, resulta prioritario definir

TABLA 2
COMPARATIVA DE LA ESTRUCTURA DE DIFERENTES MARCOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE EC EN EMPRESAS

Autor	Joustra *et al.* 2013	Mentink 2014	Verboven & Vanherck 2015	Lewandowski 2016	Scott 2016	Mendoza *et al.* 2016	WBCSD 2016	TaLuker 2017	ResCoM 2017	Guldman & Remmen 2018
Objetivo	6 Pasos para apoyar a las PYMES a entrar en la EC	Marco de proceso y herramienta para la innovación en Modelos de Negocio en una economía circular economy	Facilitar a los gestores de PYMES priorizar correctamente la sostenibilidad de la implantación y desarrollo.	5 Pasos para apoyar a las PYMES a entrar en la EC	7 componentes clave divididos en 3 pasos	Backcasting y ecodiseño para la implementación de la economía circular en 10 pasos	Haciendo la transición hacia la EC en 5 pasos	Marco 5 Innovaciones con iteración continua entre cada fase.	Permitir que los fabricantes pasen de la generación de ideas a la implementación con 4 pilares de ResCoM	Impulsar a las empresas a explorar la implementación de la CE y el creciente interés social.
Núm Fases	**C2CBIZZ**	**CBMI Framework**	**CSR general model**	**Circular Business Model Canvas (CBMC)**	**7-P model**	**BECE framework**	**Unlocking More Value with Fewer Resources**	**Business Combo Model (BCM)**	**ResCoM framework**	**Closing Material Loops project -definition of idea map**
1	Step 1: CE awareness	Preparation	Analyse	Reading about CE	Learn and understand fundamentals of CE and what the change is concerned and decide on establishing sustainability as an objective	Step 1-3 Application of Backcasting	Step 1- Conducting an assessment to identify what the company is already doing and including concrete examples from other companies to inspire thinking	Identification	Get started- Project definition: Step 1- State your project ambitions, Step 2- Identify circular product design strategies, Step 3-Determine circularity potential of your strategy, Step 4- Visualise your circular strategy	Raise awareness of and generate interest in the CE.
2	Step 2: Company and partners review	Initiation	Decide on direction (steering)	Learning about the readiness of the company, partners and stakeholders in the supply chain for CE		Step 4-6 Application of an eco-design analysis	Step 2- Integrate circular design principles supported by social and environmental life cycle assessment into innovation processes to ensure that results delivers maximum impact on the TBL	Initiation		Secure alignment with the interest of the company
3	Step 3: Product (re-)design & Step 4: Service (re-) design	Ideation	Make specific	Evaluating redesign opportunities that might bring the products into a more circular BM	Organise and implement the mechanism of the CE related to the Process, Preservation, People, Place, Product and Production	Sept 7 Technical and socieconomic feasibility of proposed alternatives are evaluated qualitatively	Step 3- Build business cases combining tangible and intagible benefits	Ideation	Design-Concept definition: Step 5-Design product, Step 6-Track performance	Generate ideas for CBMs and Examine BM ideas
4	Step 5: Business model calculation	Integration	Implement	Understand the service that a company could potentially deliver and how the model needs to be redesigned to enable this	Enable and support implementation of CE, mainly through building teams and managing chance (People)	Step 8-10 Implementation of the vision by defining and validating scenarios and actions plans (roadmaps with specific milestones)	Step 4- Ensure stakeholders support CE initiatives through communication strategies	Integration	Pilot- Design definition: Step 7- Detal Design	Develop Business Case
5	Step 6: Cross check on ambitions	Implementation & Evaluation	Control&Report	Tests wether the value delivered is the value that customer expect and will pay for.			Step 5- Walk the talk and talk the walk, show that it can be done with creative communications approaches	Implementation	Scale-Implement: Step 8- Implement by using different tools available for each step	Experiment and Next steps

Fuente: elaboración propia.

TABLA 3
RECOMENDACIONES PARA LA IMPLANTACIÓN DE MARCOS DE EC EN EMPRESAS

#	Recomendación para la implantación	Referencia
1	Confirmar el compromiso de gerencia y el liderazgo interno del proyecto.	Gulman & Remmen 2018
2	Tomar un abordaje flexible en la aplicación.	
3	Adoptar un alcance alcanzable y asequible, aunque sea menos ambicioso.	
4	Ofrecer sesiones cortas (sobre 3 horas) e introducir plazos entre sesiones.	Heyes *et al*. 2018
5	Organizar una pre-taller para aumentar la implicación de los participantes.	
6	Ofrecer un proceso que sea en sí mismo autoformativo.	
7	Ofrecer una sesión posterior para evaluar el éxito del proyecto.	

Fuente: elaboración propia.

un marco en el se incluyan criterios sociales para la evaluación de acciones a incluir en la hoja de ruta hacia la circularidad de las empresas.

el proceso de implementación y las cajas de herramientas de los marcos de EC

La revisión bibliográfica también ha permitido identificar las conclusiones reportadas sobre los procesos de implementación de marcos de EC y sobre las cajas de herramientas utilizadas. De forma general, los procesos de implementación de los marcos más relevantes de EC se pueden estructurar en cinco fases: Preparación/Identificación, Iniciación, Ideación, Integración e Implementación (Tabla 2).

Un aspecto clave para el éxito de su implementación es cómo se realiza el proceso. A partir de experiencias previas reportadas se han podido extraer las recomendaciones más importantes a tener en cuenta en la implementar los marcos CE (Tabla 3).

También a partir de la bibliografía consultada se ha identificado que la mayoría de los marcos se componen de diferentes herramientas implementadas, siendo el vídeo de EMF (EMF, 2015b) y su diagrama de mariposa (EMF, 2012) de las más útiles (Heyes *et al*., 2018), ya que permiten la reflexión sobre ralentizar, reducir y cerrar el flujo de recursos (Jorgersen *et al*., 2018). En cambio, conclusiones sobre la aplicación de la herramienta *Circle Assessment Tool (CAT)* (CEF, 2018), implementada en el proyecto «*Boosting the Circular Economy amongst SMEs*» de la Comisión Europea (EC, 2017), no han sido reportados aún.

El objetivo de CAT es medir la circularidad e identificar oportunidades para adaptar estrategias frente a siete elementos clave de la EC estructuradas en cuatro estrategias centrales y tres estrategias habilitadoras (Figura 1).

CAT permite recoger, a través de cuestionarios estructurados disponibles en la herramienta online, información sobre el estado actual de la empresa en la circularidad, describir cuáles son los principales retos a los que se enfrentan, así como identificar oportunidades clave de mejora para cada uno de los siete elementos que, a su vez, se desglosan en multitud de subelementos de análisis. Cabe destacar el extenso cuestionario para diagnosticar la «Colaboración para la creación de valor conjunto», aspecto clave de la EC, carente o muy reducido en el resto de herramientas de diagnóstico (Bernon *et al*., 2018).

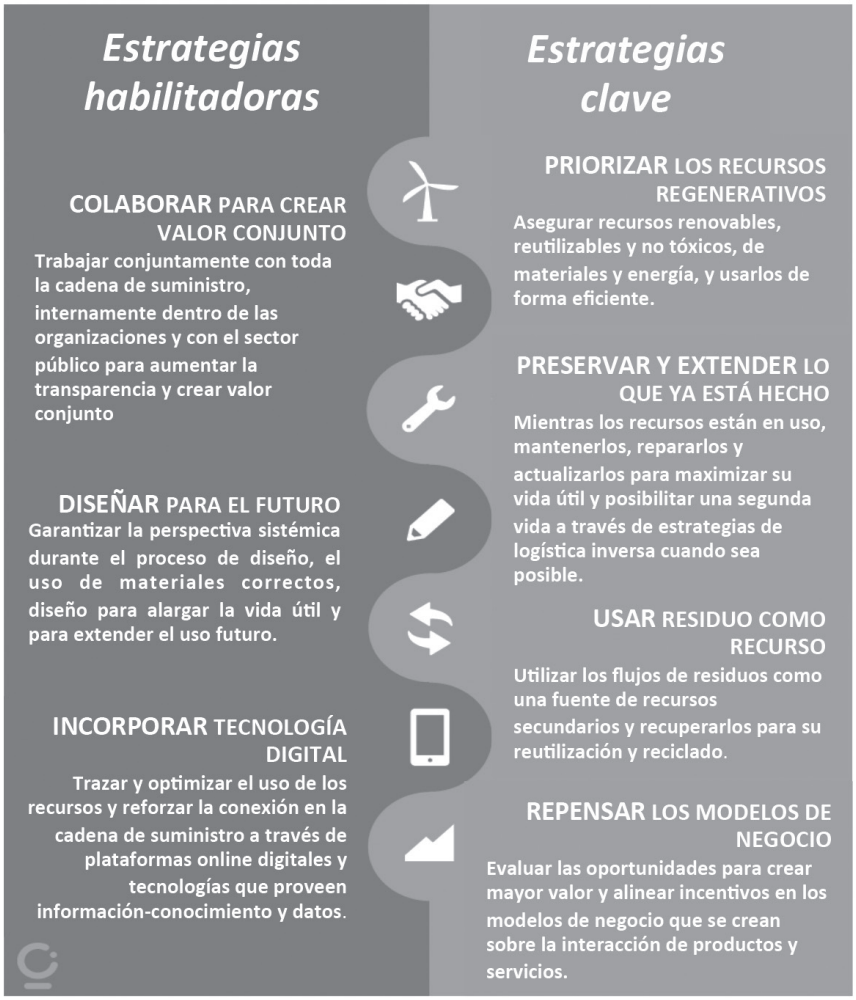
Además, CAT ofrece ejemplos de buenas prácticas, siendo una herramienta útil para el aprendizaje entre sectores (Mendoza *et al*., 2017; Kalmykova *et al*., 2018). A partir de la extensa revisión bibliográfica se ha diseñado un marco propio que apuesta por la implementación en fases de una caja de herramientas para ayudar a las PYMES a diagnosticar y definir acciones para la circularidad, orientada especialmente a la cadena de suministro, que incluye criterios sociales en la toma de decisiones.

METODOLOGÍA

Este artículo presenta los resultados y conclusiones de la realización de un estudio de caso múltiple en tres PYMEs ubicadas en la Comunidad Foral de Navarra, en la implantación de un marco propio de EC para empresas. Para ello, se ha desarrollado una investigación exploratoria, a través de una revisión literaria y llevando a cabo entrevistas semi-estructuradas y cuestionarios.

La recogida de información se realizó en dos fases. La primera, de recogida de datos secundarios a través de la revisión literaria de fuentes primarias y secundarias, lo que permitió la definición del nuevo marco de implementación, sus contenidos y procesos. Y la segunda, de recogida de datos primarios a partir de la implementación del marco de estudio en tres empresas con el uso de entrevistas semi-estructuradas para la recogida de información durante la implantación y también a través del uso de una evaluación online final a las empresas participantes, recogiendo su opinión y comportamientos respecto al marco diseñado y al proceso de implantación.

FIGURA 1
LOS 7 ELEMENTOS CLAVE DEL DIAGNÓSTICO DE ECONOMÍA CIRCULAR DE CAT



Fuente: Goldschmeding Foundation 2017.

TABLA 4
RESUMEN DE LOS MÉTODOS DE RECOGIDA DE INFORMACIÓN UTILIZADOS EN EL ESTUDIO DE CASO

Datos	Tipo	Método de recogida	Procedimiento	Uso
Datos primarios	Cualitativos	Entrevistas semi-estructuradas durante cada una de las sesiones de implementación. Utilizando preguntas abiertas lo que permite a los participantse definir y describir las situaciones.	Sesión 1- Notas manuales. Sesión 2 y 3- Recogida de respuestas en la plataforma online CAT. Sesión 4- Recogida de respuestas en la herramienta de Plan de Acción.	El investigador actúa como facilitador explicando los principios generales y aportando asistencia a la implentación del marco.
		Evaluación a través de un cuestionario online autocompletado. Mezcla preguntas abiertas y cerradas, con preguntas de rangos, y escala de clasificación de Likert.	Diseño del cuestionario online usando google doc. Envío del enlace al cuestionario a los participantes. Recogida y análisis de resultados en informes individuales y conjunto.	Estructuración de las respuestas de las tres empresas. Los datos disponibles son actitudes, opiniones y comportamientos sobre el marco y su proceso de implementación.
Datos secundarios	Cualitativos	Revisión literaria de fuentes secundarias (artículos) y primarias (literatura gris).	Revisión en detalle de los artículos identificados (capítulos resumen, discusión y conclusiones) e identificación de ideas clave aplicables al estudio de caso.	Definición del nuevo marco de EC
				Triangular los resultados

Fuente: elaboración propia basada en Saunders *et al.*, 2015, y Guldman y Remmen, 2018.

TABLA 5
RESUMEN DE LOS CRITERIOS PRINCIPALES DE SELECCIÓN DE LAS EMPRESAS PARTICIPANTES EN EL ESTUDIO DE CASO

Criterio	Descripción	Referencia
PYMEs	El apoyo externo es más valorado y la empresa está más preparada para la colaboración externa que las grandes compañías.	Ramsden & Bennett 2005
Empresas interesadas en RSE y con experiencia en la innovación ambiental.	Las empresa ubicadas en el Norte de España muestran una relación positiva entre la madurez de su gestión ambiental y el deseo de implementar principios de Economía Circular.	Ormazabal *et al*. 2016
Empresas que tengan su estrategias clave relacionadas con la EC, tales como RSE o una agenda ambiental.	Relacionando la EC con otras estrategias empresariales se reducen las barreras a la EC. El compromiso ambiental es importante para promover la preparación de la EC entre las empresas pequeñas.	Ritzen & Sandström 2017 y Bernon *et al*. 2018
Confirmación del compromiso de los directivos.	El compromiso es indispensable ya que los responsables se van a enfrentar a la toma de decisiones entre la rentabilidad económica y la circularidad del negocio a corto plazo.	Ünal *et al*. 2018
Empresas productoras de productos terminados que presentan una integración bastante vertical.	Permite a los fabricantes estar en contacto directo con los usuarios finales o consumidores.	Bressanelli *et al*. 2018
Todos los casos deben estar relacionados con un sector industrial determinado.	Con el fin de asegurar la homogenidad de los resultados.	Bressanelli *et al*. 2018

Fuente: elaboración propia.

TABLA 6
CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LAS TRES EMPRESAS PARTICIPANTES EN EL ESTUDIO DE CASO

CARACTERÍSTICA	Empresa Alfa	Empresa Beta	Empresa Gamma
Tamaño (Número de empleados)	35	5	50
Sector	Manufactura de equipos de procesado de alimentos.	Productos lácteos	Cultivos herbáceos ecológicos.
Cadena de valor	Manufactura y distribución	Ganaderos de leche y procesado de lácteos, logística y comercialización.	Cultivo de plantas, procesado de hierbas, comercialización.
Producto	Equipos industriales	Productos lácteos (leche, yogurt y quesos).	Infusiones ecológicas
Mercado	Internacional	Regional	International
Canales de distribución	Propia y distribuidores	Propia	Distribuidores y propia
Clientes	Industrias procesadoras de alimentos	Tiendas prod. ecológicos y comunidades de consumidores.	Principalmente a grandes superficies y restauración. También venta directa y online.
	Pequeñas y grandes empresas internacionales		
Participantes en el proceso de implementación del marco	Un equipo de 3 personas (CEO, jefe de administracion y departamentos de proceso).	CEO	CEO
Gestión de RSE o estrategia ambiental	Sí, enfocado a la evaluación sostenibilidad de proveedores.	Sí, empresa familiar basada en la agricultura ecológica. Muy sensibilizados con la protección ambiental en la ganadería y el procesado de alimentos. Actividades educativas y gran vinculación con el entorno.	Sí, empresa social y agricultura ecológica. Muy sensibilizados con los aspectos sociales y ambientales de sus productos y sus procesos productivos.

Fuente: elaboración propia.

El método de recogida de datos se presenta en la Tabla 4.

Para la selección de los casos de estudio se definieron una serie de criterios basados en aspectos recomendados en experiencias publicadas (Tabla 5).

En este caso las tres empresas participantes son PYMEs que forman parte de la cadena alimentaria, siendo este uno de los sectores prioritarios recogidos en el Plan de Acción de EC de la Comisión Europea (EC, 2015). Las tres empresas cumplen con los criterios establecidos como criterios principales de selección anteriormente citados (Tabla 6).

PRINCIPALES RESULTADOS

Este estudio de caso ofreció dos tipos de resultados. Por un lado, la revisión literaria permitió definir un nuevo marco para el impulso de la EC que fue denominado **Sistema de distribución circular y responsable**

TABLA 7
CAJA DE HERRAMIENTAS INCLUIDAS EN EL MARCO SDCR Y LAS SESIONES PARA SU IMPLEMENTACIÓN

Caja de herramientas incluidas en el marco SDCR			
Fase	**Sesión de trabajo**	**Herramienta**	**Objetivo**
1 Preparación	1a sesión	Presentación ppt (Elaboración propia)	Presentación del proyecto y del marco SDCR. Definición de alcance con la empresa.
	Presentación	Vídeo EMF sobre EC en español (EMF 2015b)	Introducción de los principios de la EC
		Sistema Distribución Circular y Responsable-SDCR	Presentación del marco y contenidos
2 Iniciación	2a sesión	Presentación ppt (Elaboración propia)	Recogida de información general de la empresa y del estado actual de la circularidad
	Diagnóstico de la circularidad del sistema distribución actual	Esquema mariposa EMF (EMF 2012)	Visualización de sistema de distribución actual sobre el esquema mariposa EMF
		Circle Assessment Tool CAT (CEF 2018) aplicado únicamente a los elementos del sistema de distribución	Recogida de informacion general sobre el estado actual de cada elemento respecto a la circularidad. Identificación de retos.
3 Ideación	3a sesión	Circle Assessment Tool CAT (CEF 2018) aplicado únicamente a los elementos del sistema de distribución	Presentación de las posibilidades de circularidad a través del conocimiento de otros ejemplos. Identificación de nuevas oportunidades.
	Análisis de opciones de circularidad y generación de ideas	Casos de estudio de circularidad (elaboración propia a partir de búsqueda en internet de casos de éxito publicados)	Presentación de historias de éxito con el fin de ofrecer ideas adicionales e inspirar.
4 Integración	4a sesión	Matriz de priorización de acciones (elaboración propia)	Recapitulación de acciones a desarrollar propuestas, valoración de su posicionamiento social, ambiental y económica, y priorización final de las acciones .
	Definición del Plan de Actuación	Tabla Plan de Actuación (elaboración propia)	Descripción del plan de actuación y desglose detallado de las acciones priorizadas.
5 Implementación	No aplicable	Implementación del plan de actuación por parte de la empresa	Ejecución de las acciones previstas para aumentar la circularidad en el sistema de distribución de la empresa.

Fuente: elaboración propia.

FIGURA 2
PROCESOS INCLUIDOS EN EL ANÁLISIS DE SDCR



Fuente: elaboración propia basada en Saunders *et al.*, 2015, y Guldman y Remmen, 2018.

(SDCR) y, por otro lado, los resultados obtenidos de su implementación en tres PYMEs a través del análisis de los datos recogidos en las entrevistas semi-estructuradas durante la implantación del marco y de los obtenidos en las encuestas de valoración completada por los participantes una vez finalizada la implantación. Esto ha permitido la definición del marco SDCR y su validación para el diagnóstico, evaluación de alternativas y la definición de planes de acción hacia la circularidad enfocado en los SD incluyendo aspectos sociales.

Resultados sobre la estructura, proceso y herramientas del marco SDCR

El marco SDCR ha sido diseñado sobre la base de las conclusiones más importantes respecto a los contenidos, estructuras, herramientas, procesos de implementación y resultados finales identificadas en la revisión literaria. Un primer aspecto a tener en cuenta es que cuando el marco habla de SD se refiere a los elementos identificados en el marco de Cadena de Valor de Porter, que incluye Logística (incluyendo logística inversa), Marketing y Ventas, y Servicios al Cliente (Figura 2).

En segundo lugar, el marco se ha estructurado en cinco fases clave: preparación/identificación, inicia-

TABLA 8
DESCRIPCIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LAS RECOMENDACIONES A TENER EN CUENTA EN EL PROCESO DE IMPLEMENTACIÓN EN EL MARCO SDCR

Recomendaciones tenidas en cuenta para el proceso de implementación del marco SDCR			
Número	**Proceso de implementación del marco SDCR**	**Recomendación**	**Referencia**
1	La implementación empieza con la confirmación del compromiso de dirección de participar en todas las sesiones, ya que el liderazgo es un factor determinante para una implementación factible de la EC. Colaborar directamente con gerencia/dirección asegura que la organización acepte las medidas propuestas y garantiza el compromiso con el proyecto desde su inicio.	Confirmar el compromiso de gerencia y el liderazgo interno del proyecto.	Gulman & Remmen 2018
2	Desde dirección se ha decidido libremente el número de personas que conformarán el equipo de trabajo para la implementación, así como el tiempo dedicado al proyecto, además del establecido en las sesiones. Se recomendó la creación de un equipo interno pero no fue un requerimiento excluyente para participar.	Tomar un abordaje flexible en la aplicación.	
3	Se ha intentado simplificar los conceptos de EC y la integración de ideas innovadora progresivamente. Especialmente, en la definición del plan de actuación las acciones seleccionadas deben ser manejables e implementables a corto plazo y permitirán el inicio de la implementación de los principios de EC a través de pequeños proyectos. Se busca poder ayudar en la transformación paulatina.	Adoptar un alcance alcanzable y asequible, aunque sea menos ambicioso.	
4	Las sesiones de trabajo con la empresa llevan alrededor de 2 horas, previniendo la sobrecarga de información y minimizando la interrupción en las operaciones cotidianas de la empresa, así como ofreciendo tiempo adicional entre sesiones para la reflexión, tanto para la empresa como para el apoyo externo.	Ofrecer sesiones cortas (sobre 3 horas) e introducir plazos entre sesiones.	Heyes *et al.* 2018
5	Durante la primera sesion se realiza una introducción del contenido del marco y su aplicación, así como el concepto de EC es presentado, enfocándose especialmente en la importancia de oportunidades para la acción empresarial.	Organizar una pre-taller para aumentar la implicación de los participantes.	
6	El marco SDCR puede ser aplicado en ciclos continuos, buscando una mejora progresiva y la gestión de la transición hacia la circularidad.	Ofrecer un proceso que sea en sí mismo autoformativo.	
7	La sesión posterior se realizará durante los meses posteriores a la implantación del marco para que pueda recoger la información del proceso de implantación de las acciones previstas.	Ofrecer una sesión posterior para evaluar el éxito del proyecto.	

Fuente: elaboración propia.

ción, ideación, integración e implementación. En este artículo se presentan conclusiones referidas a las cuatro primeras fases, pero no se incluye descripción ni evaluación sobre la última fase específica de Implementación del Plan de Actuación, ya que ésta se realiza por las empresas posteriormente y está fuera del ámbito de este artículo.

Tercero, en el marco SDCR se introduce los principios de la EC utilizando un conjunto de herramientas ya existentes y validadas a nivel internacional (Tabla 7), a excepción de la fase de integración, dónde se ha definido un proceso de evaluación de acciones propio bajo la perspectiva de la triple cuenta de resultados.

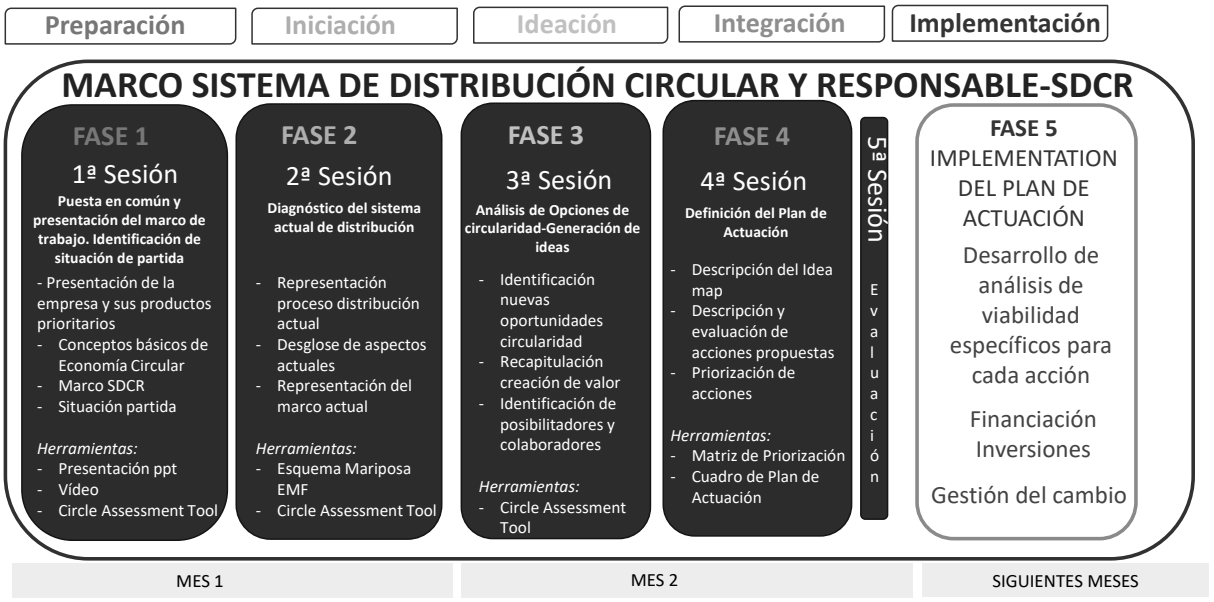
Cuarto, en relación con el proceso de implementación se ha tenido en cuenta las recomendaciones prioritarias identificadas en la revisión bibliográfica (Tabla 8).

Y finalmente, el proceso de implementación se ha ejecutado a través de cinco sesiones de trabajo con las empresas, cuatro entrevistas «*in company*» y una sesión de valuación final individual online, con el fin de obtener la valoración por parte de la empresa del marco implementado y del proceso. Todas las sesiones fueron facilitadas por la autora del artículo buscando generar las dinámicas de participación y la vinculación del equipo de la empresa con el proyecto. Así, el esquema completo del marco SDCR se presenta en la Figura 3.

En el caso concreto de la herramienta diseñada para la Fase 4, donde la empresa define su Plan de Actuación, se ha buscado la introducción del enfoque social en los marcos de EC existentes. La herramienta Matriz de Priorización, utilizada para la evaluación de las acciones propuestas, incluye un proceso para la estructuración de la reflexión desde la visión económica, ambiental y social, ofreciendo una herramienta para la evaluación de acciones de EC bajo los principios de la Triple Cuenta de Resultados, tal y como recomiendan Mendoza *et al*. (2017).

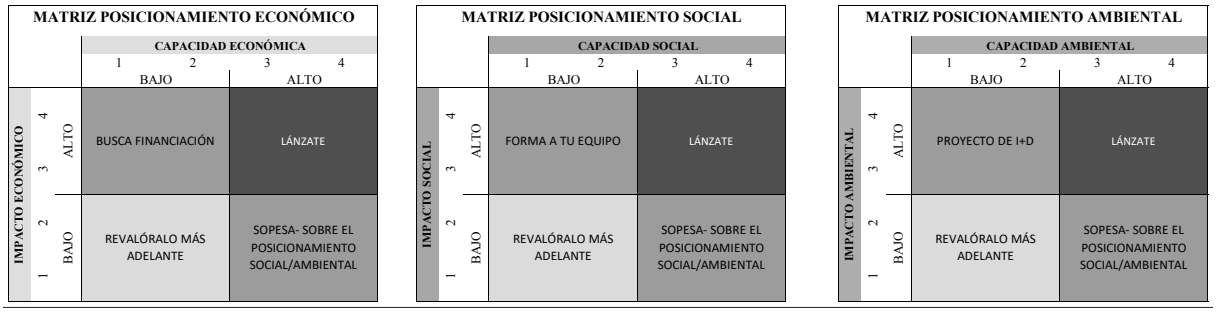
Para cada acción se evalúa sus resultados esperados (impacto económico, social y ambiental) y la capacidad interna para ser implementada (capacidad económica, social y ambiental), valorando entre 1 (baja) y 4 (alta). La herramienta guía la valoración de cada acción bajo un total de 18 criterios (Tabla 9), que consideran los objetivos fundamentales de la EC (Velte *et al*., 2018). Para cada uno de los tres impactos y tres capacidades internas se realiza un promedio de puntuación y se presenta de forma resumida en la tabla resumen de resultados de la valoración (Tabla 10), obteniendo un valor entre 1-4 para cada tipología de impacto y de capacidad interna.

FIGURA 3
ESQUEMA DEL MARCO SDCR INCLUYENDO FASES, SESIONES, CONTENIDOS Y HERRAMIENTAS UTILIZADAS



Fuente: elaboración propia.

FIGURA 4
DISTRIBUCIÓN DE LOS RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN, EN NÚMERO DE ACCIONES, DE LAS 33 ACCIONES IDENTIFICADAS



Fuente: elaboración propia.

Esta herramienta permite a cada empresa realizar la ponderación que considere más apropiada para la valoración de las acciones propuestas, pudiendo dar, por ejemplo, un mayor peso al impacto social frente al económico, o un mayor peso a las capacidades sociales internas frente a las ambientales, permitiendo su adaptación a la voluntad de cada empresa, si bien en el estudio de caso descrito se realizó una media lineal para todos los criterios, sin ponderar ninguno de ellos.

A continuación, cada acción se posiciona en las tres matrices de priorización, obteniendo una visualización de las acciones prioritarias para cada una de las tres dimensiones (económica, social y ambiental). Cada cuadrante describe qué estrategia debe seguir la empresa en el proceso de implementación de esa acción. Las acciones ubicadas en el cuadrante superior derecho son prioritarias, en los cuadrantes superior izquierdo e inferior derecho deben ser revaluadas en función de las otras dimensiones, y aquellas que se ubican en el cuadrante inferior izquierdo deben ser descartadas en el plan de actuación (Figura 4).

Finalmente, para cada acción se valora su posicionamiento en los tres ámbitos (económico, social y ambiental) y en función de la voluntad de la empresa se podría considerar lanzar una acción por motivos económicos pero deberá valorar su posicionamiento frente al ámbito social y/o ambiental, tanto para el impacto como para su capacidad interna. Esta herramienta, por tanto, lleva a las empresas a implementar acciones de EC bajo una reflexión que incluye el ámbito social, además del económico y ambiental. En la parte

TABLA 9
EJEMPLO DE APLICACIÓN DE LA HERRAMIENTA DE EVALUACIÓN PROPUESTA EN LA FASE 4 DE SDCR

		ACCIONES PROPUESTAS								
		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9
		Título A1	Título A2	Título A3	Título A4	Título A5	Título A6	Título A7	Título A8	Título A9
	CRITERIOS DE VALORACIÓN	CUMPLIMENTAR CON VALORACIÓN NUMÉRICA DE 1-4 (siendo 1-Bajo, 4-Alto)								
RESULTADOS	**IMPACTO ECONÓMICO**	**1**	**1**	**3**	**2**	**4**	**3**	**1**	**3**	**2**
	Aumento de ingresos	1	1	3	3	4	1	1	3	4
	Aumento de márgenes	1	1	1	3	4	4	1	2	1
	Reducción de costes	1	1	4	1	4	4	1	3	1
	IMPACTO SOCIAL	**2**	**2**	**2**	**3**	**4**	**2**	**3**	**3**	**2**
	Creación de empleo	1	1	1	3	3	1	2	2	1
	Generación de nuevos puestos	1	1	1	3	4	3	2	2	1
	Mejora del entorno social	3	3	4	4	4	2	4	4	4
	IMPACTO AMBIENTAL	**4**	**3**	**3**	**3**	**3**	**2**	**4**	**3**	**2**
	Reducción de generación de residuos	4	4	4	4	4	2	4	4	2
	Reducción de uso materias primarias	3	2	4	4	4	3	4	4	2
	Regeneración ambiental- mejora del capital natural	4	2	2	1	1	1	4	1	2
CAPACIDADES INTERNAS	**CAPACIDAD ECONÓMICA**	**3**	**4**	**3**	**4**	**3**	**3**	**4**	**4**	**4**
	Presupuesto disponible	2	3	4	4	4	4	4	4	4
	Capacidad financiera para inversiones	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	Disponibiildad de equipamiento	4	4	1	4	2	2	4	4	4
	CAPACIDAD SOCIAL	**4**	**4**	**3**	**3**	**3**	**3**	**4**	**4**	**4**
	Capacidades técnicas/conocimiento existentes	4	4	2	2	2	2	4	4	4
	Recursos humanos disponibles	4	4	2	2	2	2,5	4	4	4
	Disposición cultural hacia la circularidad	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	CAPACIDAD AMBIENTAL	**3**	**4**	**3**	**3**	**4**	**4**	**4**	**4**	**3**
	Factibilidad de implantación técnica/materiales	2	4	4	4	3	4	4	4	4
	Disponibilidad de recursos para I+D interna	4	4	2	4	4	4	4	4	4
	Capacidades de control/gestión de la mejora	4	4	4	2	4	4	4	4	2

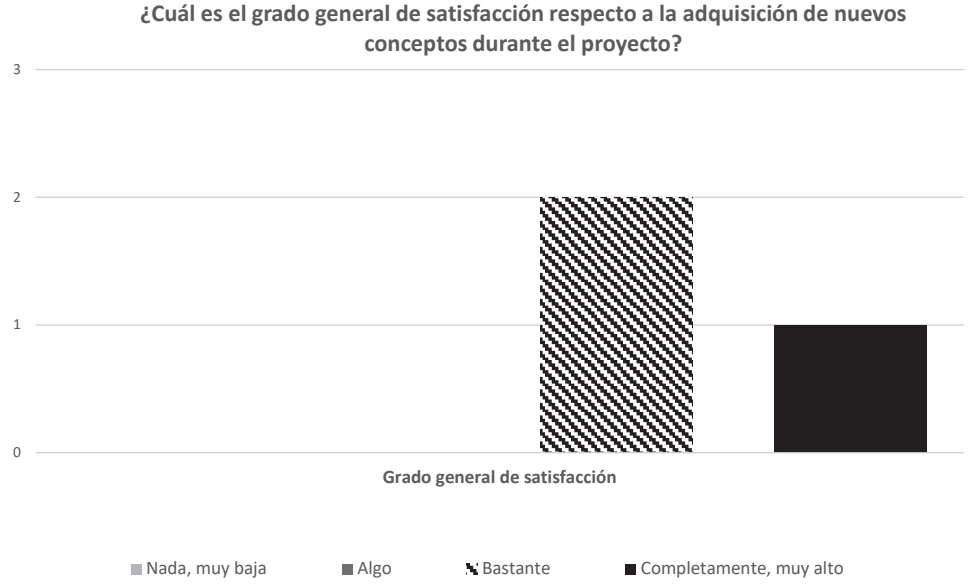
Fuente: elaboración propia.

TABLA 10
EJEMPLO DE TABLA RESUMEN RESULTANTE DE LA TABLA 9 EN LA IMPLEMENTACIÓN DE LA FASE 4 DE SDCR

TABLA RESUMEN Los valores resultantes son la media lineal de la suma de los tres criterios incluidos en cada tipo de impacto y capacidad	ACCIÓN 1	ACCIÓN 2	ACCIÓN 3	ACCIÓN 4	ACCIÓN 5	ACCIÓN 6	ACCIÓN 7	ACCIÓN 8	ACCIÓN 9
IMPACTO ECONOMICO	**1**	**1**	**3**	**2**	**4**	**3**	**1**	**3**	**2**
CAPACIDAD ECONÓMICA	**3**	**4**	**3**	**4**	**3**	**3**	**4**	**4**	**4**
IMPACTO SOCIAL	**2**	**2**	**2**	**3**	**4**	**2**	**3**	**3**	**2**
CAPACIDAD SOCIAL	**4**	**4**	**3**	**3**	**3**	**3**	**4**	**4**	**4**
IMPACTO AMBIENTAL	**4**	**3**	**3**	**3**	**3**	**2**	**4**	**3**	**2**
CAPACIDAD AMBIENTAL	**3**	**4**	**3**	**3**	**4**	**4**	**4**	**4**	**3**

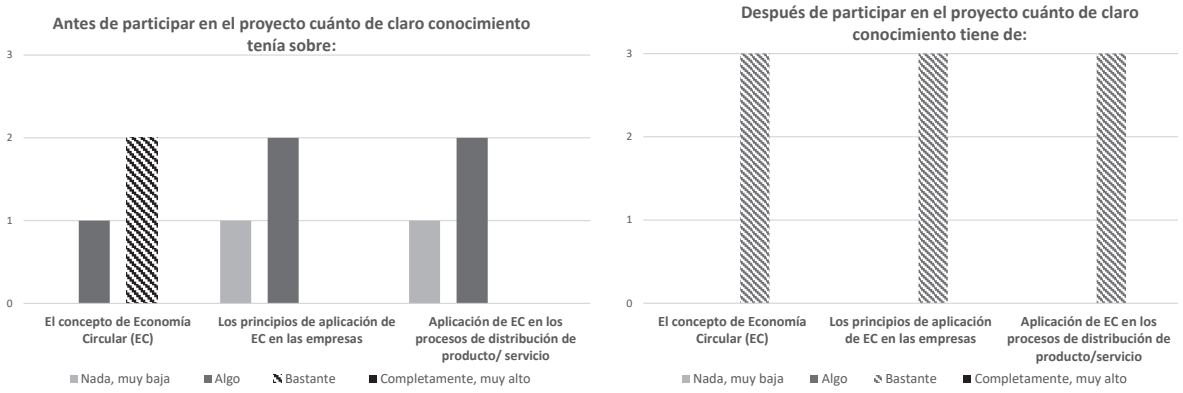
Fuente: elaboración propia.

FIGURA 5
RESULTADOS SOBRE EL GRADO DE SATISFACCIÓN DE LAS EMPRESAS PARTICIPANTES RESPECTO A LA ADQUISICIÓN DE NUEVOS CONCEPTOS DURANTE EL PROYECTO



Fuente: elaboración propia.

FIGURAS 6A Y B
RESULTADOS SOBRE CONOCIMIENTOS PREVIOS A LA PARTICIPACIÓN EN EL PROYECTO Y CONOCIMIENTOS TRAS LA PARTICIPACIÓN EN EL PROYECTO



Fuente: elaboración propia.

final de la definición del Plan de Actuación (Fase 4) de SDCR, las acciones seleccionadas son listadas y descritas en la tabla de Plan de Actuación en función de su orden de prioridad. Las acciones que tengan alto impacto y alta capacidad tanto en lo social, económico y ambiental serán las prioritarias.

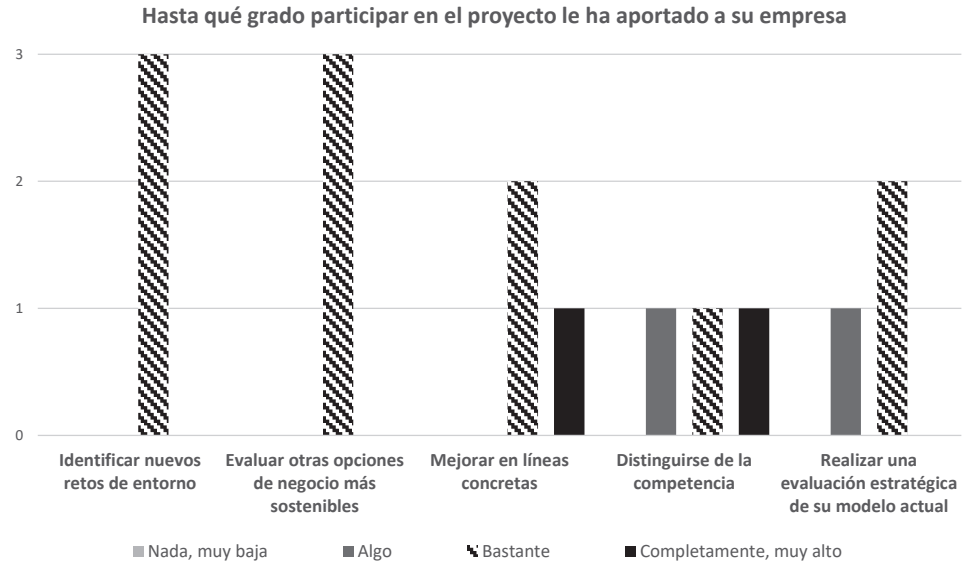
RESULTADOS RELATIVOS A LA VALORACIÓN DE LAS EMPRESAS

En relación con los resultados de la evaluación de las empresas sobre el marco SDCR cabe destacar que las tres empresas participantes evaluaron la satisfacción respecto a la adquisición de nuevos conceptos como altos o muy altos (Figura 5).

En todos los casos, la implantación del marco SDCR ha aportado a las empresa mayores conocimientos, en parte porque los conocimientos iniciales eran relativamente bajos (Figuras 6a y 6b).

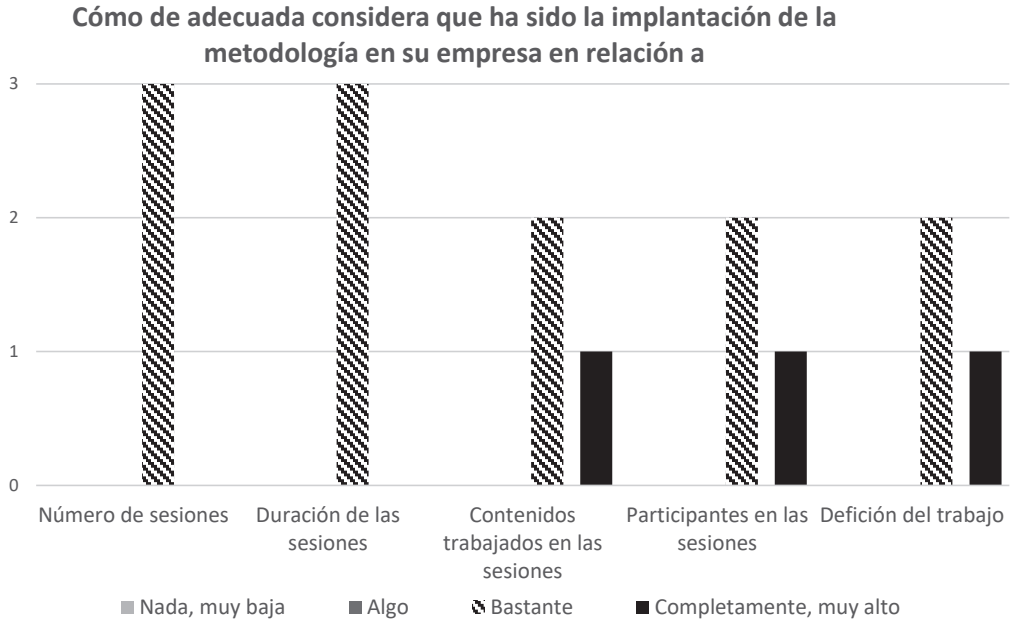
En general, se valora que el marco SDCR aporta principalmente en la identificación de nuevos retos del entorno, en evaluar opciones de negocios más sostenibles, y en la mejora en líneas con-

FIGURA 7
RESULTADOS SOBRE LA APORTACIÓN DE SDCR SOBRE DIFERENTES ASPECTOS DE LA GESTIÓN EMPRESARIAL



Fuente: elaboración propia.

FIGURA 8
RESULTADOS DE LA ENCUESTA SOBRE EL PROCESO DE IMPLANTACIÓN DE LA METODOLOGÍA SDCR



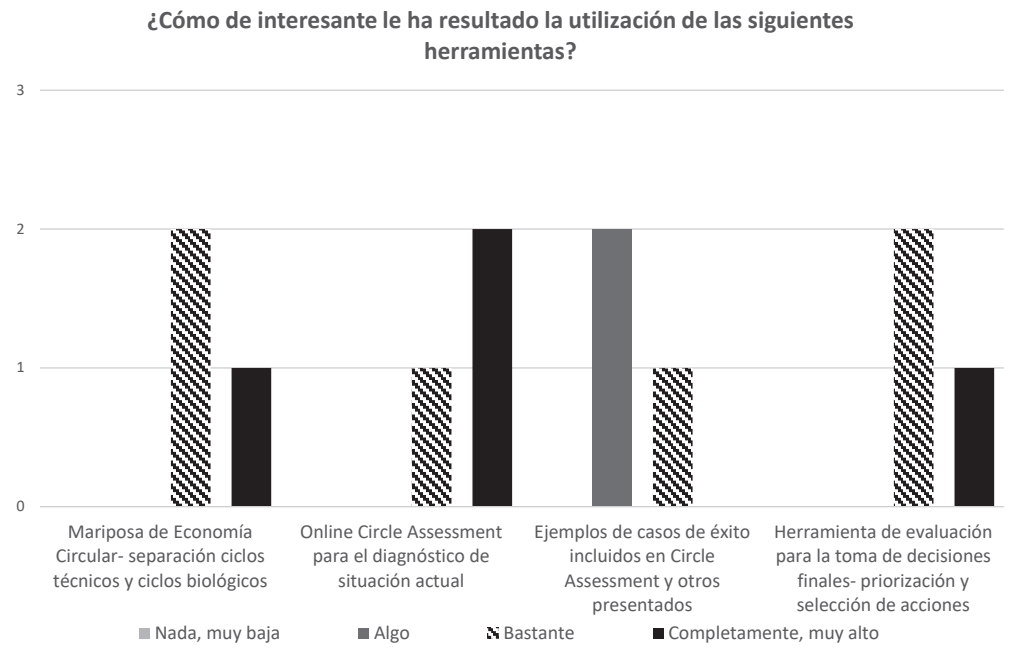
Fuente: elaboración propia.

cretas (Figura 7). En concreto, en relación con el proceso de implementación del marco de SDCR, la valoración ha resultado positiva en general en todos los aspectos evaluados (Figura 8).

En relación con las herramientas empleadas, CAT fue la más valorada, seguido del esquema de mariposa de EMF y de la herramienta utilizada para la definición del plan de actuación, mientras que el uso de ejemplos de otros Modelos de Negocio fue la herramienta menos valorada (Figura 9).

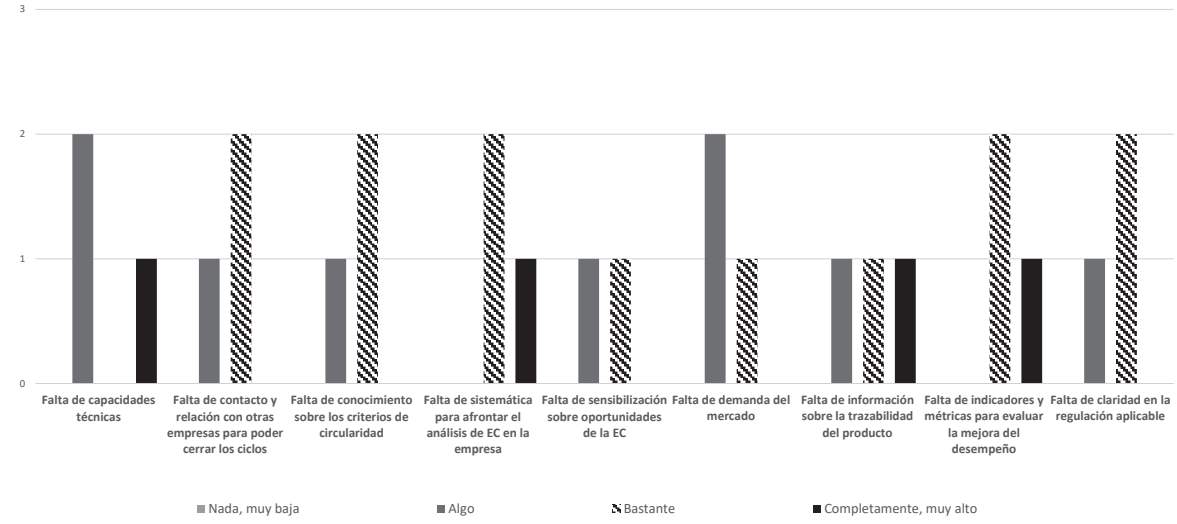
Según los resultados de la evaluación realizada, las empresas participantes señalan que el marco SDCR es especialmente útil para solventar la falta de sistemática a la hora de afrontar el análisis de EC en la empresa, y la falta de indicadores y métricas para evaluar la mejora del desempeño (Figura 10).

FIGURA 9
RESULTADOS SOBRE EL INTERÉS DE CADA UNA DE LAS HERRAMIENTAS QUE COMPONEN SDCR



Fuente: elaboración propia.

FIGURA 10
RESULTADOS SOBRE CÓMO SDCR PERMITE SOLVENTAR ALGUNAS DE LAS BARRERAS QUE AFRONTAN LAS PYMES EN LA IMPLANTACIÓN DE LA ECONOMÍA CIRCULAR



Fuente: elaboración propia.

Resultados sobre el diagnóstico de circularidad en los SD

El uso de la herramienta CAT permitió visualizar el estado inicial de las tres empresas en relación con los aspectos de circularidad evaluados en la aplicación, en concreto, en los elementos de su SD. A nivel del estado de circularidad actual de los recursos, se ha identificado que las tres empresas participantes presentan una carencia en el cierre de los flujos de materiales, componentes y productos, y resaltan los retos derivados de una necesidad de cerrar el círculo en relación especialmente con el *packaging* y embalado de sus productos para la distribución. Sólo una de las empresas (Beta) puede cerrar el círculo en la parte del *packaging* utilizado gracias a su distribución en cercanía y contacto directo con clientes que le permite establecer un sistema de

FIGURA 11
GRÁFICOS DIAGNÓSTICOS CAT OBTENIDOS PARA ALFA, BETA Y GAMMA OBTENIDOS EN LA APLICACIÓN DE LA HERRAMIENTA CAT

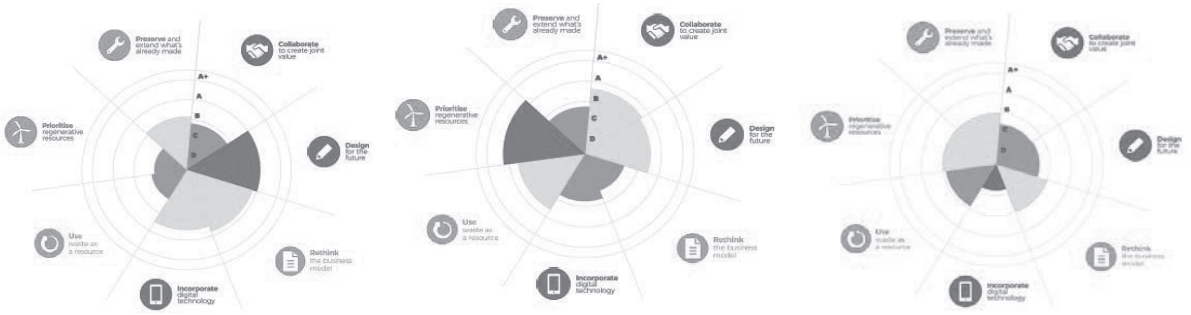
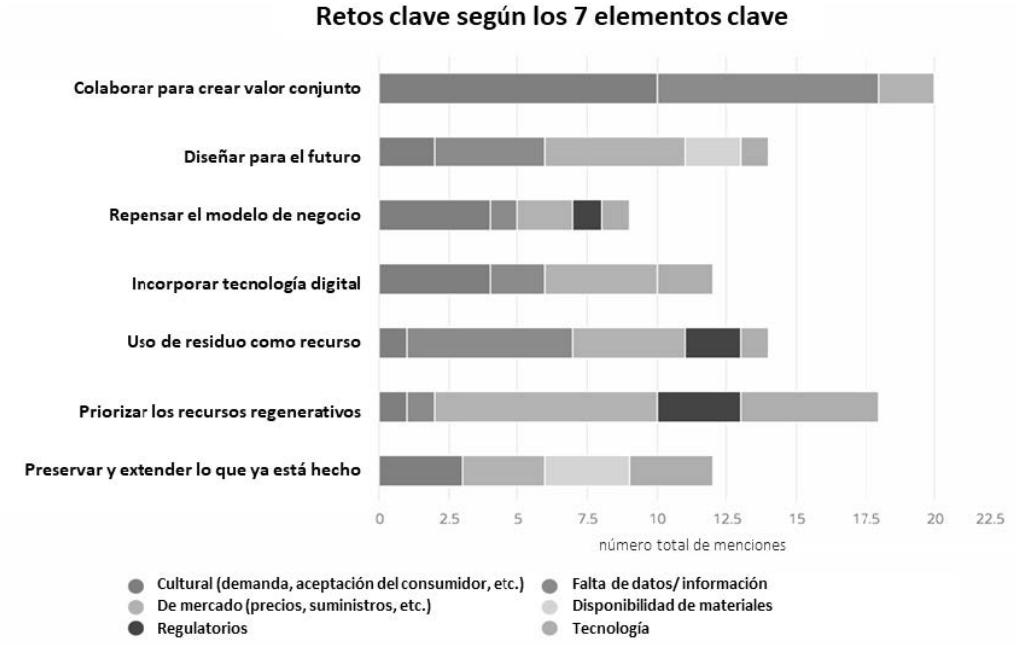


Gráfico CAT obtenido para Alfa | Gráfico CAT obtenido para Beta | Gráfico CAT obtenido para Gamma

Fuente: CEF, 2018.

FIGURA 12
GRÁFICO DE LOS RETOS CLAVE OBTENIDOS AGRUPADOS PARA ALFA, BETA Y GAMMA (OBTENIDO CON LA APLICACIÓN DE LA HERRAMIENTA CAT)



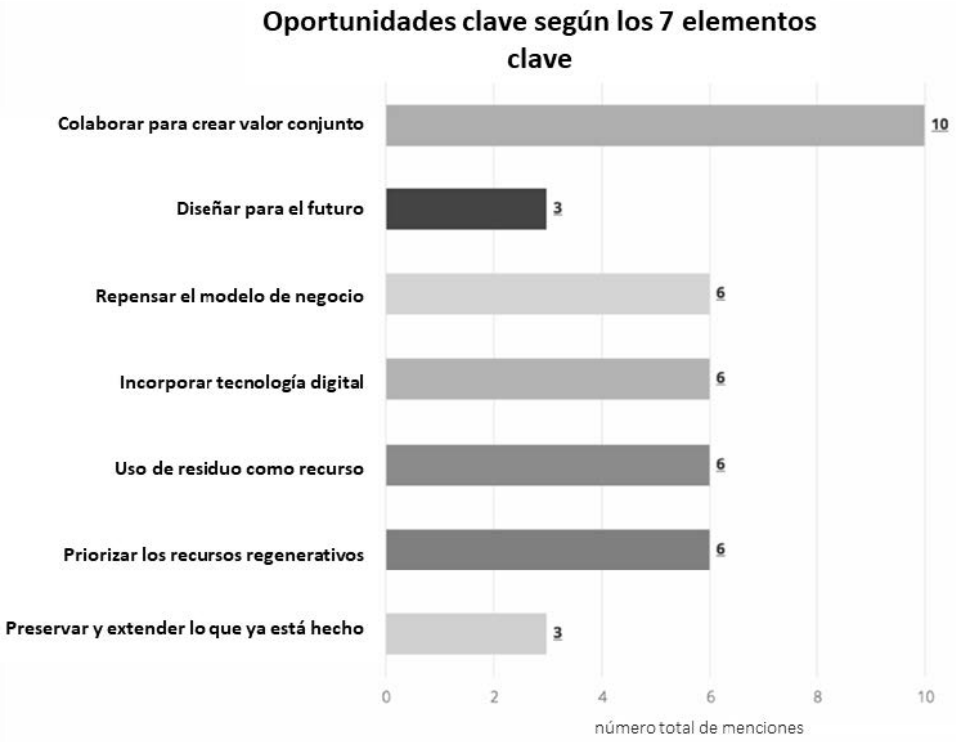
Fuente: CEF, 2018.

retorno, por tanto, gracias a la integración vertical del transporte y la comercialización. La distribución internacional de Alfa y Gamma limita poder establecer sistemas de logística inversa para el embalaje, debido al bajo valor económico de los materiales utilizados (Gamma) y el alto coste de recogida y transporte (Alfa).

En el diagnóstico de circularidad realizado bajo la herramienta CAT, los gráficos resultantes muestran que hasta cierto punto las tres empresas cumplen con algunos principios de EC, aunque ninguna de ellas lo hubiera identificado como tal inicialmente (Figura 11).

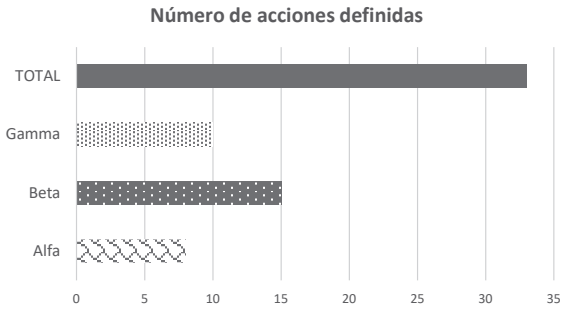
Alfa, como productor de equipamiento para el procesado de alimento, se ha enfocado hasta la fecha en frenar el ciclo ofreciendo productos de larga vida útil (equipos modulares, reparables, actualizable, restaurables y con opción de compra de segunda mano), permitiendo cerrar el ciclo hasta cierto nivel y estrechando el ciclo con el diseño para la optimización y reducción del uso de materiales en sus equipos. Beta y Gamma, que son productores de alimentos, se han enfocado principalmente en priorizar el uso de fuentes regenerativas, alineadas especialmente con la producción ecológica, la regeneración del capital natural en sus cultivos y pastos, y el uso de energías renovables.

FIGURA 13
GRÁFICO DE LAS OPORTUNIDADES CLAVE IDENTIFICADAS AGRUPADAS PARA ALFA, BETA Y GAMMA (OBTENIDO DE LA APLICACIÓN DE LA HERRAMIENTA CAT)



Fuente: CEF, 2018.

FIGURA 14
NÚMERO DE ACCIONES DEFINIDAS POR CADA EMPRESA



Fuente: elaboración propia.

En relación con el aspecto social, la herramienta CAT permite evaluar el grado de colaboración para la creación de valor conjunto. En todos los casos ese elemento planteaba un potencial de mejora alto, ya que las empresas tenían muy poco estructurada la colaboración desde la perspectiva interna y externa en el desarrollo de estrategias de circularidad.

Respecto a los retos identificados, en todos los casos se remarcaba la necesidad de ampliar la colaboración y la priorización del uso de recursos regenerativos como nuevas estrategias, especialmente vinculadas con la búsqueda de soluciones para los materiales y procesos actuales del *packaging* o embalaje (Figura 12).

Con relación a las oportunidades clave identificadas, la colaboración es la que presenta un mayor número de oportunidades, mientras que diseñar para el futuro o preservar y extender lo que ya está hecho presentan menores oportunidades ya las empresas participantes ha presentado un mejor posicionamiento en esos elementos en el diagnóstico (Figura 13).

Resultados sobre los tipos de acciones identificadas

En la fase 4 de SDCR cada empresa identifica y evalúa acciones de mejora y define su plan de actuación en función de la situación actual y de las oportunidades clave identificadas para cada elemento. Durante este estudio de caso se definieron un total de 33 acciones (Figura 14).

Las 33 acciones seleccionadas se pueden clasificar en función del elemento del sistema de distribución sobre el que actúan o en función de en cuál de los siete elementos de la herramienta CAT impactan. Bajo esta perspectiva, la mayoría de las acciones propuestas estaban relacionadas con el elemento colaboración (61%), seguido de priorizar recursos regenerativos (21%), actuando principalmente sobre

TABLA 11
ACCIONES IDENTIFICADAS POR LAS EMPRESAS

TIPO DE ACCIÓN	NOMBRE DE ACCIÓN	ELEMENTO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN AFECTADO	ELEMENTO DE CIRCULARIDAD (BASADO EN LOS ELEMENTOS DE CAT (CEF 2018)	Alfa	Beta	Gamma	Total
1	Packaging compostable	Packaging	Priotirise Reg. Resources-Regenerative materials	X	X	X	3
2	Packaging reciclable	Packaging	Industry Collaboration- Joint ventures, projects o pilots	X	X	X	3
3	Colaboración con clientes	Packaging	Customers Collaboration- Customisation	X	X	X	3
4	Generación de energías renovables	Transporte/Almacenamiento/Distribución	Priotirise Reg. Resources-Regenerative energy	X	X	X	3
5	Condiciones de circularidad para la contratacióndd de proveedores	Sistema de distribución en general	Industry Collaboration- Circular procurement	X	X	X	3
6	Comunicar las acciones de circularidad	Comunicación	Customers Collaboration- Customer dialogue &Marketing	X	X	X	3
7	Logística colaborativa	Transporte/Almacenamiento/Distribución	Design out Waste- Design for minimal waste		X	X	2
8	Digitalización procesos de venta	Ventas	Incorporated Digital Technology. Connected operations		X	X	2
9	Fidelización de clientes	Creación de producto	Customers Collaboration- Customer dialogue &Marketing		X	X	2
10	Creación de comunidad-agricultura regenerativa	Colaboración	Government Collaboration- Advocacy for Circular Economy Policy		X	X	2
11	Colaboración con tiendas	Packaging	Industry Collaboration- Guidance-dialogue with industry stakeholders		X		1
12	Compartir instalaciones para la logística industrial	Transporte	Product Business Models- Leasing rental pay per use		X		1
13	Nuevas oportunidades de mercado	Creación de producto	Customers Collaboration- Customer dialogue &Marketing		X		1
14	Creación de comunidad-centros escolares	Comunicación	Community Collaboration- Joint product development		X		1
15	Nuevos productos para aumentar circularidad en clientes	Creación de producto	Priotirise Reg. Resources-Regenerative water and minimal waste	X			1
16	Digitalización de los productos	Servicios post-venta	Incorporated Digital Technology. Connected operations.Incorporated Digital Technology. Advanced robotics or artificial intelligence	X			1
17	Colaboración transversal con otros sectores	Logística inversa	Industry Collaboration- Circular procurement		X		1
				8	**15**	**10**	**33**

Fuente: elaboración propia.

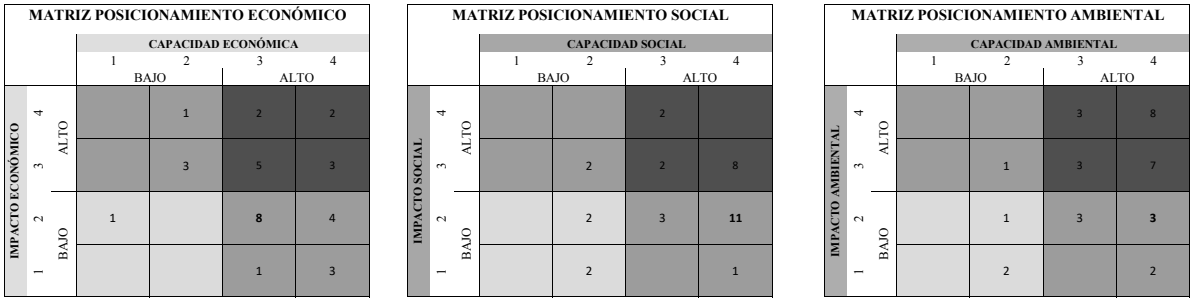
el *packaging*, y sobre transporte/almacenamiento/distribución y diseño de producto y comunicación (Tabla 11).

Resultados sobre la priorizacion de acciones

Los resultados obtenidos al implementar la herramienta matriz de priorización en las acciones propuestas por las tres empresas muestran que la mayoría de acciones evaluadas tienen un impacto positivo muy alto y una alta capacidad interna respecto al posicionamiento ambiental, mientras que respecto al posicionamiento económico, si bien el impacto puede ser alto, las capacidades internas son bajas (falta de recursos), y respecto al posicionamiento social, si bien hay una capacidad interna muy alta su impacto resulta relativamente bajo (Figura 15).

Estos resultados demuestran que las acciones propuestas están más ligadas al ámbito ambiental que a generar beneficios económicos o sociales, y confirma que introducir los principios de EC dentro de la gestión de la DS puede ofrecer claras ventajas desde el punto de vista ambiental, pero resulta retador desde el punto de vista económico y social. Para superar esa circunstancia en el plan de actuación de cada empresa se recogen medidas correctoras que permiten equilibrar el impacto social, ambiental y económico de cada una de ellas, además de información vinculada a su ejecución (plazos, responsables, etc.).

FIGURA 15
MATRICES DE POSICIONAMIENTO ECONÓMICO, SOCIAL Y AMBIENTAL DE CADA ACCIÓN EN FUNCIÓN DE LOS TRES ÁMBITOS, IMPLEMENTADA EN LA FASE 4 DE SDCR



Fuente: elaboración propia.

DISCUSIÓN

En este apartado se evalúa si el contenido del marco SDCR y su proceso de implementación testado ayuda realmente a las empresas participantes a trabajar la introducción de principios de EC en su SD, incluyendo el ámbito social, y explica por qué los resultados obtenidos son significativos y sus limitaciones.

¿Es SDCR un marco útil para impulsar la mayor circularidad en los SD de la pymes?

La implementación de SDCR ha demostrado que las empresas participantes han identificado retos y definido acciones relacionadas con la mejora de sus SD, tales como las dirigidas a la mejora de la identificación de las necesidades de los clientes y la selección de proveedores, siendo ambos elementos clave para el funcionamiento adecuado en los SD (Meidutè-Kavaliauskiene *et al*., 2014).

En relación con los contenidos específicos en circularidad, en este caso de estudio se han definido principalmente acciones relativas a la **Colaboración para crear valor conjunto** y la **Priorización del uso de recursos regenerativos**. Las acciones identificadas como prioritarias en este estudio no conllevan cambios radicales sobre el SD actualmente de carácter lineal, confirmando que la aplicación de la EC no es necesariamente un concepto disruptivo, sino más bien la búsqueda de un enfoque socio-técnico viable para lograr la sostenibilidad económica y ecológica (de Jesus y Mendonça, 2018). En este sentido, SDCR permite aplicar la EC bajo la actitud típica de las empresa de reducir la aversión al riesgo y de seguir la lógica del negocio llevando a cabo pequeños pasos de desarrollo en la organización y evitando un cambio disruptivo (Ritzén y Sandström, 2017), contrariamente al argumento de que solo la innovación radical, y no las soluciones incrementales que alientan el pensamiento de negocios tradicionales, serán las que consigan implementar los principios de EC (Mendoza *et al*., 2017).

De ese modo, SDCR ofrece a las empresas una forma de adquirir nuevas capacidades a través de iniciar investigaciones de oportunidades de negocio a pequeña escala o enfocadas a una parte específica de la cadena de valor de la empresa, ya que integrar el pensamiento circular en la globalidad de la actividad de la empresa, aunque deseable, se ha probado resulta muy difícil para la mayoría de las empresas (Guldman y Jensen,2015). Por tanto, el marco SDCR ayuda a las empresas a evaluar cómo introducir la CSC en un contexto real con la definición de acciones para el rediseño de la cadena de valor aguas abajo, hacia los clientes y usuarios, lo que inevitablemente afecta las relaciones aguas arriba con proveedores, como un tipo de rediseño de procesos en el desarrollo de opciones de circularidad (Jorgensen y Remmen, 2018).

Más en concreto, en relación con las acciones propuestas vinculadas a la priorización de recursos regenerativos no sorprende que su aplicación en los elementos del SD se enfoque en el *packaging*, embalaje y transporte de los productos. Seleccionar entre materiales reciclables y reciclados o biodegradables y compostables y producir o consumir energía a partir de fuentes renovables debe ser evaluado de forma detenida caso a caso, siendo estas estrategias clave de la EC (Kalmykova *et al*., 2018) y convirtiéndose en un reto específico en la internacionalización (Rizos *et al*., 2015), demostrando además que CSC necesita de nuevas tecnologías y de investigación en materiales alternativos y renovables (De Angelis *et al*., 2018). También, el uso de energía renovables y la optimización de las rutas de transporte son cruciales a la hora de buscar la sostenibilidad en las cadenas de distribución de los alimentos (Validi *et al*., 2014). Estos resultados del caso de estudio también confirman que hasta hoy las PYMEs en la región de Navarra han adoptado más fácilmente el suministro de material sostenible que el cierre del ciclo con estrategias de recuperación o retorno aguas abajo (Ormazabal *et al*., 2018).

Respecto a las herramientas utilizadas en el marco SDCR, el uso de CAT permite identificar específica-

mente la necesidad de una mayor colaboración como uno de los desafíos clave a los que se enfrentan las empresas hacia la EC, particularmente cuando las PYMEs no juegan un papel dominante en los SD, ya que al perder el control de su producto en el punto de venta se requiere de una conexión más estrecha entre proveedores y productores y entre productor y clientes (Ritzén y Sandström, 2017). Obviamente, la búsqueda de colaboración en toda la cadena de valor es clave en la implementación de EC como habilitador del sistema (Hopkinson *et al*., 2018), además, es poco probable que las organizaciones hagan la transición a un modelo EC sin colaborar con otras entidades (Bernon *et al*., 2018). De todos modos, las acciones definidas bajo SDCR pueden enfrentarse al problema del bajo poder de las PYMEs en la red de suministro, lo que limita la deseada colaboración con socios relevantes (Rizos *et al*., 2015).

En este caso, las acciones de **Colaborar para crear valor conjunto** seleccionadas están relacionadas principalmente con la **Colaboración de Clientes e Industrias**, mostrando la importancia de la colaboración entre el proveedor y el cliente dentro de las mejoras de los sistemas de distribución (Meidutè-Kavaliauskiene *et al*., 2014). Las acciones relacionadas con estar más cerca de los clientes y comunicarse se vuelven de mayor importancia, involucrándolos en el proceso de transformación que provoca cambios en el sistema y cambios en el comportamiento del consumidor, actuando no solo en la innovación técnica sino también en la innovación social (Geissdoerfer *et al*., 2018). Las acciones de **Colaboración con Clientes** seleccionadas en este caso de estudio se basan en el diálogo y el marketing con los clientes, y se centran en comunicar las acciones de circularidad definidas por las empresas. Apoyar las elecciones sostenibles del consumidor en el envasado y el reciclaje es una solución común en un sistema de alimentos más circular (Jurgilevich *et al*., 2016).

Aumentar la conciencia del consumidor sobre el producto y el proceso circular es un factor importante en el éxito empresarial (Rizos *et al*., 2015), preguntando a los clientes sobre cómo recuperar los bienes que ya no se usan (Prieto-Sandoval *et al*., 2017) y manteniendo una relación estrecha con ellos (Govindan y Hasanagic, 2018). En este sentido, el marco SDCR también evalúa cómo fidelizar clientes y cómo crear nuevos productos a través del diálogo con los clientes y usuarios finales, aspecto crucial cuando se recopila información sobre las prácticas reales de los usuarios y se compara con las esperadas, identificando así nuevas oportunidades de negocio (Jorgensen *et al*., 2018).

Las acciones seleccionadas bajo el epígrafe **Colaboración con Industrias** se enfocan principalmente en definir un procedimiento de evaluación de proveedores con criterios de circularidad que afecte a todos los elementos del SD y definir proyectos piloto de colaboración específicamente en el *packaging*, pero también en la incorporación de tecnología digital. La digitalización, siendo un habilitador de la EC en los SD, ofrece oportunidades para monitorear el desempeño del producto y rastrear y mejorar el uso de recursos en toda la cadena de suministro, al tiempo que permite relaciones más cercanas con los clientes (De Angelis *et al*., 2018). La colaboración bajo la participación de **clientes y otras partes interesadas,** intentando impactar en las tendencias y motores regionales (políticas regionales), ha permitido confirmar que el marco SDCR permite la innovación no solo a nivel de empresa, sino también a nivel del ecosistema empresarial, incluyendo una perspectiva de sistemas (Antikainen y Valkokari, 2016).

Queda claro, por tanto, que si bien el marco SDCR no impulsa a las PYMEs tradicionales hacia la innovación radical para plantear nuevos CBMs, como podría ser pasar de ofrecer un producto a un servicio (Merli *et al*., 2018), sí permite nuevas acciones que se establecen en las dos dimensiones principales del modelo de negocio actual en el que las empresas pueden aprovechar la EC: primero en la propuesta de valor para el cliente y su interfaz para la gestión de las relaciones con los clientes, y segundo en la red de valor, que se refiere principalmente a la gestión de la cadena de suministro y su papel en la creación de valor compartido (Ünal *et al.,* 2018).

¿Es el marco SDCR útil para la creación de valor social en la circularidad?

El marco SDCR considera el impacto social especialmente durante el proceso de definición del Plan de Acción, lo que había sido poco considerado en otros marcos existentes, dando hasta el momento una consideración insuficiente a las implicaciones sociales y al equilibrio de los tres pilares de la sostenibilidad (Merli *et al*., 2018). Con el fin de reducir esta brecha, el marco SDCR permite verificar acciones no solo en términos financieros y ambientales, sino también en su desempeño social, evaluando la creación de empleo y promoviendo la responsabilidad social en los criterios de selección de proveedores, según lo propuesto por WBSCD (2016).

Este caso de estudio ha demostrado que las acciones propuestas inicialmente permiten lograr un posicionamiento positivo ambientalmente, pero su impacto positivo social y económico es reducido. En este estudio piloto se pone de manifiesto la dificultad de lograr simultáneamente la regeneración ambiental, social y económica a nivel de empresa, lo que demuestra el desafío existente en rediseñar el ecosistema empresarial para encontrar un entorno *win-win-win* (Antikainen *et al*., 2017). Si bien la aplicación de SDCR no puede garantizar que todas las acciones propuestas contribuyan a la creación y preservación del valor económico, social y ambiental para maximizar la función del ecosistema y el bienestar humano (Masi *et al*., 2017), sí ofrece, al menos, un marco para visualizar las acciones no

solo bajo la perspectiva ambiental y económica, sino también social, tratando de reducir la ausencia del enfoque social de la EC que limita sus dimensiones éticas (Murray *et al*., 2017). Además, SDCR alienta a las empresas a establecer medidas correctivas durante la definición del plan de acción final con el objetivo de compensar y mejorar las dimensiones más débiles, principalmente económicas o sociales, para cada acción.

En este caso de estudio, el compromiso de la gerencia hizo posible que acciones con un impacto económico reducido pudieran ser seleccionadas para ser implementadas, tal y como experimentó Ünal *et al*. (2018). Esto confirma que los tomadores de decisiones en las empresas son facilitadores clave de la EC, creyendo que las acciones de circularidad, aunque con costos más altos a corto plazo, mejorarán la competitividad futura (Masi *et al*., 2017), lo que a su vez confirma la necesidad de un apoyo gubernamental de arriba hacia abajo para la implementación de dichas acciones (Genovese *et al*., 2017).

CONCLUSIONES FINALES

Estos últimos años se han desarrollado varios marcos de EC enfocados a la innovación de CBMs y al rediseño de la CSC. Si bien la mayoría de ellos ofrecen kits de herramientas y orientación disponibles online, el uso por parte de las PYMEs individuales, por su cuenta, es reducido o incluso inexistente, al menos en el norte de España. Por tanto, la implementación aún no está muy extendida entre las empresas industriales y menos aún en las PYMEs. Además, la mayoría de los marcos propuestos hasta la fecha son bastante complejos, trabajando en los procesos industriales completos en su conjunto, incluyendo los procesos aguas arriba, de producción y aguas abajo e impactando en las estrategias de modelos de negocio, lo que limita su aplicabilidad a las PYMES establecidas que necesitan evolucionar a medio plazo, pero garantizando ser rentables a corto plazo. Además, la falta de un enfoque social es una carencia común de los marcos existentes, lo que obstaculiza la regeneración de la consideración del capital social al evaluar nuevas acciones para la circularidad de los flujos de recursos.

Sobre la base de estos precedentes, este caso de estudio consigue contribuir al conocimiento práctico sobre los procesos de implementación de marcos de EC en dos aspectos. En primer lugar, la estructura del marco SDCR y su proceso de implementación se han definido, probado y validado a través de un caso de estudio en tres empresas incluidas en el sector alimentario, quedando probado el aporte en conocimientos y herramientas para que las PYMEs inicien su reflexión y el planteamiento de nuevas acciones que impulsen la circularidad en los modelos de negocio actuales. En segundo lugar, los resultados obtenidos muestran que el marco SDCR es útil para la identificación de desafíos actuales en SD lineales y para la definición de acciones que, cuando se implementan, pueden conducir a una mayor circularidad en los elementos del SD, convirtiéndose en un marco pragmático que actúa específicamente en los procesos aguas abajo dónde se ofrece valor a los clientes. Además, el marco garantiza un enfoque de triple cuenta de resultados, según lo recomendado por Mendoza *et al*. (2017), al evaluar y priorizar las acciones que se incluirán en el plan de acción bajo ese enfoque.

Implicaciones en la gestión

El proceso de implementación de SDCR, que se aplica exclusivamente a la parte final de la cadena de valor de la empresa, requiere de poca cantidad de recursos (en tiempo y materiales) y, por lo tanto, puede resultar especialmente útil para las PYMEs. Los tipos de acciones obtenidas dentro del estudio muestran que priorizar los recursos regenerativos y las estrategias de colaboración en los elementos de *packaging*, marketing y comunicación son aspectos clave para SD más circulares, confirmando las conclusiones de Kalmykova *et al*. *(*2018). El marco SDCR es, por tanto, particularmente útil para las PYMEs establecidas, en la construcción de sus estrategias de EC aplicadas a productos existentes, con el fin de fomentar cambios reales en la distribución actual de productos y las cadenas de suministro, aunque sin interferir en los modelos de negocio actuales, ofreciendo acciones para una transición paulatina hacia la circularidad y no cambios disruptivos en las PYMEs actualmente rentables.

Sin embargo, este estudio presenta dos limitaciones clave. En primer lugar, el uso de cuestionarios cualitativos con preguntas abiertas conduce a diferentes tipos de información recopilada. En este caso, el uso de la herramienta CAT permite usar cuestionarios estandarizados y un método de recolección digital que aumenta la replicabilidad. En segundo lugar, el caso de estudio se ha aplicado a solo tres PYMEs específicas del sector alimentario ubicadas en la región de Navarra, por lo que los resultados no pueden generalizarse a otros territorios y/o empresas.

Futuras implementaciones

Implementaciones futuras de este marco también deberían evaluar el uso de indicadores de circularidad aplicados al monitoreo de la gestión de la cadena de valor y de indicadores EC a nivel de empresa, para evaluar cómo las estrategias de EC de las empresas se convierten en resultados de desempeño factibles. Aunque el desarrollo y la evaluación de conjuntos de indicadores específicos de circularidad para un análisis a nivel micro aún se encuentra en una etapa temprana, sería necesario evaluar la naturaleza restaurativa y regenerativa de las acciones de EC planteadas, yendo más allá de la evaluación de la cadena de suministro y demostrando el deseado impacto beneficioso de la EC en el sistema natural y social.

Los resultados de este estudio podrían compararse y completarse con los obtenidos en la implementación del marco SDCR en otros sectores industriales, en otras regiones con empresas del sector alimentario, o en otras partes de la cadena de valor, como podría ser en procesos de producción. También se podría considerar implementar el marco con un número mayor de sesiones y/o equipos de trabajo en las empresas más grandes, con el fin de ampliar el impacto de la identificación de oportunidades en nuevos modelos de negocio circulares para las empresas participantes.

REFERENCIAS

Antikainen, M. y Valkokari, K. (2016) A Framework for Sustainable Circular Business Model Innovation. *Technology Innovation Management Review* 6(7), 5-12.

Antikainen, M., Lammi, M. y Paloheimo, H. (2017). *Creating value for consumers in CE-Tools as a service*. XXVIII ISPIM Innovation Conference- Composing the Innovation Symphony, Austria, Vienna on 18-21 June 2017.

Batista L., Bourlakis, M., Smart P. y Maull R. (2018) In search of a circular supply chain archetype - a content-analysis-based literature review. *Production Planning & Control* 29(6), 438-451.

Bernon M., Tahjono, B. y Ripanti E. F. (2018) Aligning retail reverse logistics practice with circular economy values: an exploratory framework. *Production Planning & Control* 29(6), 483-497.

Bressanelli, G., Perona, M. y Saccani, N. (2018) Challenges in supply chain redesign for the Circular Economy: a literature review y a multiple case study. *International Journal of Production Research* 2018, 1-28.

Bocken, N.M.P., Short, S.W., Rana, P. y Evans S. (2014) A literature and practice review to develop sustainable business model archetypes. Journal of Cleaner Production 65, 42-56.

Bocken, N.M.P., de Pauw, I., Bakker, C. y 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.

CEF (2018) Circle Assessment Tool. Measuring circularity y identifying *opportunities to adapt circular strategies*. Circle Economy Foundation. https://www.circle-economy.com/tool/circleassessment/#.XFbWe_x7nE4 Accessed 7 June 2019.

CE (2019) *Un Pacto Verde Europeo. Esforzarnos por ser el primer continente climáticamente neutro.* Comisión Europea. https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_es Accessed 20 February 2020.

Ceptureanu, S.I., Ceptureanu, E.G.y Murswieck, R.G.D. (2018) Perceptions of Circular Economy Business Models in SMEs. *Amfiteatru Economic* 20(48), 310-324.

De Angelis, R., Howard, M. y Miemczyk, J. (2018) Supply chain management and the circular economy: towards the circular supply chain. *Production Planning & Control* 29(6), 425-437.

De Jesus, A. y Mendonça, S. (2018) Lost in Transition? Drivers and barriers in the Eco-innovation road to the circular economy. *Ecological Economics* 145, 75-89.

EC (2015) *Closing the loop- an EU action plan for the Circular Economy.* Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions.. European Commission, Brussels 2.12.2015. COM (2015) 614 final.

EC (2017) *Boosting the circular economy amongst SMEs in Europe*. European Commission. EU regional and urban development. Regional Policy. Newsroom. Published 27/07/2017. https://ec.europa.eu/regional_policy/en/newsroom/news/2017/07/27-07-2017-boosting-the-circular-economy-amongst-smes-in-europe Accessed 30 October 2019.

EEA (2017) *Circular by design. Products in the circular economy*. EEA Report. No 6/2017. European Environment Agency. EU publications. https://www.eea.europa.eu/publications/circular-by-design Accessed 20 July 2018.

EMF (2012) *Towards the Circular Economy Vol.1: an economic and business rationale for an accelerated transition*. Ellen MacArthur Foundation. Rethink the future.

EMF (2015a) *Growth Within: A circular economy vision for a competitive Europe.* Ellen MacArthur Foundation, SUN and McKinsey Center for Business and Environment. June 2015.

EMF (2015b) Re-thinking Progress: The Circular Economy. Ellen MacArthur Foundation. https://youtu.be/zCRKvDyyHml Accessed 15 July 2018.

Geisendorf, S.y Pietruella F. (2018) The circular economy and circular economy concepts- a literature analysis and redefinition. *Thunderbird International Business Review* 60, 771-782.

Geissdoerfer, M., Morioka, S. N., de Carvalho, M. M. y Evans, S. (2018) Business models and supply chains for the circular economy. *Journal of Cleaner Production* 190, 712-721.

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

Ghenta, M. y Matei, A. (2018) SMEs and the Circular Economy: from policy to difficulties encountered during implementation. *Amfiteatru Economic* 20(48), 213-228.

Ghisellini, P., Cialani, C. y 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.

Goldschmeding Foundation (2017) *Circular Jobs. Understanding employment in Circular Economy in the Netherlands.* Circle Economy and EHERO.

Govindan, K, y Hasanagic, M. (2018) A systematic review on drivers, barriers, and practices towards circular economy: a supply chain perspective. *International Journal of Production Research* 56(1-2), 278-311.

Guldman, E. y Jensen, J.P. (2015) *Implementation of circular economy in Danish companies.* Aalborg University. Abstract from Global Cleaner Production and Sustainable Consumption Conference 2015, Barcelona, Spain.

Guldman, E. y Remmen, A. (2018) *Towards Circular Business Models.Experiences in eight Danish companies*. Ministry of Environment and Food of Denmark. Environmental Protection Agency, April 2018.

Heyes, G., Sharmina, M., Mendoza, J.M.F., Gallego-Schmid, A. y Azapagic, A. (2018) Developing and implementing circular economy business models in service-oriented technology companies. *Journal of Cleaner Production* 177, 621-632.

Hopkinson, P., Zils, M., Hawkins, P. y Roper S. (2018) Managing a complex global circular economy business model: opportunities and challenges. BekeleyHaas School of Business. University of California Berkeley. *California Management Review* 60(3), 71-94.

Howard, M., Hopkinson, P. y Miemczyk, J. (2018) The regenerative supply chain: a framework for developing circular economy indicators. *International Journal of Production Research* 2018, 1-20.

Jorgensen, M.S. y Remmen, A. (2018) A methodological approach to development of circular economy options in businesses. 256h CIRP Life Cycle Engineering (LCE) Conference, 30 April-2 May 2018, Copenhangen, Denmark. *Procedia CIRP* 69, 816-821.

Jorgensen, M.S., Remmen, A., Guldmann, E., Sosser, B. y Signe, P. (2018) *Slowing and narrowing resource flow as part of circular economy business strategies.* Paper presented at Third International Conference of the Sustainable Consumption Research and Action Initiative (SCORAI), 27-30 June 2018 Copenhage, Denmark.

Joustra, D.J., de Jong, E., Engelaer, F. (2013) *Guided choices towards a circular business model. C2CBizz Project- Cradle to Cradle in business sites*. North-West Europe Interreg IV. November 2013. http://www.c2cbizz.com/ Accessed 1 August 2018.

Jurgilevich, A., Birge, T., Kental-Lehtonen, J., Korhonen-Kurki, K., Peitikäinen, J., Saikku, L. y Schösler, H. (2016) Transition towards Circular Economy in the Food System. *Sustainability* 69 (8), 1-16.

Kalmykova, Y., Sadagopan, M. y Rosado, L. (2018) Circular economy - From review of theories and practices to development of implementation tools. *Resources Conservation and Recycling* 135, 190-201.

Kazancoglu, Y, Jazancoglu, I. y Sagnak, M. (2018) A new holistic conceptual framework for Green supply chain management performance assessment based on circular economy. *Journal of Cleaner* Production 195, 1282-1299.

Kirchherr, J., Reike, D. and Hekkert, M. (2017) Conceptualizing the circular economy: an analysis of 114 definitions. Resources, Conservations and Recycling 127, 221-232.

Laurenti, R., Singh, J., Frostell, F, Sinha, R. y Binder C.R.(2018) The socio-economic embeddedness of the Circular Economy: an integrative framework. *Sustainability* 2018 10, 21-29.

Lewandowski, M. (2016) Designing the Business Models for Circular Economy-Towards the Conceptual Framework. *Sustainability*, 8 (1).

Masi, D., Day S. y Godsell J. (2017) Supply chain configurations in the Circular Economy: A systematic literature review. *Sustainability* 9, 9-22.

Meidutè-Kavaliauskiene, I., Vasiliauskas, A.V. y Zinkeviciuté, V. (2014) Securing Enterprise competitive advantage through the management of components of distribution system. *Procedia –Social and behaviour sciences* 110, 353-360.

Mendoza, J. M., Sharmina, F., Gallego-Schmid, M. A. , Heyes G. y A. Azapagic (2017) Integrating Backcasting y Eco-Design for the Circular Economy The BECE Framework. *Journal of Industrial Ecology* 21(3), 526-544.

Mentink, B. (2014) *Circular business model innovation. A process framework y a tool for business model innovation in a circular economy*. Master´s thesis, Delft University of Technology& Leiden University, Leiden, The Netherlands.

Merli, R., Preziosi M y Acampora A. (2018) How do scholars approach the circular economy? A systematic literature review. *Journal of Cleaner Production* 178, 703-722.

Murray, A., Skene, K. y Haynes, K. (2017) The circular economy: an interdisciplinary exploration of the concept and application in a global context. *J. Bus. Ethics* 140, 369-380.

Nussholz, J.L.K. (2018) A circular business model mapping tool for creating value from prolonged product lifetime and closed material loops. *Journal of Cleaner Production* 197, 185-194.

Ormazabal, M., Prieto-Sandoval, V. , Jaca, C. y Santos J. (2016) An Overview of the Circular Economy among SMEs in the Basque Country: A Multiple Case Study. *Journal of Industrial Engineering and Management-Jiem* 9(5), 1047-1058.

Ormazabal, M., Prieto-Sandoval, V., Puga-Leal R. y Jaca C. (2018) Circular Economy in Spanish SMEs: Challenges and opportunities. *Journal of Cleaner Production* 185, 157-167.

Prieto-Sandoval, V., Jaca C. Y Ormazabal M. (2017) Circular economy: Relationship with the evolution of the concept of sustainability and strategies for its implementation. *Memoria-Investigaciones En Ingenieria* 15, 85-95.

Ramos, M.A. (2016) *Business models for a circular economy. A case study of Gabriel Holding A/S.* Master Thesis. Joint European Master in Environmental Studies- Cities & Sustainability. Aalborg University, Hamburg Universtity of Technology, University of Aveiro and Autonomous University of Barcelona. June 9.

Ramsden, M y Bennett, R.J. (2005) The benefits of external support to SMEs. «Hard» versus «soft» outcomes and satisfaction levels. *Journal of Small Business and Enterprise Development* 12 (2), 227-243.

ResCoM (2017) *Closing the loop in practice: implementing the ResCoM methodology and framework*. ResCoM platform. www.rescoms.eu. Accessed 11 August 2018.

Ritzén, S. y Sandström, G.Ö. (2017) Barriers to the Circular Economy- integration of perspectives and domains. The 9th CIRP IPSS Conference: Circular perspectives on Product/Service-Systems. *Procedia CIRP* 64, 7-12.

Rizos, V., Behrens, A., Kafyeke, T., Hirschnitz-Garbers, M. y Ioannou, A. (2015) *The circular economy: barriers and opportunities for SMEs.* CEPS Working Document, 412, GreenEcoNet Project, financed by the 7th EU Framework Programme for Research. www.ceps.eu. Accessed 1 August 2018.

Rizos, V., Behrens, A. , van der Gaast, W., Hofman, E., Ioannou, A., Kafyeke, T., Flamos, A., Rinaldi, R., Papadelis, S., Hirschnitz-Garbers M. y Topi C. (2016) Implementation of Circular Economy Business S. Models by Small and Medium-Sized Enterprises (SMEs): Barriers and Enablers. *Sustainability* 8, 11-18.

Sacchi Homrich, A., Galvao, G., Gamboa Adadia, L. y Carvalho, M.M. (2018) The circular economy umbrella: trends and gaps on integrating pathways. *Journal of Cleaner Production* 175, 525-543.

Saidani, M., Yannou, B., Leroy, Y. y Cluzel, F. (2017) How to assess product performance in the circular economy? Proposed requirements for the design of a circularity measurement framework. *Recycling* 2(6), 1-18.

Saunders, M.N., Lewis, P., yThornhill, A. (2015) *Research Methods for Business Students.* 7th Edition. Pearson Education Limited, Harlow, United Kingdom.

Scott, J.T. (2016) *The sustainable business a practitioner´s guide to achieving long-term profitability and competitiveness*. 2nd Edition Greenleaf Publishing Sheffield UK.

Stec, T. y Zwolinski, P. (2018) Using values management for shifing companies to circular economy. 25th CIRP Life Cycle Engineering (LCE) Conference, 30 April- 2 May 2018. Copenhage, Denmark. *Procedia CIRP* 69, 805-809.

Talukder, M.H. (2017) *Circular business model innovation-a process framework and a tool towards more circular economy*. Master´s thesis Lappeeranta University of Technology. School of Business and Management. Lappeenranta, Finland. http://www.doria.fi/handle/10024/133922 Accessed 11 August 2018.

Ünal, E., Urbinati, A. y Chiaroni, D. (2018) Organizational and managerial practices for circular economy business models: The case of an Italian SME in the office supply industry. *Journal of Manufacturing Technology Management* 2, 1-27.

Validi, S., Bhattacharya, A. y Byrne, P.J. (2014) A case analysis of a sustainable food supply chain distribution system- A multi-objective approach. *International Journal Production Economics* 152, 71-87.

Velte, C.J., Scheller, K. y Steinhilper, R. (2018) Circular economy through objetives-Development of a proceeding to understand and shape a circular economy using value-focused thinking. 25th CIRP Life Cycle Engineering (LCE) Conference, 30 April-2 May 2018, Copenhagen, Denmark. *Procedia CIRP* 69, 775-780.

Verboven, H y Vanherck, L. (2015) Sustainability as a management process for SMEs. *UmweltWirtschaftsForums* 23 (4), 241-249.

WBCSD (2016) *Leadership Program. Unlocking more value with fewer resources. A practical guide to the circular economy.* WBCSD education. Sep 29, 2016. https://www.wbcsd.org/Projects/Education/Leadership-program/Resources/Unlocking-More-Value-with-fewer-resources-A-practical-guide-to-the-circular-economy Accessed 20 July 2018.

CIRCULARIZATE: UN *LIVING LAB* DE ECONOMÍA CIRCULAR REAL EN EL ÁMBITO UNIVERSITARIO

RUTH CARRASCO GALLEGO
SUSANA YÁÑEZ GUTIÉRREZ
MARÍA LUISA MARTÍNEZ MUNETA
JOAQUÍN MARTÍNEZ URREAGA
Universidad Politécnica de Madrid

Según cifras de la Organización de Naciones Unidas (ONU, 2015) en el año 2050 seremos más de 9.600 millones de personas en el mundo. Esto implica que en treinta años serán necesarios tres planetas como el nuestro para proporcionar los recursos necesarios que permitiesen mantener el estilo de vida actual. Asimismo, pese a los avances tecnológicos en pro de la eficiencia energética, el uso de la energía crecerá un 35% en 2020. En la actualidad, menos del 3% del agua fresca del mundo es potable, estamos contaminando el agua más rápido de lo que la naturaleza puede reciclarla, y las infraestructuras para gestionarla son costosas. Por último, existe despilfarro alimentario, un tercio de la comida acaba en contenedores. Todos estos datos apuntan a que un cambio en el modelo de producción y consumo es necesario.

La ONU ha dedicado, dentro de la Agenda 2030, el Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) número 12 para impulsar la producción y el consumo responsable, como uno de los 17 objetivos a alcanzar para conseguir un modelo de desarrollo más sostenible que permita «*satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las generaciones del futuro para atender sus propias necesidades*» (Comisión Brundtland, 1987). Para conseguirlo es necesario que todos los actores, no solamente las empresas, estén alineados en los principios de la sostenibilidad. Por ello, los consumidores, administraciones públicas, inversores, organizaciones sin ánimo de lucro y otros actores de la sociedad civil, pueden llevar a cabo acciones que animen a las empresas a desarrollar iniciativas que promuevan su sostenibilidad (Commenne, 2006). Entre esos actores se encuentra la universidad, que tradicionalmente ha jugado un papel histórico en la transformación de la sociedad y en la búsqueda del bien común (Waas *et al.*, 2010), y que debido a su capacidad para crear y difundir conocimiento, durante mucho tiempo ha sido impulsora de la innovación, el desarrollo social y el bienestar (SDSN Australia/Pacific, 2017).

Los principales impactos de las universidades son los impactos educativos (formación de personas y de los profesionales del mañana), impactos cognitivos (generación del conocimiento y transferencia tecnológica), impactos sociales (acompaña al desarrollo de la sociedad) y organizacionales (su gestión tiene una huella social y medioambiental que debe ser tenida en cuenta) (Vallaeys, 2007). ¿Podrían todos estos impactos realimentarse para abordar los re-

tos que actualmente enfrenta la sociedad? ¿Podría utilizarse el campus universitario como una plataforma de pruebas y transferencia de modelos más sostenibles hacia el tejido productivo y la sociedad en general? Los *living labs*, «demostradores», son ecosistemas de innovación que aglutinan una visión multiactor (*multi stakeholder*) y fomentan la conexión entre investigadores de diferentes disciplinas, empresas, organizaciones, administraciones públicas, futuros profesionales, etc., en torno a la resolución de un reto. Estos espacios fomentan la co-creación e implementación de soluciones que pueden ser probadas y, si resultan exitosas, replicadas en las ciudades o entornos donde se incluyen.

En este artículo presentamos un *living lab*, o demostrador, de economía circular real en el ámbito de los campus y centros de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM). La economía circular ha emergido en los últimos cinco años como un tema crítico en la agenda de la Unión Europea, como muestra la aprobación del primer plan de acción en Economía Circular de la Comisión Europea en diciembre de 2015 y su relanzamiento, con un nuevo plan en marzo de 2020, como uno de los bloques principales del *European Green Deal* de la Comisión von der Leyen. En efecto, la economía circular se está revelando en los últimos diez años como una vía posible para abordar con un enfoque diferente la falta de sostenibilidad ambiental de nuestros modelos de producción y consumo. Este enfoque se centra no tanto en mitigar los impactos medioambientales negativos, sino en prevenirlos desde el origen y cambiar nuestra concepción de la palabra «residuos» para transformarlos en «recursos» con valor. El cierre del bucle de materiales que propugnan estos enfoques permite a las instituciones europeas abordar, por un lado, el problema medioambiental de la gestión de residuos. Por otro lado, también permite afrontar el reto geoestratégico de carencia de algunos materiales, muy valiosos y limitados, y muchos de ellos críticos también para que avancen las agendas de digitalización y de transición energética, como el litio, el cobre o los lantánidos. Desde la perspectiva de la investigación e innovación orientada a misiones (Mazzucatto, 2018), el reto (*moonshot*) de cerrar el bucle de la economía europea emerge como una misión alcanzable, alineada con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de Naciones Unidas y las políticas palanca del plan de acción para la implementación de la Agenda 2030 en España (Gobierno de España, 2018). Desde los centros de la UPM deseamos contribuir a esa misión a través de nuestro propio reto de alcanzar la circularidad en nuestros campus en el año 2030, reto que abordamos a través de la experimentación, la innovación y la conexión que nos proporciona el demostrador o *living lab* que aquí presentamos.

El artículo se estructura como sigue. En el epígrafe 2 se presenta un breve marco conceptual sobre espacios demostradores y economía circular. El epígrafe 3 constituye el bloque central del artículo con la presentación del diseño del demostrador circular y sus cinco áreas de actuación. A continuación, el epígrafe 4 muestra los resultados alcanzados hasta el momento. El artículo se cierra con un epígrafe 5 de conclusiones y futuros desarrollos.

MARCO CONCEPTUAL: *LIVING LABS* Y ECONOMÍA CIRCULAR

Siguiendo a Ballon y Schuurman (2015), los *living labs* o espacios demostradores son entidades y/o espacios orientados a la innovación abierta caracterizados por procesos de experimentación basados en un contexto próximo a la realidad (*real life-setting experimentation*), donde los usuarios se involucran de manera activa en procesos de co-creación (*active involvement of users, co-creation*), a menudo a través de comunidades convencionales o en línea (*online or offline community setting*), y que involucran una amplia gama de grupos de interés tanto institucionales como del sector privado (*institutional and business stakeholders*). Los *living labs* o demostradores tienen una doble dimensión como espacios que facilitan y generan las condiciones para la co-creación, la investigación y la innovación embebidas en el contexto (*context research and co-creation*), y además sirven como un banco de pruebas para que las innovaciones y prototipos generados en el demostrador puedan someterse a la de su aplicación en un contexto o escenario real (*living labs as testbeds*).

Los campus universitarios son espacios privilegiados para establecer este tipo de espacios de experimentación (Verhoef y Bossert, 2019), especialmente cuando se encuentran profundamente imbricados en la trama urbana de una ciudad. En efecto, los centros de educación superior constituyen en sí mismos pequeñas ciudades dentro de la ciudad, y por sus características poblacionales (gran cantidad de jóvenes) y las actividades que en ellos se desarrollan (investigación, transferencia, docencia), suponen un ecosistema único para el desarrollo de innovaciones que, si resultan exitosas, pueden ser después escaladas a la ciudad y al mundo.

Por otro lado, el concepto de economía circular es un marco integrador de varios enfoques y disciplinas que se han ido desarrollando en los últimos treinta años en torno a la idea de establecer un modelo circular para el flujo de materiales en nuestros sistemas de producción-distribución-consumo. En la década de los 90 emergen los conceptos de logística inversa (Carter y Ellram, 1998; Rogers y Tibben-Lembke,1999) y ecología industrial (Frosch y Gallopoulos, 1989; Jelinski *et al.*, 1992), planteamientos que se siguen desarrollando en la década de 2000 a 2010 con el surgimiento de las cadenas de valor o redes de suministro de bucle cerrado (*closed-loop supply chains*; Guide y Van Wassenhove, 2009), el enfoque de diseño de la cuna a la cuna (*cradle-to-cradle* o C2C; McDonough y Braungart, 2002) o el movimiento «residuos cero» (*zero waste*; Murray, 2002;

Elkington, 2012). En los últimos diez años estos paradigmas y enfoques se han enriquecido y fusionado con corrientes ya existentes en torno a la economía basada en la función (*function-based economy;* Stahel, 2005), los sistemas industriales de producto-servicio (*product-service systems* o PSS; Roy, 2002; Tukker, 2004; Tukker, 2015), también conocidos como procesos de servitización (*servitization;* Baines *et al*., 2009) - en particular cuando se abordan desde la perspectiva del fabricante industrial que provee el producto-servicio-, o las nuevas plataformas digitales que permiten compartir activos infrautilizados en la no siempre bien llamada economía colaborativa o del acceso (*sharing economy*, ver Ranjbari *et al*, 2018, para una aproximación a este término). Bajo todos estos enfoques subyace una concepción holística de nuestros procesos de producción y consumo, que pone el foco no sólo en las partes del sistema, sino también, y de manera especial, en las interrelaciones entre las partes y entre estas y su entorno (*systems thinking*; Ackoff, 1971).

Los desarrollos en estos últimos diez años ponen de manifiesto que el cierre del bucle de materiales a través de la reutilización, la reparación, el reacondicionado, la remanufactura o el reciclado necesita ir acompañado, por un lado, de innovación en los modelos de negocio, de modo que se favorezca un diseño circular de productos y servicios. Por otro lado, es necesaria una revisión de las métricas macroeconómicas con las que se diseñan políticas públicas y esquemas impositivos. Se necesitan indicadores que capturen el valor de los recursos naturales (capital natural, en palabras de Lovins *et al*., 1999) en lugar de medir sólo el flujo lineal de materiales en un determinado periodo de tiempo (Stahel, 2016). Bajo los indicadores macroeconómicos clásicos permanece aún una concepción lineal del sistema productivo industrial basada en el flujo de inputs y outputs a través de un sistema que opera en un entorno con recursos infinitos. Sin embargo, en un metabolismo industrial cerrado, los outputs vuelven al sistema en forma de inputs, aportando de esta forma un mayor valor económico, menos externalidades y una mayor productividad del material. Son necesarios por tanto, nuevos modelos de negocio y nuevas políticas públicas, innovación en definitiva, para desvincular o desacoplar crecimiento económico, generación de riqueza y bienestar social, del consumo y explotación de recursos naturales y sociales (desmaterialización de la economía).

En ese contexto de innovación y generación de las condiciones para que ésta ocurra se enmarca esta propuesta de demostrador o *living lab* de una economía circular real en el ámbito universitario. El objetivo de este proyecto es utilizar nuestros campus universitarios como espacios de experimentación que nos permitan contrastar la viabilidad técnica, económica y social de prácticas y acciones vinculadas a la economía circular y regenerativa. Estos espacios, además de su potencial investigador para generar conocimiento nuevo, son una herramienta demostradora también para nuestro alumnado, de manera que desde la universidad podamos contribuir al cambio de mentalidad necesario para transitar desde una perspectiva lineal a una circular, que cierre el bucle y tenga en cuenta la capacidad de regeneración del ecosistema en el que se inserta.

DISEÑO DE UN *LIVING LAB*, DEMOSTRADOR, A TRAVÉS DEL CAMPUS CIRCULAR

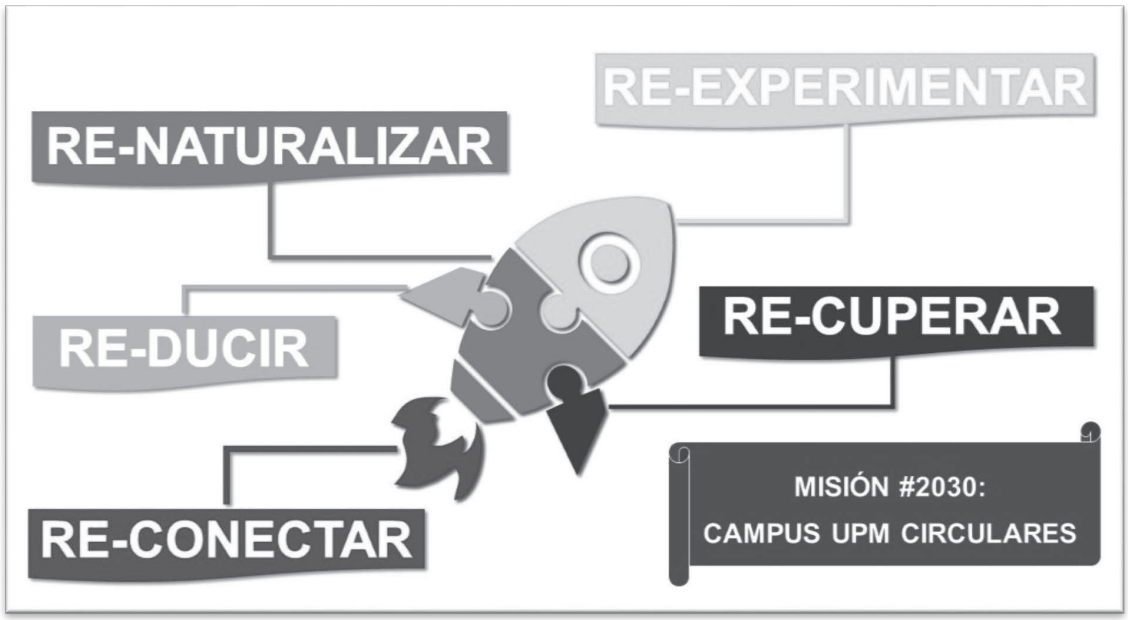
El contexto

La Universidad Politécnica de Madrid (UPM) se creó en 1971 con la integración de las diferentes Escuelas Técnicas Superiores y Escuelas Universitarias de Ingeniería Técnica existentes en la ciudad de Madrid, muchas de ellas instituciones ya entonces centenarias con una larga tradición de formación e investigación en ingeniería y arquitectura. Como consecuencia de su historia, la universidad no dispone de un único campus, sino que las diferentes Escuelas se encuentran salpicadas en diferentes ubicaciones de la trama urbana de la ciudad de Madrid y sus alrededores. Desde la universidad se estructura esta red de centros en torno a cuatro campus: campus Ciudad Universitaria (compartido con la Universidad Complutense de Madrid), campus Madrid centro, campus Sur y campus Montegancedo. Cabe destacar que el campus Madrid centro no es un campus «al uso», sino un conjunto de cuatro escuelas independientes localizadas en la almendra central de la ciudad de Madrid. Cada una de ellas podría considerarse un mini-campus, con la ventaja de encontrarse profundamente imbricadas en el contexto de los barrios y espacios urbanos en los que se ubican.

En el demostrador circular actualmente participa profesorado e investigadores de diversas ramas de la ingeniería y la arquitectura: ingeniería mecánica, ingeniería química, ingeniería de organización, ingeniería agronómica, ingeniería de materiales y arquitectura. El diseño del campus circular incorpora en este momento a cuatro escuelas de la UPM (ETSI Industriales, ETSI Diseño Industrial, ETS Arquitectura, ETSI Agronómica, Alimentaria y Biosistemas) y dos de sus campus (Madrid Centro y Ciudad Universitaria), aunque su vocación es ir expandiéndose a modo de mancha de aceite a todos los centros y campus de la UPM a través de la estructura de nodos ODS, estructura de nueva creación impulsada desde el Vicerrectorado de Calidad y Eficiencia, que es donde residen las competencias en políticas de sostenibilidad en la UPM. Los nodos ODS son una estructura organizativa tipo red en la que la dirección de cada centro ha nombrado a un equipo de representantes integrado por estudiantes, profesorado y personal de la universidad.

Asimismo, dentro del equipo de trabajo, una fuerza impulsora y vital del demostrador o *living lab* es el alumnado involucrado que, mediante sus conocimientos y orientación a la innovación, contribuye a

FIGURA 1
MISIÓN UPM. CAMPUS CIRCULARES EN 2030. ÁREAS DE TRABAJO



Fuente: Elaboración propia.

mejorar y hacer evolucionar el proyecto aportando su visión e ideas y lo mantienen vivo y activo entre la comunidad universitaria, a la vez que enriquecen su competencia técnica en el ámbito de la economía circular y adquieren competencias transversales valiosas para su posterior desarrollo profesional.

El demostrador: áreas y líneas de trabajo

El objetivo principal de este proyecto es demostrar, a través de los campus de la UPM, que la economía circular es técnicamente viable, económicamente rentable y socialmente inclusiva. A través del proyecto se trata de establecer nuestros campus como un banco de pruebas de prácticas y políticas alineadas con los principios de la economía regenerativa, creadora (y no extractora) de valor, y de la simbiosis industrial: los desechos de un nodo de la red sirven de entrada para otro nodo, buscando un «metabolismo» industrial cerrado a través de colaboraciones y alianzas entre centros, campus UPM y agentes externos como ayuntamientos, empresas, organizaciones y comunidades locales.

El espacio demostrador se ha diseñado en torno a cinco áreas de trabajo, que quedan recogidas en la figura 1.

El demostrador toma como punto de partida un inventario (línea de base) de los residuos que generan los distintos centros implicados en el demostrador, con un doble objetivo. Por un lado, disponer de datos de partida que permitan evaluar el impacto de la introducción de la perspectiva circular en la cotidianidad de los centros (Smyth *et al*., 2010; Zhang *et al*., 2011; Siwaporn T *et al*., 2017). Por otro lado, conocer mejor qué residuos genera cada centro, en qué cantidades y cuáles son las prácticas actuales de gestión de los mismos, con el fin de alimentar líneas de trabajo innovadoras en las cinco áreas del proyecto:

- Re-ducir, ¿podemos eliminar este residuo?
- Re-cuperar, ¿podemos poner en valor este residuo (quizá en alianza con socios externos a la universidad)?
- Re-conectar, ¿podría este residuo ser «materia prima» para otro nodo de la red UPM?
- Re-naturalizar, ¿podemos darle un ciclo en la «biosfera» – en contraposición a la tecnosfera – a este residuo?
- Re-experimentar, ¿podemos incorporar este residuo a los espacios de experimentación circular de la UPM y darle una nueva vida dentro de la universidad a través de la reparación, el reacondicionado (*refurbishment*), la refabricación (*remanufacturing*) o el reciclado?

Un ejemplo de esta línea de base para uno de los centros del demostrador circular (ETSI Industriales) se muestra en los Cuadros 1 y 2. Este centro tiene una larga historia de implantación de un modelo de gestión integral de la sostenibilidad (Yáñez *et al*., 2019), que ha sido plasmada a través de sus cinco memorias de responsabilidad social publicadas (ETSII-UPM, 2019) y que reportan de forma bienal el decenio 2007–2017 (la sexta memoria para el periodo 2018-2019 está en elaboración). El Cuadro 1 recoge los

CUADRO 1
LÍNEA DE BASE PARA LA ETSI INDUSTRIALES. GENERACIÓN DE RESIDUOS EN EL CENTRO

TABLA 77 - **RESIDUOS NO PELIGROSOS**

TIPO DE RESIDUO (Kg)	2015	2016	2017
RAEES	467	1.657	522+233 (Monitores CRT)
Papel-carton	25.680	11.050	1.840
Tubos fluorescentes	276	96,5	110,98
Aceite vegetal	620	1040	785

TABLA 78 - **RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN**

RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN O DEMOLICIÓN (m^3)	2015	2016	2017
	78	138	126

TABLA 79 - **RESIDUOS PELIGROSOS**

TIPO DE RESIDUOS (Kg)	2015	2016	2017
Reactivos de Laboratorio	40	160	16
Disoluciones ácidas	120	440	18
Disoluciones básicas	280	460	25
Disolvente halogenado	80	237	10
Disolvente no halogenado	540	668	9
Envases de plástico	20	14	-
Envases de vidrio	40	80	-
Envases metálicos		25	
Productos químicos	440	320	
Productos químicos de Laboratorio	10	260	20
Otros combustibles	40		17
Resinas de Intercambio Iónico y Adhesivos y sellantes	4	20 Resinas de Intercambio Iónico + 276 Adhesivos y sellantes	120
Antiespumante	5		-
Residuos biosanitarios	1,98	3,33	3,98
Aceites		171	
Pintura		120	
Gas Halon		80	
Gas FE-B		100	
Virutas (polvo de acero inox.)		3	
Absorbentes contaminados	N/A	N/A	22
Baterías Ni-Cd			10
Pintura			60
Fuel Oil			80

Fuente: Memoria de Responsabilidad Social de la ETSII-UPM 2016-17.

indicadores plasmados en dichas memorias, elaboradas bajo el estándar GRI, en relación a la generación de residuos en el centro. El Cuadro 2 recoge el estudio realizado por el alumnado de la iniciativa CircularizatE en torno al tipo de residuos plásticos generados en el centro.

Las cinco áreas de trabajo presentadas en la figura 1 se describen a continuación en los epígrafes 3.3 a 3.7. Estas cinco líneas permiten definir una metodología para la identificación de flujos de residuos y su potencial para la circularidad en instituciones como hospitales, centros corporativos y administraciones públicas, y constituyen la principal aportación de este trabajo (c.f. Hopff *et al.*, 2019; Mendoza *et al.*, 2019).

Área de trabajo RE-DUCIR

El mejor residuo es aquel que no se genera. No tiene sentido hablar de economía regenerativa en un contexto donde no se valoran la materia y la energía que contienen los artículos de uso y consumo cotidiano. Los campus universitarios deben establecer unos «mínimos higiénicos» que eviten el despilfarro

CUADRO 2
LÍNEA DE BASE PARA LA ETSI INDUSTRIALES. IDENTIFICACIÓN DE TIPOS DE PLÁSTICOS UTILIZADOS EN EL ENTORNO UNIVERSITARIO

Nº	ID	TIPO DE PLÁSTICO	USO EN LA ETSII
1	PET	Polietileno Tereftalato	Botellas de agua y refrescos Botellas de aceite de cocina
2	HDPE (PEAD)	Polietileno de Alta Densidad	Tapones de plástico (tapones solidarios) Envases de detergentes y productos de limpieza,...
3	PVC	Policloruro de Vinilo	Plástico que envuelve las botellas de PET Cubiertas de encuadernación de trabajos de PVC Fundas de documentos
4	LDPE (PEBD)	Polietileno de Baja Densidad	Bolsas de plástico de un solo uso Film plástico para envolver
5	PP	Polipropileno	Tapones de plástico (tapones solidarios) Tupperware Cubiertas de encuadernación de trabajos de PP. Fundas de documentos.
6	PS	Poliestireno	Cubiertos y platos de un solo uso Vasos de plástico desechables Envases de yogur, de helado, margarina PS cristal: envases de alimentos para llevar PS expandido: bandejas de corchopan
7	O	Other (Por ejemplo PLA)	Hilo de impresión 3D

Fuente: Elaboración propia.

y la proliferación de residuos innecesarios, como condición previa para que la universidad pueda hablar con legitimidad de economía circular. Estos mínimos son condición necesaria también de cara al alumnado, pues los contenidos que se imparten en aulas (sostenibilidad y ODS en el currículo) se refuerzan de modo muy importante si el alumnado percibe «ejemplo institucional» en relación a dichos contenidos. En el área de trabajo «RE-DUCIR», el demostrador contempla tres líneas de trabajo específicas.

Línea 1. Reducción de envases de un solo uso en cafeterías e introducción de sistemas de fianza.

Algunos trabajos previos realizados en la ETSI Industriales (antenas de sostenibilidad) muestran que el alumnado identifica las cafeterías de los centros como espacios que generan gran cantidad de residuos, dónde la gestión actual de los mismos impacta negativamente en el «ejemplo institucional» antes mencionado. Sin embargo, es importante destacar que las cafeterías no son los únicos espacios generadores de residuos dentro de los centros, pero sí uno de los más visibles.

La Gerencia de la Universidad Complutense de Madrid (que comparte campus con la UPM en Ciudad Universitaria) ha declarado la obligación con fecha 28 enero 2020 de eliminar plásticos de un solo uso en sus centros. En la UPM existen exitosas iniciativas en la misma línea, como Caminos Sin Plástico o Montes Sin Plástico, también en torno a un material en concreto: el plástico. Sin embargo, es necesario clarificar que, desde una perspectiva de economía circular, pondremos el foco en los envases y productos desechables, y no tanto en el material del que estén hechos. La mera sustitución de envases de plástico por papel (probablemente recubierto con un film de plástico para resistir la humedad) no reduce el impacto ambiental de dichos envases.

Partiendo de las buenas prácticas detectadas en la UCM y Caminos Sin Plástico, se establece una línea de trabajo con los administradores de los centros para incluir en los pliegos de contratación de los servicios de restauración y máquinas de *vending* de la UPM las cláusulas adecuadas, así como otras nuevas que permitan a los usuarios bien traer sus propios envases o bien, si estos no disponen de ellos, ofrecerles un servicio de envases reutilizables gestionado con un sistema de fianza (también denominado SDDR, sistema de depósito, devolución y retorno). Asimismo, en esta línea de trabajo es necesario contemplar recursos para el desarrollo de los proveedores de estos servicios de restauración, pues como prueban la literatura académica (Hahn *et al.*, 1990) y la experiencia práctica, el enfoque meramente regulatorio no suele ser efectivo y es necesario acompañar a la empresa prestataria en este proceso de cambio.

Línea 2. Eventos.

En muchos de nuestros centros se celebran eventos de distinto tipo, como son: (i) fiestas de alumnado (ej. San Pepe en Industriales, San Cemento en Ciudad Universitaria); (ii) ferias de empleo, congresos empresariales, congresos académicos (ej. Induempleo); (iii) otros eventos. Es necesario buscar la alineación de todos estos eventos con las iniciativas de campus circular. Por ejemplo, en los eventos de alumnado, a través de las delegaciones de alumnos y las asociaciones universitarias, se puede trabajar para reducir la generación de basuras y la introducción de vasos duraderos (existen empresas que facilitan el alquiler y limpieza de estos vasos).

En los eventos empresariales y académicos, es necesario incluir una mirada a la sostenibilidad ambiental y social de estas actividades y a algunos residuos específicos que este tipo de ferias generan (e.g. moqueta ferial, acreditaciones de asistentes) y que tienen alto potencial para abordarse desde una perspectiva circular.

Línea 3. Prevenir el despilfarro alimentario y conectar con las iniciativas de campus saludable.

Los menús de calidad en las cafeterías de los centros previenen el despilfarro alimentario. En esta línea se busca fomentar menús más saludables, con productos de proximidad y de temporada que reduzcan los kms necesarios para traerlos a la mesa del comedor universitario, y cocinados con poca sal y aceites de calidad. Las cafeterías de los centros pueden ser también un demostrador de un sistema agronómico sostenible, en línea con el trabajo realizado desde la ETSI Agronómica, Alimentaria y Biosistemas en el marco del proyecto «La red Natura 2000: alimentando el campus», proyecto piloto ejecutado entre febrero y noviembre 2018, con el objetivo de fomentar el consumo de alimentos de proximidad, temporada y/o ecológicos en la restauración colectiva universitaria, a través de la incorporación de alimentos producidos en municipios de la Red Natura 2000 de la bio-región de Madrid (Comunidad de Madrid, provincia de Ávila y provincia de Toledo). Estas iniciativas conectan además con los compromisos universitarios vinculados a la salud (ODS 3) del personal de la universidad (política de RRHH) y estudiantes

Además de asegurar la calidad del menú, otras medidas que permiten reducir o prevenir el despilfarro alimentario en los centros universitarios es facilitar envases retornables para que los usuarios puedan llevarse la comida sobrante o incluir en la lista de precios de los pliegos diferentes tamaños de ración, con diferentes precios.

Área de trabajo RE-CUPERAR

En este área de trabajo, que también contempla tres líneas de trabajo más concretas, se investiga el valor oculto de los «residuos» generados en el ámbito universitario, recuperando materiales para los que podamos cerrar el bucle directamente en la propia universidad (líneas 2 y 3) o a través de alianzas con terceros (línea 1).

Línea 1. Obtener recursos gracias al valor de nuestros residuos y al volumen generado.

En algunos flujos de residuos, como el papel, el aluminio (latas) o la basura electrónica no tenemos capacidad actual de reciclarlos internamente en la propia universidad, pero en función de los precios del mercado de materias primas puede ser interesante gestionarlos directamente con los recicladores, en lugar de a través de los servicios de recogida municipal, con el fin de obtener valor, bien sea a través de su venta o través de la obtención de servicios, como la recogida y destrucción del papel o la recogida de los residuos electrónicos. Algunas de las claves identificadas para la viabilidad de esta línea tienen que ver con las economías de escala y con la dificultad o salubridad de almacenar el residuo en los centros. En este sentido, a los centros «grandes» como ETSI Industriales y ETS Arquitectura, ambos con una «población» de unas 5.000 personas cada uno, les resultará más sencillo encontrar recicladores interesados. Los centros más pequeños pueden mancomunarse con otras Escuelas o Facultades, en caso de encontrarse imbricados en una estructura «campus», o con otras instituciones cercanas.

Línea 2. Nodo de recuperación del PLA: cierra el bucle de la impresión 3D.

En muchos centros de la UPM se realiza impresión 3D para actividades docentes y de investigación. Las bobinas de PLA y otros polímeros empleados para la fabricación aditiva son costosas y los rechazos (fallos) de producción son fácilmente reciclables. El demostrador incluye una red inter-centros para cerrar el bucle de la impresión 3D, de modo que los centros entreguen PLA usado y reciban a cambio bobinas de PLA, con el consiguiente ahorro de costes para los centros y los grupos de investigación.

Línea 3. Identificar e incentivar los canales internos de recuperación ya existentes.

La iniciativa «reciclado de mobiliario» y de «consumibles electrónicos» en ETSI Industriales fomenta la comunicación entre las distintas áreas para conseguir sinergias en el uso de recursos. Gracias a ella, se pone a disposición de departamentos y unidades del centro materiales que ya no van a ser utilizados (por ejemplo, mesas, sillas, cajoneras, impresoras, cartuchos de tinta, etc.) para que sean utilizados por otra área. Así se evita que se conviertan en residuos antes del final de su vida útil y satisface las necesidades del personal sin incurrir en gastos financieros o de tiempo para la gestión de la compra.

Área de trabajo RE-EXPERIMENTAR

En este eje del demostrador se aborda la creación de espacios de experimentación donde la comunidad universitaria (alumnado, profesorado, personal) y la ciudadanía puedan vivenciar los principios inspiradores de la economía circular. Este tipo de espacios contribuyen al cambio de mentalidad necesario en los profesionales de la ingeniería para la transición de sistemas lineales basados en extraer-fabricar-usar-tirar a sistemas circulares y regenerativos donde los «residuos» no existen como tales, sino que son fuentes de módulos, piezas y materiales que tienen reconocido su valor. En estos espacios se trata de «cortocircuitar» los flujos tradicionales lineales de materiales, fomentando ciclos cerrados lo más cortos posible: en primer lugar, reutilización; en segundo lugar, reparación, reacondicionado o remanufactura; por último, reciclado, con el fin de dar valor a los residuos generados siempre que sea posible dentro del propio campus universitario.

Un ejemplo de estos espacios de experimentación se ha llevado a cabo en este curso académico en la ETSI Industriales a través de la iniciativa «CircularizatETSII», germen de partida del demostrador de campus circular que se presenta en este artículo. El espacio de experimentación se inspira en varias iniciativas surgidas en Países Bajos en torno a la valorización y cierre del bucle de los materiales plásticos: Precious Plastics (Eindhoven), Better Future Factory y su Perpetual Plastics Project o la iniciativa Refil (Rotterdam). En el interior del espacio demostrador se ha diseñado un proceso para el reciclado de los residuos plásticos generados en la ETSI Industriales, con el fin de producir objetos con valor a los que se pueda dar uso dentro del centro.

El interior del espacio de experimentación contiene el siguiente equipamiento: una trituradora (*shredder*), una secadora de granza plástica, una máquina extrusora y bobinadora de hilo de impresión 3D, así como varias impresoras 3D disponibles en diversas ubicaciones en el propio centro. Adicionalmente, para actividades de reparación, reacondicionado y refabricación se cuenta con el FabLab de la Escuela, ubicado a escasos metros de donde se encuentra el espacio de experimentación circular, y que cuenta con una cortadora láser, fresadoras, un plotter de corte, así como diversos utensilios y herramientas básicas. Asimismo, para procesos más complejos se puede contar con otras instalaciones y laboratorios de la UPM (dentro del demostrador del campus circular se pueden emplear las capacidades de inyección presentes en los laboratorios de la ETSI Diseño Industrial). Los residuos plásticos pasan por el siguiente proceso: (a) recogida, identificación, separación y limpieza, (b) granceado, (c) secado, sólo en el caso de polímeros higroscópicos, como el PET, (d) extrusión, inyección o termoconformado, en función del tipo de producto final que se quiera obtener. En el caso del hilo de impresión 3D, primero se obtiene el hilo en una máquina específica y después se sigue un proceso de fabricación aditiva en la impresora, como si se tratase de hilo virgen.

El valor del espacio de experimentación y fabricación digital está no sólo en la obtención de objetos con segunda vida, a los que se puede dar un uso dentro de la propia Escuela o del propio campus (e.g. piezas y probetas para prácticas, que luego pueden volver a ser reprocesadas), sino también en la acción formativa que obtienen nuestros estudiantes.

El set de máquinas elegido permitirá experimentar con diferentes tipos de polímeros, mezclas y aditivos para la elaboración de filamentos de impresión 3D a partir de materiales usados. Esta línea de experimentación tiene un gran potencial investigador (publicaciones en revistas de materiales, polímeros y fabricación aditiva, c.f. ejemplo Schirmeister *et al.*, 2019), así como de tractor de financiación en convocatorias competitivas y de transferencia al sector productivo. Existe un gran interés en obtener hilo de impresión 3D a partir de materiales de desecho ampliamente abundantes, como el PET, pero el proceso de obtención no está aún bien desarrollado. Del mismo modo, queremos investigar las posibilidades de la impresión 3D con otro tipo de plásticos ampliamente disponibles, o composites de los mismos, como el PP (polipropileno), el PS (poliestireno, que da lugar a hilo HIPS, similar al ABS) o polietileno de alta y baja densidad (HDPE y LDPE).

Este espacio demostrador en construcción se ubica junto a la «piscina» de la Escuela, una zona de gran visibilidad para el alumnado. El espacio de experimentación aspira a convertirse no sólo en el lugar donde se alberguen estas máquinas, sino a un verdadero espacio de reflexión, diálogo y demostración para la comunidad universitaria y la ciudadanía de Madrid en torno a las posibilidades de la economía circular como nuevo paradigma de diseño de productos, servicios y modelos de negocio (el principal impacto del proyecto gira en torno a la meta 4.7 de los ODS, Educación para la Sostenibilidad).

La propia infraestructura contendora se ha diseñado para ser un ejemplo de sostenibilidad. En este sentido, se está trabajando a través de prácticas en algunas asignaturas regladas, animadas por herramientas de inteligencia colectiva (colab.upm), así como a través de diversos trabajos fin de grado y fin de master con el fin de, por un lado, dotar al espacio de energía eléctrica renovable a través de autoconsumo fotovoltaico; por otro, evaluar las posibilidades de la naturación urbana para reducir las necesidades de climatización del espacio. Asimismo, se contempla analizar el uso del agua que se haga en la instalación, con el fin de dotar al demostrador de circularidad en los tres ejes básicos de recursos naturales: materiales, energía y agua.

El espacio de experimentación del demostrador aspira también a catalizar otras iniciativas circulares que puedan surgir en el transcurso del proyecto, convirtiéndose así en un verdadero Fab-Lab Circular

que incorpore procesos de reciclado, remanufactura, reacondicionado y reparación, así como las herramientas de diseño circular (*design thinking*) que permitan visualizar los nuevos productos y modelos de negocio servitizados que facilitan la transición hacia sistemas circulares.

Área de trabajo RE-NATURALIZAR

Cualquier proyecto de economía circular debe contemplar una visión desde la doble perspectiva de la tecnosfera (ciclos técnicos) y la biosfera (ciclos biológicos). En esta parte del demostrador, la biosfera cobra un especial protagonismo a través de dos líneas específicas de actuación.

Línea 1. Compostaje local.

El residuo verde generado en cafeterías y en podas de jardines puede recogerse de forma selectiva para compostarlo en los propios centros y eliminar así la compra de abonos. En este sentido, el PAS de mantenimiento y jardinería necesitará la formación necesaria, que puede ser prestada por profesorado y personal de la ETSI Agronómica, Alimentaria y Biosistemas. En caso de generarse más compost del necesario en los centros, el sobrante podría donarse a campos de prácticas o a otras Escuelas, Facultades u otras instituciones que pudieran necesitarlo.

Línea 2. Aumento del verde vertical (a partir de residuos generados en los centros).

Los espacios de experimentación circular propuestos en el epígrafe anterior deben transmitir una imagen de sostenibilidad y ser ejemplo de las ideas que propugnan. Por este motivo, sería adecuado invertir en jardines verticales y herramientas de naturación urbana en dichos espacios, que además de transmitir imagen y confort, actúen como reguladores térmicos en los espacios de experimentación propuestos. Tanto en la ETS Arquitectura como en la ETSI Agronómica, Alimentaria y Biosistemas existe amplia experiencia en esta línea.

Para la construcción de estos jardines verticales, el demostrador propone un *upcycling* de un residuo ampliamente presente en nuestros centros, como son las carátulas de polipropileno utilizadas para la encuadernación de trabajos del alumnado. Estas carátulas pueden fácilmente transformarse en macetas, que después se colgarían de una red ad-hoc mediante una máquina de termoconformado de escritorio que se incorporaría al equipamiento del espacio de experimentación.

Área de trabajo RE-CONECTAR

Los principios de la simbiosis industrial requieren conectar los nodos de un ecosistema, de manera que los residuos de un nodo sirvan de alimento o materia prima a otro nodo del sistema. Sin estas conexiones la economía circular en el campus no podría funcionar, pues ningún centro, ni siquiera la universidad completa puede funcionar como un sistema autosuficiente. Es necesario establecer conexiones entre centros y hacia fuera. Para fomentar estas interrelaciones se contemplan en el demostrador cuatro líneas específicas.

Línea 1. Alianzas entre centros y simbiosis industrial.

En el demostrador se investiga si existe posibilidad de que los residuos de un centro sean materia prima para otros centros de la UPM (al margen de la línea de compostaje mencionada en el epígrafe 3.6). Por ejemplo, residuos industriales del sector eléctrico, como el grafito, mejoran las características mecánicas de materiales de construcción, como el yeso. Conectar investigaciones de este tipo nos permitiría avanzar hacia una universidad con menos emisión de residuos hacia el exterior.

Línea 2. Expandir el demostrador de economía circular hacia otros centros y campus.

Aunque esta iniciativa haya nacido en el campus Madrid ciudad, se pretende involucrar poco a poco a toda la comunidad universitaria de la UPM, para expandir el concepto de circularidad y replicar las acciones que hayan tenido éxito, así como recoger experiencias de otros centros ligadas al objetivo de circularizar la UPM para ponerlas en práctica en nuestro entorno. Esta reconexión estará facilitada por la nueva estructura de nodos ODS y permitirá poner en contacto a personas especializadas en diferentes áreas y centros con diferentes recursos cuyo objetivo es la resolución de un reto relacionado con la sostenibilidad. Se facilitará la colaboración multidisciplinar y la sinergia de recursos para fomentar la innovación y la co-creación, así como la incorporación de nuevos retos específicos en el ámbito de la economía circular, como podría ser el cierre del bucle en el sector textil, ámbito de amplio potencial de investigación y transferencia.

Línea 3. Conexión con iniciativas de transición energética y descarbonización del campus.

La energía que mueve la economía circular no debería proceder de fuentes fósiles. Por tanto, la iniciativa se alinea con el compromiso de descarbonización del campus en la UPM, y los espacios de experimentación deberían estar alimentados en la medida de lo posible por fuentes renovables, ya sea en modalidad de autoconsumo o por compra de electricidad con certificado de origen renovable. La Declaración del Compromiso de la UPM con la acción contra el cambio climático se presentó a finales de noviembre de 2019, con motivo de la celebración de la Cumbre del Clima (COP25) en Madrid. En ella, la UPM se declara consciente de los riesgos para el equilibrio bioclimático y geofísico de la evolución de la concentración de gases de efecto invernadero. Además, declara que su principal aportación contra el cambio climático es trabajar

y formar personas que sepan resolver problemas, innovar y ofrecer soluciones a los retos del futuro. Además, se compromete a anular las emisiones directas netas de gases de efecto invernadero en 2030 con el fin de alcanzar la neutralidad climática de la UPM en 2040.

Además de alimentar el demostrador con fuentes renovables, la iniciativa de campus circular contribuye a alcanzar estos compromisos institucionales de la universidad de forma directa, mediante la mitigación de la huella de carbono de los campus, al reducir la cantidad de residuos que estos emiten y, por tanto, el CO2 equivalente vinculado a la gestión de dichos residuos.

Línea 4. Conexión con la ciudad, el país y el mundo.

Gracias a la red de contactos generada por los implicados en el demostrador se puede tener una visión *multi-stakeholder* de los actores implicados en la red de valor circular de los diversos productos usados en los campus. Esta visión sistémica, donde los proveedores de materias primas y productos intermedios, los productores, los consumidores y los recicladores y gestores de residuos pueden aportar su visión, facilita el poder encontrar soluciones innovadoras y factibles a los retos que se planteen. En particular, es fundamental establecer conexiones de este demostrador universitario con la ciudad de Madrid, conexión que ya se está realizando a través del Área de Gobierno de Economía, Innovación y Empleo del Ayuntamiento de Madrid, que también tiene una línea de trabajo en torno a la promoción de la Economía Circular con un Centro de Innovación propio en este ámbito (en desarrollo). A través de este centro podemos conectar con iniciativas aún mayores y con una red de actores más amplia

Por otro lado, es vocación del demostrador, a partir de la cuarta misión de la universidad (impacto social o *outreach*), el establecer vínculos con otros actores de la sociedad civil y hacer labores de divulgación, a través de visitas de colegios, políticos, etc., a nuestro espacio de experimentación circular. La conexión en red con España y el mundo se realizará a través de diferentes redes nacionales, como REDS (Red Española para el Desarrollo Sostenible) e internacionales, como SDSN y la ISCN.

RESULTADOS

Cabe destacar que el diseño e implementación parcial presentado en el epígrafe 3 describe actuaciones llevadas a cabo en tan sólo doce meses. En efecto, el primer borrador de una Estrategia de Economía Circular para la ETSI Industriales de la UPM, germen de este proyecto de demostrador circular en la UPM a través de sus campus, data de marzo 2019. Desde entonces, se han sumado al demostrador cuatro patrocinadores corporativos que han aportado un capital inicial de 19.000 €, además de conocimiento técnico, apoyo institucional y contactos industriales. Esta aportación ha permitido la adquisición de los materiales e infraestructuras necesarias para la constitución del espacio de experimentación circular presentado en el apartado 3.5 y es muestra del compromiso e interés de los socios empresariales del demostrador en su enfoque y resultados. En este punto, cabe destacar que uno de los patrocinios empresariales ha sido el resultado de la participación de un equipo de estudiantes vinculados al demostrador en una competición universitaria orientada a la innovación social.

Por otra parte, la propia universidad apoya al demostrador a través de un proyecto de innovación educativa recientemente concedido. Asimismo, se ha presentado un proyecto de Aprendizaje-Servicio, pendiente de resolución, en colaboración con la DG de Economía del Ayuntamiento de Madrid, con la que se han establecido contactos para colaboración en su futuro centro de innovación en Economía Circular. Asimismo, se cuenta con el apoyo de la dirección de la ETSI Industriales, un espacio asignado en el campus «privilegiado» por su visibilidad entre el alumnado, y un grupo de unos 40 estudiantes, voluntarios, que se reúnen desde octubre de 2019 quincenalmente junto con el equipo multidisciplinar de profesores impulsores para ir avanzando en el proyecto. Finalmente, el Vicerrectorado de Investigación, Innovación y Doctorado de la UPM ha decidido apoyar y legitimar recientemente este demostrador de campus circulares en la UPM con un capital semilla que va a permitir consolidar y escalar esta iniciativa naciente en torno a la economía circular con una financiación parcial a cuatro años. Todos estos apoyos y recursos están permitiendo que el demostrador se vaya desarrollando y consolidando. En el marco de la actual crisis de la COVID-19, el demostrador ha establecido una alianza con el movimiento coronamaker de Madrid para la recuperación del PLA residuo generado como rechazo de producción en la fabricación de viseras y otros equipos de protección individual para sanitarios y poderlos reciclar en el espacio de experimentación del demostrador. El material ya ha sido depositado en las instalaciones de la ETSI Industriales a la espera de que la situación sanitaria mejore y nos permita iniciar el reciclado del mismo.

CONCLUSIONES

En este artículo se ha presentado el demostrador «Campus Circulares UPM», un *living lab* que aspira convertirse en un espacio de experimentación, conexión y co-creación multiactor orientado a desplegar el potencial de la economía circular en nuestras comunidades locales. Además de servir como banco de pruebas para prototipar y testar nuevos productos, servicios, modelos de negocio y políticas públicas que facilitan el cierre del bucle de materiales, el demostrador también presenta una importancia formativa para los profesionales de la ingeniería y la arquitectura del mañana, tanto en competencias

técnicas como transversales, que seguro tendrá un gran impacto en su futura actividad profesional, multiplicando el impacto positivo del demostrador.

Este demostrador tiene la capacidad de unir a diferentes actores y organizaciones que tienen el propósito común de alcanzar un modelo de desarrollo más sostenible, en el que se evite el despilfarro, se racionalice el uso de recursos, se descubra el valor de materiales que son desechados, se generen espacios de encuentro en los que la creatividad y las visiones de diferentes actores de la red de valor identifiquen nuevas maneras de hacer que impulsen el valor compartido, el bien común, la minimización de impactos negativos y la maximización de los impactos positivos.

La universidad dispone de los recursos, espacios, conocimientos, contactos y la legitimidad institucional para articular e impulsar estos ecosistemas para la co-creacion, la experimentación y la generación de soluciones. Las redes creadas permiten transmitir las buenas prácticas y las innovaciones de manera más eficiente, llegando a los agentes de cambio de cada medida planteada. Así, el alumnado pone en práctica sus conocimientos y capacidades para encontrar respuestas a problemas reales utilizando soluciones ya existentes o generando nuevas soluciones. Su talento se canaliza hacia la investigación aplicada dentro del demostrador, mejorando su proceso formativo. Los investigadores están en contacto con los agentes implicados o propietarios del problema, lo que les permite detectar necesidades reales y retos incipientes aplicando su experiencia investigadora y trasfiriendo soluciones al tejido productivo, consiguiendo impacto y mejoras. Las organizaciones (empresas, administraciones públicas) consiguen una visión multiactor que les ayuda a conocer las necesidades y expectativas de los demás actores implicados de tal manera que pueden identificar prácticas gana-gana, así como acceder a un ecosistema de innovación muy valioso en términos de conocimiento generado, aplicabilidad de sus resultados y potencial de innovación.

REFERENCIAS

Ackoff, R.L., 1971. Towards a system of systems concepts, *Management science*, 17(11), pp. 661-671.

Baines, T.S., Lightfoot, H.W., Benedettini, O., Kay, J.M., 2009. The servitization of manufacturing: A review of literature and reflection on future challenges, *Journal of Manufacturing Technology Management*, 20 (5), pp. 547-567.

Ballon, P., Schuurman, D., 2015. Living labs: concepts, tools and cases, *Info*, 17 (4).

Carter, C.R., Ellram, L.M. 1998. Reverse logistics: a review of the literature and framework for future investigation, *Journal of business logistics,* 19(1), p. 85.

Commenne, V., 2006. *Economic Actors's Participation in Societal and Environmental Responsibility. A Guide to promoting Ethics and Sustainable Development.* Editions Charles Léopold Mayer.

Elkington, J., 2012. *The zeronauts: breaking the sustainability barrier*. Routledge.

ETSII-UPM, 2019. *ETSII-UPM Sustainability Reports*. Available at: http://www.etsii.upm.es/la_escuela/responsabilidad_social/memoriasRS.es.htm

Frosch, R., Gallopoulos, N., 1989. Strategies for Manufacturing, *Scientific American*, 261, pp. 144-152.

Gobierno de España, 2018. *Plan de Acción para la Implementación de la Agenda 2030. Hacia una Estrategia Española de Desarrollo Sostenible.*

Guide, V.D.R. Jr., Van Wassenhove, L.N., 2009. The Evolution of Closed-Loop Supply Chain Research, *Operations Research*, 57 (1), pp. 10-18

Hahn, C.K., Watts, C.A., Kim, K.Y., 1990. The Supplier Development Program: A Conceptual Model, *Journal of Purchasing and Materials Management*, 26, pp. 2-7.

Hopff, B., Nijhuis, S., Verhoef, L.A., 2019. New Dimensions for Circularity on Campus—Framework for the Application of Circular Principles in Campus Development, *Sustainability*, 11(3), p. 627.

Jelinski, L.W., Graedel, T.E., Laudise, A., McCall, D.W., Patel, C.K., 1992.. Industrial ecology: concepts and approaches, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 89 (3), pp. 793-797.

Lovins, A.B., Lovins, H., Hawken, L.P., 1999. A road map for natural capitalism, *Harvard Business Review*, 77(3), pp. 145-158.

Smyth, D.P., Fredeen, A.L., Booth, A.L., 2010. Reducing solid waste in higher education: The first step towards 'greening' a university campus, *Resources, Conservation and Recycling*, 54 (11), pp. 1007-1016.

Mazzucatto, M., 2018 *Mission-Oriented Research & Innovation in the European Union A problem-solving approach to fuel innovation-led growth*. Directorate-General for Research and Innovation, European Commission, Brussels.

McDonough, W., Braungart, M., 2002. *Cradle to cradle: Remaking the way we make things*. North Point Press.

Mendoza, J.M.F., Gallego-Schmid, A., Azapagic, A., 2019. A methodological framework for the implementation of circular economy thinking in higher education institutions: Towards sustainable campus management, *Journal of Cleaner Production*, 226, pp. 831-844

Murray, R., 2002. *Zero Waste*. Greenpeace Environmental Trust.

ONU, 2015. *Objetivo 12: Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles*. Disponible en: https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustainable-consumption-production/

Ranjbari, M., Morales-Alonso, G., Carrasco-Gallego, R., 2018. Conceptualizing the sharing economy through presenting a comprehensive framework, *Sustainability*, 10(7), p. 2336

Rogers, D.S., Tibben-Lembke, R.S., 1999. *Going backwards: reverse logistics trends and practices.* Reverse Logistics Executive Council.

Roy, R., 2000. Sustainable product-service systems, *Futures*, 32(3-4), pp. 289-299.

Schirmeister, C.G., Hees, T., Licht, E.H., Mülhaupt, R., 2019. 3D printing of high density polyethylene by fused filament fabrication, *Additive Manufacturing*, 28, pp. 152-159.

SDSN Australia/Pacific, 2017. *Getting started with the SDGs in universities: A guide for universities, higher educa-*

tion institutions, and the academic sector. Australia, New Zealand and Pacific Edition. Sustainable Development Solutions Network – Australia/Pacific, Melbourne.

Siwaporn, T., Vilas, V., Brahmanand, M., Chettiyappan, V., (2017). Greening of a campus through waste management initiatives: Experience from a higher education institution in Thailand, *International Journal of Sustainability in Higher Education*, pp. 203-217.

Stahel, W.R., (2005). The Functional Economy: Cultural & Organizational Change, *International Journal of Performability Engineering*, 2005, 1(2), pp. 121-130.

Stahel, W.R. 2016. The circular economy. *Nature*, 531(7595), pp. 435-438.

Tukker, A., 2004. Eight types of product–service system: eight ways to sustainability? Experiences from SusProNet, *Business strategy and the environment*, 13(4), pp. 246-260.

Tukker, A., 2015. Product services for a resource-efficient and circular economy–a review, *Journal of cleaner production*, 97, pp. 76-91.

Vallaeys, F., 2007. *Responsabilidad Social Universitaria. Propuesta para una Definición Madura y Eficiente* (p. 11). Instituto Tecnológico de Monterrey.

Verhoef, L.A., and Bossert, M., 2019. *The university campus as living lab for sustainability – a practitioners guide and handbook*, Delft/Stuttgart, ISBN 978-3-940670-68-7

Waas, T., Verbruggen, A., Wright, T., 2010. University research for sustainable development: definition and characteristics explored. *Journal of Cleaner Production*, 18(7), pp. 629–636.

Yáñez, S., Uruburu, Á., Moreno, A., & Lumbreras, J., 2019. The sustainability report as an essential tool for the holistic and strategic vision of higher education institutions. *Journal of Cleaner Production*, 207, pp. 57–66.

Zhang, N., Williams, I.D., Kemp, S., Smith, N.F., 2011, Greening academia: Developing sustainable waste management at Higher Education Institutions, *Waste Management*, 31 (7), pp. 1606-1616.

NUEVOS MODELOS DE NEGOCIO EN ELECTRICIDAD PARA LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA

MACARENA LARREA BASTERRA

MAIDER BILBAO OZAMIZ

Orkestra-Fundación Deusto

Deusto Business School, Universidad de Deusto

Este documento se fundamenta principalmente en Larrea Basterra, M.; Ozamiz Bilbao, M. (2020). Modelos de negocio en recursos distribuidos de electricidad. Orkestra, disponible en https://www.orkestra.deusto.es/es/investigacion/publicaciones/informes/cuadernos-orkestra/1889-200006-modelos-negocio-recursos-distribuidos-electricidad.

El sector energético se encuentra en proceso de cambio. Varias son las principales tendencias que se pueden destacar, entre ellas la electrificación, la descarbonización y la descentralización. Además, se encuentra el avance en el desarrollo de nuevas tecnologías digitales (inteligencia artificial, internet de las cosas, nube y *blockchain*), que probablemente inducirán el desarrollo de nuevos modelos de negocio, la aparición de nuevos entrantes en el sector y la mejora de los niveles de rendimiento de las empresas existentes (Wei, Sanbron, & Slaughter, 2019).

Como consecuencia, el modelo de negocio de las compañías eléctricas tradicionales (1) está en proceso de transformación, debido, entre otros, al desarrollo de la generación distribuida, que incluye la energía solar fotovoltaica y otras renovables, el almacenamiento eléctrico y térmico, así como una gestión de la demanda de electricidad más activa (Hamwi & Lizarralde, 2017).

Ante este panorama, no se debe obviar que los modelos de negocio en el sector eléctrico se organizan bajo un marco jurídico, de políticas y regulación, concreto; que determina su factibilidad, una parte de los ingresos y, en cierta medida, la viabilidad de dichos modelos.

Teniendo en cuenta lo anterior, el presente trabajo pretende arrojar luz sobre los caminos que se están adoptando debido a todos estos cambios, pero sin tener en cuenta el marco legislativo, que podría ser objeto de otro estudio debido a la casuística y variedad de marcos que se están planteando y replanteando (2).

Antes de nada, es necesario saber qué se entiende por modelo de negocio. A pesar de la creciente literatura sobre el tema, se podría decir que no existe una definición generalmente aceptada de este concepto, pero se puede plantear como aquel marco que permite entender, evaluar y comparar cómo los negocios crean, capturan y entregan valor (3), teniendo en cuenta que el valor para la empresa es obtener ganancias, mientras que para el consumidor, se refiere a recibir el producto o servicio.

Desarrollar un nuevo modelo de negocio implica la necesidad de tener un profundo conocimiento de las necesidades de los consumidores, de cómo los competidores consiguen o fracasan en este objetivo y de la trayectoria tecnológica y organizativa.

Como se acaba de señalar, los recursos distribuidos son uno de los elementos que podrían situarse como causa de los cambios que se están produciendo. Los principales beneficios que pueden traer los recursos distribuidos son de diferente naturaleza. En primer lugar, pueden señalarse los relacionados con la economía, bajo la forma de ahorro de costes en energía, inversiones seguras y periodos aceptables de retorno o *pay-back*. En segundo lugar, la generación distribuida ofrece autonomía y capacidad para participar en el proceso de transición energética a los consumidores. Además, la generación distribuida lleva consigo la posibilidad de que se formen plataformas/comunidades, en la medida en que la generación distribuida permite integrar a los consumidores, suministradores y autoconsumidores o consumidores activos en una comunidad.

No debe obviarse el aspecto ecológico. Los recursos distribuidos permiten ahorros energéticos, mitigación de emisiones y la posibilidad de fomentar determinadas fuentes energéticas. Además, se encuentra el aspecto regional, al promoverse recursos energéticos locales, donde la estructura de la propiedad de la infraestructura también puede ser local. En sexto lugar, la generación distribuida ofrece confort y seguridad, por ejemplo, en la gestión de los datos, la transparencia del servicio, etc. Finalmente, está el aspecto tecnológico, con ofertas individualizadas y simplicidad de los equipamientos.

El concepto de recursos distribuidos varía según las fuentes consultadas. No obstante, se consideran tres elementos fundamentales: la generación distribuida, el almacenamiento eléctrico y la respuesta de demanda.

En el ámbito de la generación distribuida, por ejemplo, mientras algunas fuentes consideran relevante la localización de la instalación de generación, otras consideran más importante la capacidad instalada. A efectos de este artículo, se considera como generación distribuida aquellos sistemas de generación de electricidad instalados en la proximidad del punto de consumo y que suelen estar conectados a la red de distribución de baja o media tensión. Además, en lo que a nivel de potencia se refiere, podría establecerse un límite de 2 MW a la potencia instalada en este tipo de instalaciones (4).

La respuesta de demanda, por su parte, se refiere a la interrupción del consumo de determinados consumidores en momentos concretos con el fin de aliviar una sobrecarga en la red o equilibrar la oferta y la demanda de electricidad (Abella *et al.*, 2015).

Con todo lo anterior, conviene delimitar el análisis realizado que se refiere a nuevos modelos de negocio en recursos distribuidos en un sentido amplio, pero que se delimita a consumidores domésticos y del sector terciario, no incluyendo temas relacionados con la movilidad eléctrica.

De esta manera, el presente estudio tiene como objeto analizar los nuevos modelos de negocio que están surgiendo en el sector eléctrico como consecuencia del desarrollo de los recursos distribuidos. Para ello, en primer lugar, se van a describir algunos de los principales factores detrás de estos cambios, así como los agentes que ahora participan en el sector, como resultado del nuevo paradigma que se está planteando para, en tercer lugar, acercar al lector a la metodología aplicada antes de entrar en la descripción de los modelos de negocio en recursos distribuidos.

En el apartado final se incluyen conclusiones sobre los modelos de negocio, presentando en primer lugar una imagen amplia que recoge la variedad de nuevos modelos de negocio en recursos distribuidos eléctricos, para luego ir describiendo algunos de las principales ideas resultado de dicho análisis empresarial que también se ha llevado a cabo.

FACTORES DETRÁS DEL CAMBIO

Son muchos los factores detrás de los cambios que están acaeciendo en el ámbito energético en general, y eléctrico en particular, y mucho lo que se está escribiendo sobre ello. En este ejercicio se ha decicido clasificarlos en dos grandes grupos: factores de cambio directos y factores de cambio transversales.

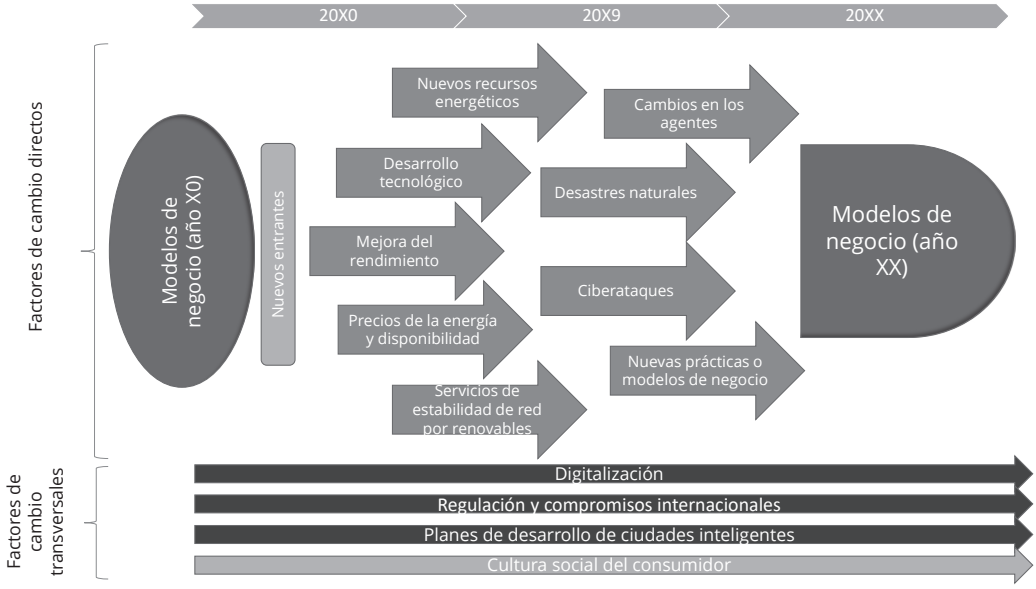
Quizás entre los primeros factores relevantes que han empujado estos cambios, se encuentran el desarrollo y la penetración progresiva de nuevas tecnologías de generación, con precios decrecientes en el tiempo. Estos cambios han ido acompañados de una mayor presión sobre los costes de la generación tradicional centralizada que, a su vez, empuja al sistema hacia la generación distribuida.

La aparición de nuevos entrantes (5), en ocasiones competidores, algunos de ellos ajenos al sector hasta el momento actual, introducirá cambios en el escenario futuro. Por ello, las empresas tradicionales deben adoptar nuevos roles para mantener su cuota de mercado (6). Además, también se han producido cambios en el comportamiento de los consumidores que ahora, con las nuevas tecnologías, son más conscientes de su consumo.

Otros elementos relevantes, quizás podría decirse más concretos, son los ciberataques y los desastres naturales (Wei *et al.*, 2019), así como el hecho de que energías renovables como la eólica y la solar pueden constituir una nueva manera eficiente de dar estabilidad a la red acompañadas de mecanismos de almacenamiento, lo que además permite resolver el problema de la intermitencia de la generación (Motyka, Slaughter, & Amon, 2019).

Por otra parte, existen algunos factores de cambio comunes que podrían interpretarse como transversales. En primer lugar, está la digitalización, muy relacionada con el desarrollo tecnológico, que también

FIGURA 1
FACTORES DE CAMBIO EN EL SECTOR ELÉCTRICO



Nota: el orden de los factores en la figura resulta aleatorio.
Fuente: elaboración propia.

supone riesgo, en la medida en que los procesos de innovación son rápidos.

Otro elemento transversal sería la regulación de los países y los compromisos internacionales relacionados con la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), la reducción del consumo energético, la mejora de la eficiencia energética y la mayor penetración de las energías renovables. También podría señalarse el desarrollo de planes de ciudades inteligentes, cuyo objetivo es lograr mejorar la calidad de vida, la competitividad y la sostenibilidad. Para terminar esta enumeración, se encontraría otro factor, que está más relacionado con la psicología y que es la cultura social del consumidor (7).

En la figura 1 se muestran los diferentes factores de cambio que se acaba de señalar. Conviene indicar que a pesar de que la figura no lo exprese, entre ellos existe una relación de retroalimentación, de manera que cambios en algunos factores, inducen cambios en otros.

LOS AGENTES ANTE EL NUEVO ESCENARIO DEL SECTOR

Los cambios en la generación y el consumo de la electricidad están transformando la cadena de valor del sector, tradicionalmente orientada en una dirección *upstream*/*downstream* (8), está pasando ahora a una organización más descentralizada, con nuevos modelos de negocio y donde los consumidores están adoptando un rol más activo (9). De esta manera, la estructura de la cadena de valor del sector que estaba integrada verticalmente alrededor de las *utilities* está cambiando y abriéndose paso a nuevos entrantes en diferentes puntos de la cadena de valor (Abella *et al*., 2015).

En la figura 2 figura se trata de representar los agentes participantes de este nuevo sector eléctrico, donde los recursos distribuidos van a aumentar su relevancia de manera considerable.

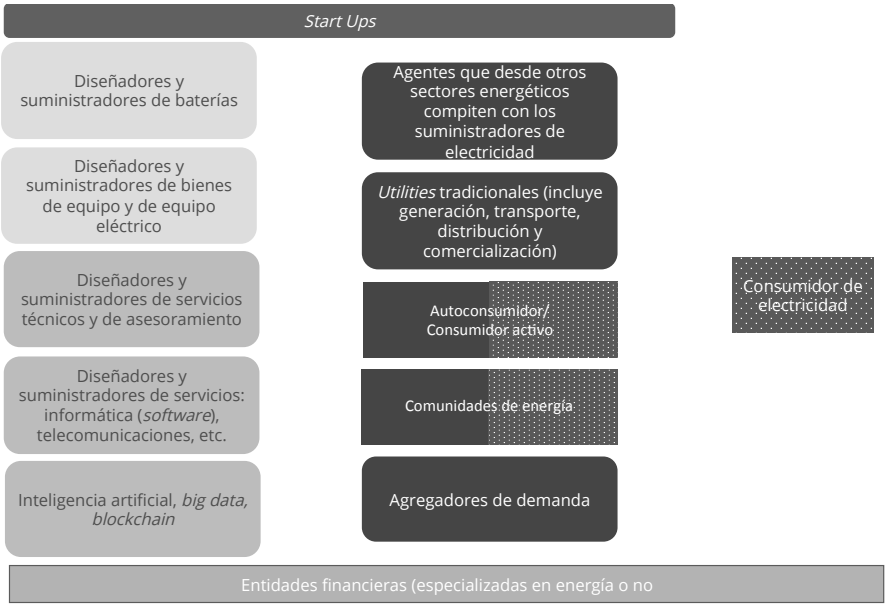
METODOLOGÍA

En este estudio se ha realizado, por un lado, una revisión de la bibliografía sobre modelos de negocio en recursos distribuidos que se ha acompañado con un análisis de casos de empresas situadas en diferentes países y, por lo tanto, en diferentes entornos normativos (Löbbe & Hackbarth, 2017). De esta manera, se ha podido completar el análisis y entender cómo es la realidad.

Revisión bibliográfica de modelos de negocio en recursos distribuidos

La literatura sobre el concepto de modelo de negocio es amplia y recoge desde definiciones simples como la de Michael Lewis que definió como tal «*la manera en que se planifica cómo obtener ingresos*», la de Peter Drucker que lo interpretó como «*aquellos supuestos por los que se paga a una compañía*», que incluye referencias al mercado, a los consumidores y a los competidores, sus valores y comportamiento; la de Alex Osterwalder que lo definió como «*un conjunto de asunciones e hipótesis*», a otras como la de Joan Magretta que lo concibe

FIGURA 2
AGENTES DEL NUEVO ESCENARIO DEL SECTOR ELÉCTRICO



Nota: el autoconsumidor o consumidor activo puede desempeñar el papel tanto de productor como de consumidor (de ahí la mezcla de tramas en las casillas de Autoconsumidor/Consumidor activo y Comunidades de energía con la de Consumidor de electricidad), y las *start-ups* pueden ser de diferentes tipos (ofreciendo diferentes servicios/productos y habiendo sido creadas por agentes existentes, como *utilities*, o de manera independiente).
Fuente: elaboración propia.

como «*el diseño de un nuevo producto para una demanda insatisfecha o un proceso de innovación*» (Ovans, 2015).

En este documento, el concepto que se emplea de modelo de negocio se aproxima más bien al de Joan Magretta, en la medida en que se centra en el producto/servicio que se diseña para que un agente de la cadena de valor consiga cubrir una determinada necesidad, en este caso el suministro eléctrico. Dicho modelo explica además cuáles deben ser las actividades principales de la compañía y de dónde proceden los ingresos.

La literatura académica sobre los modelos de negocio en recursos distribuidos se considera que es escasa (Burger & Luke, 2017), y la existente tiende a asociar estos modelos a una tecnología en particular. En todo caso, existen diferentes clasificaciones de estos modelos. En este sentido, puede tomarse como elemento para la clasificación el servicio que se ofrece, el segmento de mercado a quien se atiende, el flujo de ingresos (Burger & Luke, 2017) o el posicionamiento en la cadena de valor del sector eléctrico tradicional (Abella *et al*., 2015).

Bajo este último prisma, en el ámbito de los recursos distribuidos, se tiende a agrupar los modelos de negocio en tres grandes categorías: la generación distribuida de electricidad, la gestión de la demanda eléctrica y los sistemas de agregado zonal (como combinación de elementos de las dos primeras categorías).

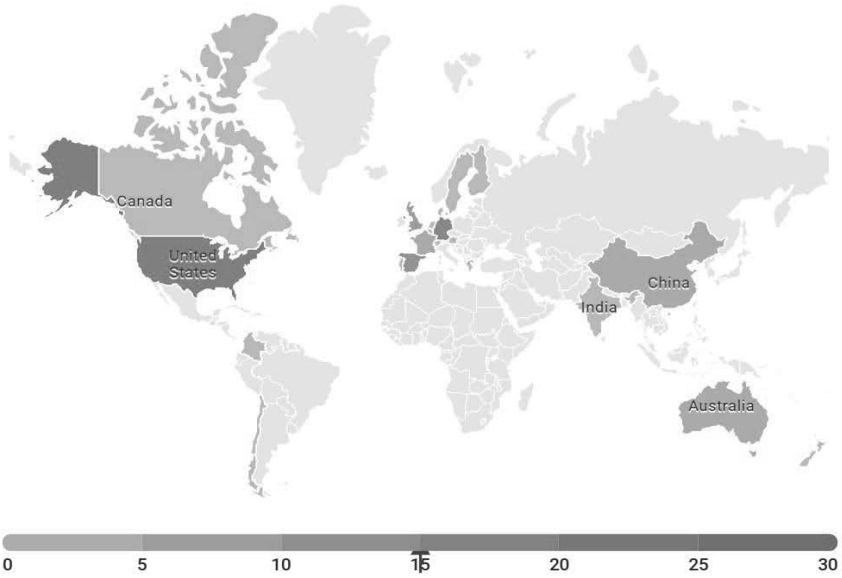
Otras fuentes se refieren a la transformación del modelo de negocio de las *utilities* tradicionales (PWC global power & utilities, 2016); (Pérez Arriaga & Knittel, 2016) y (Bryant *et al*., 2018). En este sentido, una posible clasificación plantea el desarrollo del modelo de negocio de estas empresas bajo dos parámetros fundamentales: el grado de desintegración y el grado en que el modelo de negocio se centra en un producto o servicio.

Otra clasificación diferencia entre tres grandes modelos de negocio: aquellos en los que los activos pertenecen a los consumidores (10), los servicios ofrecidos por terceras partes y las comunidades de energía (Hamwi & Lizarralde, 2017). Existen otros planteamientos como el de (Wei *et al*., 2019) o el de (Burger & Luke, 2017).

Otros autores, en el ejercicio de analizar los nuevos modelos de negocio han identificado dos tipos fundamentales, aquellos que dan mayor peso al consumidor (agregadores, intercambio de electricidad *peer-to-peer* y energía como servicio) y los facilitadores del suministro de energía renovable (modelos de propiedad comunitaria y de pago conforme se consume (11) [*pay-as-you-go*]).

También existe literatura relacionada con los modelos de negocio que, en relación con la generación distribuida, pueden desarrollarse en países en vías de desarrollo con reducidas tasas de electrificación de la población o en zonas aisladas de la red eléctrica (Couture, Pelz, Cader, & Blechinger, 2019).

MAPA 1
EMPRESAS REVISADAS POR PAÍS



Nota: el tono del sombreado indica el número de empresas revisado. Conforme más oscuro sea mayor es el número de empresas.
Fuente: elaboración propia a partir de Infogram.

Análisis de empresas

Una vez analizados los modelos de negocio, en este estudio se han revisado y organizado alrededor de los modelos de negocio descritos anteriormente un total de 121 empresas localizadas en 22 países. Alemania, EE. UU, Reino Unido y España son los países donde mayor número de empresas se han revisado.

El nombre de las compañías se ha obtenido principalmente de la literatura sectorial, es decir, de revistas como PV Magazine, Renewable Energy Magazine, etc.

MODELOS DE NEGOCIO EN RECURSOS DISTRIBUIDOS

Modelos de negocio en generación distribuida

Los modelos de negocio en generación distribuida promueven la evolución hacia sistemas de generación localizados en los propios puntos de consumo o puntos cercanos, aunque también hay modelos donde la instalación se ubica en un lugar distante del punto de consumo como se señalará.

Entre los modelos de negocio concretos se encuentran: el suministro de sistemas de generación distribuida, el servicio de *Leasing* o de *Power Purchase Agreement* y el modelo *Rent-the-space* (Abella *et al.*, 2015). (Ver tabla 1)

Existen dos casos particulares, en el primer caso, el propietario de una vivienda puede ofrecer a su inquilino energía producida por una instalación ubicada en el tejado de la vivienda, sin emplear la red pública, es decir, la diferencia se encuentra en que el consumidor de la electricidad generada es el inquilibo y no el propietario de la vivienda (Löbbe & Hackbarth, 2017). El segundo caso consiste es la instalación y financiación de plantas solares de *utility scale*, más distantes del punto de consumo, que pueden resultar difíciles de identificar porque en muchas ocasiones se encuentran enganchadas a niveles de tensión reducidos (12).

En estos modelos de negocio se incluyen también aquellos que, entre sus servicios o actividades, ofrecen la planificación, la instalación, el mantenimiento, etc. de los dispositivos de generación distribuida.

Modelos de negocio de gestión de la demanda

Como ya se ha indicado, estos modelos repercuten en el tramo final de la cadena de valor, el consumidor, al permitir a este hacer un uso más racional de la energía y optimizar su consumo eléctrico, mediante el aumento de la eficiencia o el reajuste de la demanda hacia horas valle, entre otros, con el fin de que los consumidores reduzcan su factura energética.

Los modelos de gestión de la demanda ofrecen servicios de capacidad y reservas, a pesar de que, en ocasiones, se trate de mercados de tamaño muy reducido (Burger & Luke, 2017). También existen modelos basados en la respuesta de frecuencia, que se considera el servicio más rápido de gestión de la demanda.

Dentro de esta categoría se pueden identificar diferentes modelos de negocio que, con pequeñas

TABLA 1
CARACTERÍSTICAS DE LOS MODELOS DE NEGOCIO RELACIONADOS CON LA GENERACIÓN DISTRIBUIDA

Modelo de negocio	Propiedad del equipo	Consumidor electricidad	Relación contractual entre las partes	Ejemplos
Suministro de sistemas	Propietario del inmueble	Propietario del inmueble	Compraventa	Solarwatt, Green Nation Solar Energy
Servicio *leasing*	Promotor	Propietario del inmueble	*Leasing* y PPA	Sunrun, Vivint Solar
Rent-the-space	Promotor	Propietario del inmueble	Alquiler del espacio (por parte del promotor) y contrato de suministro (por parte del propietario del inmueble)	Sunrun, Vivint Solar
Propietario con inquilino	Promotor	Inquilino	Alquiler de la vivienda y contrato de suministro	-
Utility scale	*Utility*	*Propietario del inmueble*	Contrato PPA	-

Fuente: elaboración propia.

TABLA 2
CARACTERÍSTICAS DE LOS MODELOS DE NEGOCIO RELACIONADOS CON LA GESTIÓN DE DEMANDA

Modelo de negocio	Apoyo	Relación contractual entre las partes	Ejemplos
Servicios energéticos	Empresas especializadas (ESCOS)	-Contrato de servicios de eficiencia energética. -Nuevos desarrollos ESC *(Energy supply contracting) y* EPC (*Energy performance contracting)*	-
Smart home	Equipamiento de control y monitorización	Contrato de compraventa o de alquiler de equipos	-
Demand response	Agregador de demanda	Contrato de venta de electricidad + «interrumpibilidad»	Flexitricity, Gridserve

Fuente: elaboración propia.

variaciones, podrían converger: los servicios energéticos, el suministro de soluciones de *smart home* y el servicio de *demand response.* Además, estarían también los sistemas de gestión de la energía (*energy management systems*).

Modelos de negocio de almacenamiento eléctrico o térmico

El aumento de la rentabilidad de la energía solar fotovoltaica, mediante un aumento del autoconsumo, ha permitido el desarrollo del almacenamiento energético en el ámbito residencial (13). Si bien, los modelos tradicionales de almacenamiento hidráulico y con sales fundidas, no resultan apropiados para los sistemas de generación distribuida, en su lugar, las baterías de plomo ácido, en la actualidad, y de ion-litio, a futuro, parecen más adecuadas para este tipo de sistemas (14).

En este contexto pueden distinguirse cinco tipos de modelos de negocio básicos: almacenamiento energético para servicios de redes, almacenamiento energético y optimización del usuario y almacenamiento energético para el usuario final y co-optimización del sistema (Burger & Luke, 2017); así como el modelo de almacenamiento en «la nube».

Modelos de negocio basados en agregados zonales

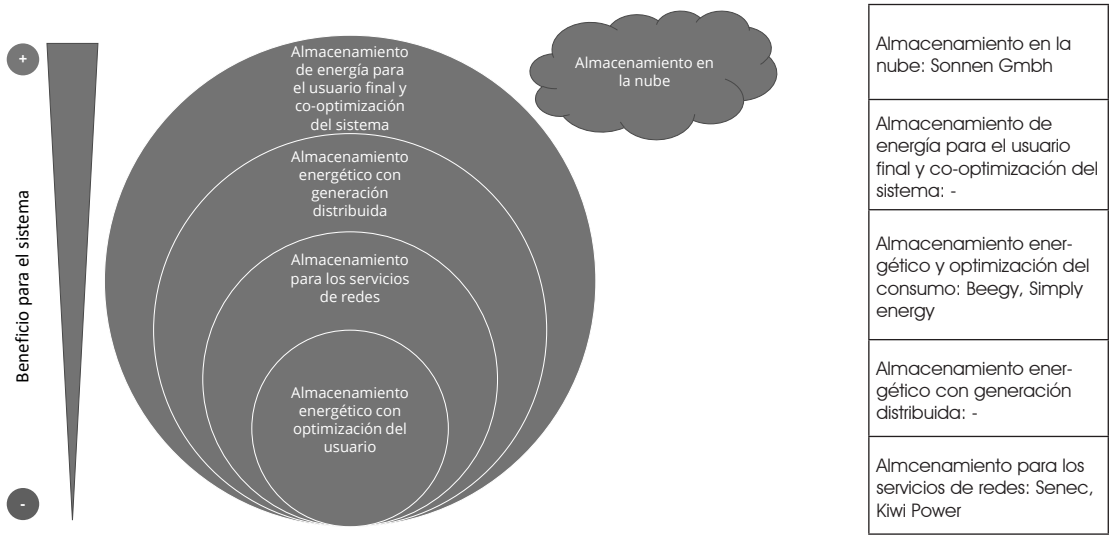
Los sistemas basados en agregados zonales (15) más habituales son las *virtual power plants* y las *microgrids,* que comprenden tanto la generación, al incluir sistemas de generación distribuida, como la demanda, al incluir soluciones para controlar y optimizar el consumo eléctrico (Abella *et al.*, 2015).

Una central eléctrica virtual o *virtual power plant* consiste en un conjunto de elementos del sistema eléctrico (generadores, almacenamiento, cargas) emplazados en diferentes nudos del mismo, es decir, de forma distribuida, y que son gestionados de manera conjunta por un operador o agregador (Álvaro Hermana *et al.*, 2018).

Por su parte, una microrred o *microgrid* es un conjunto de recursos de energía distribuida (pudiendo incluir también los sistemas de almacenamiento) y consumos localizados que operan conectados de forma síncrona a la red principal (macrorred), pero que pueden operar de forma aislada por motivos económicos o de seguridad del sistema (Álvaro Hermana *et al.*, 2018).

No obstante, existen otras opciones. En la figura 4, se recogen los modelos de negocio detectados que

FIGURA 3
MODELOS DE NEGOCIO DE ALMACENAMIENTO ELÉCTRICO Y TÉRMICO



Fuente: elaboración propia.

suponen una agregación ya sea por la parte de la oferta como de la demanda.

Modelos de negocio para las *utilities* tradicionales

Habitualmente se considera que las compañías eléctricas tradicionales han dedicado poco tiempo a la conceptualización de su modelo de negocio (16). Sin embargo, en la actualidad deben desarrollar nuevas capacidades y transformar su entorno con el fin de poder seguir participando en el mercado (Wei *et al*., 2019).

Por ello, las *utilities* tradicionales deberían reflexionar sobre cómo creen que evolucionará este sector en su país/región, y evaluar dónde tendrán cabida. De hecho, las compañías tradicionales podrían convertirse en parte del cambio tomando un rol más proactivo y aprovechando la oportunidad que les abre el hecho de tener contacto directo e información sobre el consumo de sus clientes.

En la figura 5, se recogen diferentes modelos de negocio que se presentan a las *utilities* tradicionales y que, en algunos casos, consisten en la participación de estas compañías en modelos anteriormente explicados.

Modelos de negocio basados en la tecnología y la consultoría

Estos modelos de negocio no tienen tanto que ver con el suministro de energía en sí, sino con el suministro de equipamientos e infraestructuras, así como de servicios que lo permitan.

De esta manera, hay que tener en cuenta que la tecnología ha ido avanzando desde el ámbito más físico (*hardware*) a sistemas virtuales (*software*). Dentro de la primera clasificación se encuentran los fabricantes de equipos como módulos solares, inversores (17) o las propias baterías.

Otros modelos de negocio prevén la creación de un mercado virtual, donde los agentes pueden negociar sus productos, desde ofertas muy personalizadas a otras de carácter más regular mediante acuerdos bilaterales, basándose en la digitalización, los prosumidores y la valoración de los consumidores. Para desarrollar una red de esta naturaleza, se requieren cambios regulatorios y tecnológicos. Una solución para esto último es la tecnología *blockchain*, cuyo principal objetivo es realizar un seguimiento a las transacciones individuales y garantizar la integridad de las mismas (Löbbe & Hackbarth, 2017). Como consecuencia, el sistema gana flexibilidad, capacidad y exactitud, dado que las tareas se automatizan.

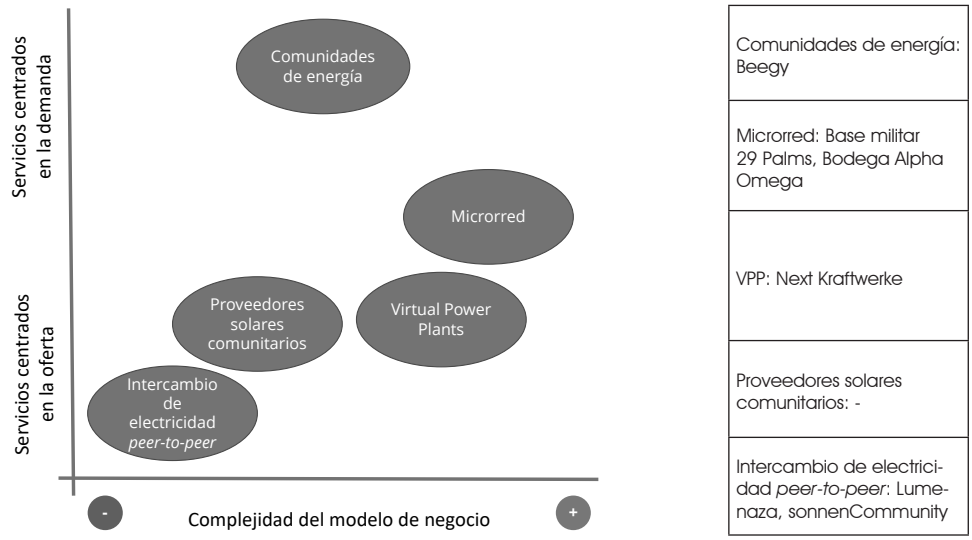
En el segundo grupo se incluyen aquellas empresas que se dedican a la consultoría o asesoría para la implementación de recursos distribuidos, pero que no ofrecen productos sino la intermediación con los suministradores.

Algunos ejemplos de estas empresas son Limejump, Vibeco, SolarEdge y Enbala.

Modelos de negocio desde la perspectiva de la financiación

Aunque antes de acometer un proyecto de generación distribuida, gestión de la demanda, etc. se requieren fondos suficientes, se han dejado para el final los modelos de negocio desde la perspectiva de la financiación de proyectos. Ejemplos de este

FIGURA 4
MODELOS DE NEGOCIO BASADOS EN AGREGADOS ZONALES



Nota: la complejidad se mide en función del número de agentes involucrados, así como de los modelos de negocio que se combinan.
Fuente: elaboración propia.

tipo de negocios son: Susi Partners, Unifergie y Finergreen.

Así, desde la perspectiva de las entidades financieras existen diferentes modelos de negocio relacionados con el autoconsumo (Ojea, 2019). De esta manera, un autoconsumidor puede ser propietario de los equipos, cuya instalación puede financiarse con un préstamo para un EPC (18) (llave en mano), aunque también existen modelos ya en el mercado de servicios de *renting*.

Además, se abre la posibilidad a que una entidad financiera financie al consumidor/promotor mediante una cesión de garantía. Este modo denominado *Energy Supply Contract* consiste en una cesión, lo que sería parecido a un PPA (*Power Purchase Agreement*) de venta de electricidad. En otros casos se puede sustituir la venta de energía por servicios energéticos, y se estaría así ante un sistema de financiación *on-bill*, es decir, el comercializador de la energía coincide con el vendedor de la energía generada por una planta fotovoltaica (Ojea, 2019).

CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta la literatura consultada y los casos revisados, la figura 6 presenta un intento de abarcar la casuística de modelos de negocio detectada de manera organizada. En este esquema se ha partido de la clasificación de los modelos de negocio organizados alrededor de la cadena de valor.

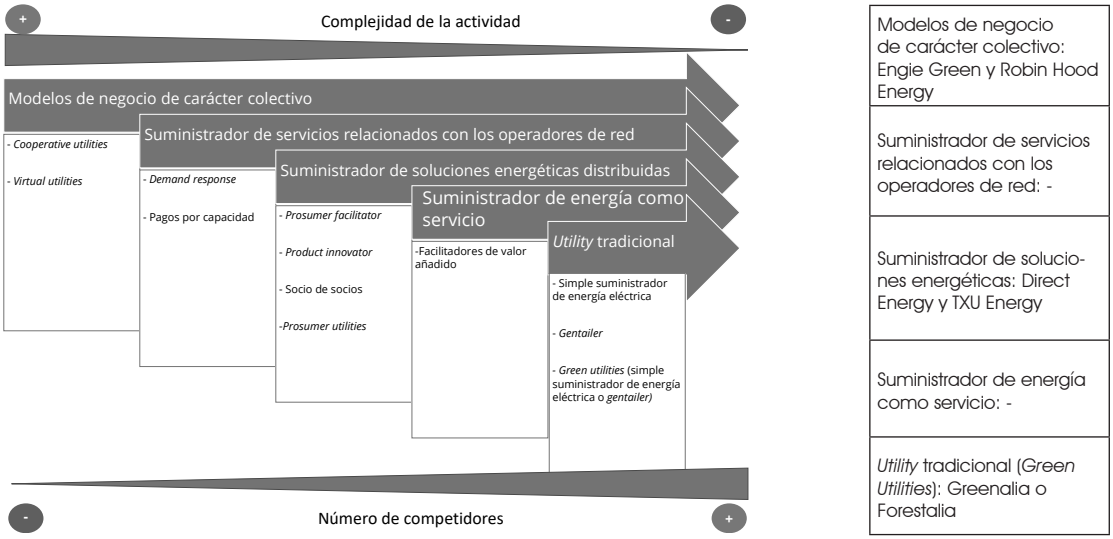
Así, en primer lugar, se encuentran los modelos de negocio centrados en la oferta de electricidad (incluyendo también los suministradores de equipamientos que permiten al consumidor generar su propia energía eléctrica), en este caso con la generación distribuida. Aquí se incluyen aquellos modelos de actividad relacionados con el apoyo a la generación distribuida, salvo la fabricación o desarrollo de elementos físicos (como los paneles solares) o virtuales (como el *software*).

En segundo lugar, siguiendo la cadena de valor del suministro eléctrico, se recogen los modelos asociados a la gestión de la demanda. En este caso, se incluyen actividades como la agregación de la demanda, medidas de eficiencia energética y otras orientadas al mayor control y seguimiento del consumo energético, de manera que se consigue reducir la factura eléctrica y mejorar el funcionamiento del sistema, en especial en momentos complicados.

Como consecuencia del desarrollo tecnológico y fruto de la I+D, han surgido nuevos modelos de negocio relacionados con el almacenamiento. Sin embargo, en este caso, se refiere al impulso del empleo como tal del almacenamiento ya sea con generación distribuida, con servicios de gestión de la demanda u otros. Fruto de la combinación de los modelos de negocio anteriores, se encuentran los modelos agregados zonales. En siguiente lugar se encuentran los modelos de negocio relacionados con las *utilities* tradicionales, donde estas pueden desarrollar cualquiera de los nuevos negocios relacionados con los recursos distribuidos.

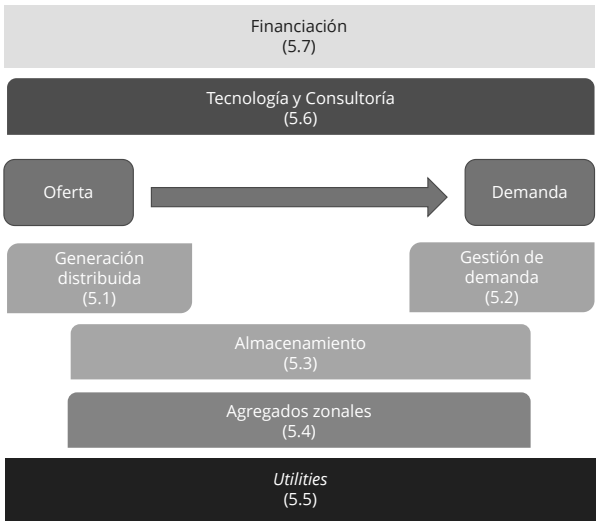
La fabricación de baterías u otros sistemas de almacenamiento se consideran en otro apartado de desarrollo tecnológico y consultoría. En este caso, se incluye, primero, la producción desde elementos físicos, dentro de un contexto de generación y suministro eléctrico tradicional (fabricantes de obleas, módulos, inversores, etc.), hasta los elementos más

FIGURA 5
MODELOS DE NEGOCIO DE LAS COMPAÑÍAS ELÉCTRICAS TRADICIONALES



Fuente: elaboración propia.

FIGURA 6
MODELOS DE NEGOCIO RESULTADO DEL CAMBIO DE ESCENARIO



Fuente: elaboración propia.

virtuales como puede ser un *software* o plataforma de intercambio de datos o la tecnología *blockchain*. La parte de consultoría se refiere a aquellas empresas que se dedican a actividades propiamente relacionadas con esta actividad, de apoyo, guía, etc.

Como consecuencia del nuevo contexto de generación y consumo de electricidad, están surgiendo también nuevos modelos de negocio que se refieren a la financiación de nuevos proyectos.

A pesar de esta clasificación, cuyo objetivo es ordenar la realidad existente, no hay un desarrollo único, ni un conjunto. Es decir, las empresas en su intento por buscar su nicho de mercado pueden combinar varios modelos de negocio, como puede observarse en la en la tabla 3.

Quizás sean las empresas dedicadas al desarrollo tecnológico más físico (fabricación de baterías o de módulos fotovoltaicos, por ejemplo) las que menos modelos de negocio combinan en su actividad. En este ámbito, también los fabricantes tradicionales de equipamiento energético están tomando posiciones (Helios Power Solutions en Taspac o Siemens en Viveco).

Parece razonable observar que, en el ámbito tecnológico y de la consultoría, estén apareciendo numerosas empresas teniendo en cuenta que, en el

TABLA 3
CLASIFICACIÓN DE LAS EMPRESAS REVISADAS POR MODELO DE NEGOCIO

Código de modelo de negocio	Modelo de negocio	Nombre de empresa
5.1-5.2	Suministrador de sistemas de generación distribuida y *demand response*	The South Oracle, Fenie Enería
5.1-5.3	Suministro de sistemas de generación distribuida, almacenamiento energético y optimización del consumo	Senec
5.1-5.6	Suministrador de sistemas de generación distribuida. Modelos de negocio basados en tecnología-consultoría	Renesola
5.1-5.6-5.4	Suministrador de sistemas de generación distribuida. Modelos de negocio basados en tecnología. Comunidades de energía renovables	Clean Energy Collective
5.1-5.7	Suministrador de sistemas de generación distribuida. Modelos de negocio desde la perspectiva de la financiación	GameChange Solar, Orb Energy
5.2-5.3	*Utility based capacity* y reserva de *demand response*. Almacenamiento energético y optimización del consumo.	Kiwi Power
5.3-5.1	Almacenamiento energético y generación distribuida y suministro de sistemas de generación distribuida	IBC Solar
5.3-5.2	Almacenamiento energético y generación distribuida y *demand response*	Gridserve
5.3-5.4	Almacenamiento energético y generación distribuida y almacenamiento en la nube. Intercambio de electricidad peer-to-peer	Sonnen Gmbh
5.3-5.4	Almacenamiento energético y generación distribuida. VPP	Simply Energy
5.4-5.3	Comunidades de energía renovables y almacenamiento energético y generación distribuida	Beegy
5.6-5.1	Modelos de negocio basados en tecnología-consultoría. Suministrador de sistemas de generación distribuida	Trina Solar
5.6-5.3	Modelos de negocio basados en tecnología. Almacenamiento energético y generación distribuida	Blueprint power (start-up)
5.6-5.7	Modelos de negocio basados en tecnología. Modelos de negocio desde la perspectiva de la financiación	Tata Power Solar

Fuente: elaboración propia.

campo de los recursos distribuidos, todavía queda mucho camino por recorrer.

En el área tecnológica, se observa que la digitalización va a aumentar su peso en el sector energético y bajo el nombre de la Revolución Industrial 4.0. De hecho, el aumento de la participación de los recursos distribuidos, requiere de la optimización de los mismos, obteniendo como resultado una transformación digital. Fruto de esta transformación digital, así como de la inteligencia artificial, se puede esperar una mayor precisión de las compañías eléctricas en sus cálculos.

De igual manera, el hecho de observar que las *utilities* tradicionales están apostando también por los recursos distribuidos, pone de manifiesto que, si bien se espera una mayor relevancia del rol del consumidor, esta podría resultar limitada para beneficio de él, así como de las empresas. Es decir, reduciendo la necesidad de que se preocupe por la generación renovable, dado que tanto para esta actividad como para el control de su consumo puede contar con el apoyo de las compañías tradicionales (o de otras nuevas), se pueden repartir entre ambas partes los beneficios.

El usuario quiere una energía más barata, eficiente y sostenible. Como se ha ido viendo, uno de los negocios que abre posibilidades de futuro tiene que ver con la gestión de la demanda. Así, de una forma u otra, que a los consumidores finales les ayuden en su tarea de optimizar su consumo y en el caso de que generen su propia energía, sean capaces de venderla al mejor precio, puede resultar clave en el futuro.

De esta manera, algunos de los modelos de negocio planteados permiten que el consumidor de energía no deba convertirse en un prosumidor. Por el contrario, le ayudan a no tener que actuar como uno, mediante la participación en plataformas, por ejemplo, donde una tercera parte gestiona estas cuestiones, en una comunidad de energía o en una VPP.

Por su parte, también las *utilities* pueden trabajar en la adaptación para cumplir estos objetivos que exigen los clientes, pudiendo ir un paso por delante si ofrecen planteamientos a aquellos usuarios que los desconozcan y generan también nuevas necesidades.

En paralelo, las *utilities* tradicionales estarían comprando agregadores de demanda (Engie compra Kiwi Power, Enel compra Enernoc, Centrica compra Restore). Asimismo, están adquiriendo otras empresas o negocios relacionados con los recursos distribuidos. Igualmente, en algunos casos, están desarrollando modelos de negocio, que con un nombre derivado del propio (en general), les permite ofrecer un servicio diferente al que venían prestando. A

modo de ejemplo, se puede señalar EDP Smart o E.ON SolarCloud. Esto lleva a la conclusión de que estas compañías están siguiendo un proceso de adaptación al nuevo entorno de los recursos distribuidos mediante diferentes estrategias de diversificación.

Este proceso es además extensible a nivel internacional, de manera que empresas como Enel o Engiegreen están comprando o desarrollando filiales en otros países, cuyo núcleo de trabajo se organiza alrededor de los recursos distribuidos (Demand Energy Networks y Sunplicity o Simply Energy respectivamente).

Además, se observa que la colaboración entre empresas está aumentando. Esta colaboración se materializa en forma de prestación de servicios o suministros (Tesla a Sonen, a Simply Energy o Green Mountain Power o Lumenaza a E.ON), colaboración en actividades de investigación y desarrollo u otras (Shell y Kiwi Power así como Sunrun con National Grid plc y LG Chem), o en compras o adquisiciones (EnBW compra Senec, Enel compra Demand Energy Networks o Alpiq compra Flexitricity).

Finalmente, también se ha detectado que son numerosas las compañías que han surgido y siguen haciéndolo en el campo de los recursos distribuidos y que se dedican a diferentes actividades. De hecho, nuevos actores están entrando en el ámbito de la energía como pueden ser compañías como Amazon, Google, Pay Pal o Apple.

NOTAS

[1] A lo largo del texto, en ocasiones se hará referencia a estas como *utilities* tradicionales o simplemente *utilities*.

[2] Esto se puso ya de manifiesto en Álvaro Hermana, R.; Larrea Basterra, M.; Álvarez Pelegry, E. (2018) Autoconsumo eléctrico. Normativa actual y experiencias internacionales de promoción del autoconsumo. Orkestra. Disponible en https://www.orkestra.deusto.es/images/investigacion/publicaciones/informes/cuadernos-orkestra/Alvaro_Larrea_Alvarez_Autoconsumo_Electrico.pdf

[3] (Hamwi & Lizarralde, 2017) y Osterwalder, A.; Pigneur, Y.; Tucci, C.L., 2005. Clarifying business models: origins, present, and future of the concept. Commun Assoc. Inf. Sys. 15 (1), 1-25. en (Bryant, Straker, & Wrigley, 2018).

[4] Para más detalle sobre el concepto de generación distribuida ver (Álvarez Pelegry & Castro Legarza, 2014).

[5] La innovación que se encuentra recogida en el tercer factor de nuevas tecnologías energéticas, se encuentra, en cierta medida, relacionado con la aparición de nuevos entrantes, que tienden a ser los que desarrollan nuevos equipamientos o tecnologías energéticas (baterías) o aplicaciones, entre otros.

[6] De igual manera, deberán adaptarse los fabricantes de bienes de equipo eléctrico, por ejemplo, que tradicionalmente mantenían importantes y fluidas relaciones con las *utilities*.

[7] Es por ello que en la figura siguiente se presenta con un color diferenciado de los demás factores transversales.

[8] De aguas arriba a aguas abajo, o lo que sería lo mismo en este caso, pasando desde la generación al transporte, la distribución y la comercialización.

[9] Se llega a considerar que el consumidor es el verdadero protagonista del cambio de modelo en la transición (Sánchez Molina, 2019).

[10] En este caso, los consumidores finales compran, financian o gestionan directamente la instalación y el mantenimiento de los equipos (ya sean de generación como los paneles solares o de gestión de la demanda como materiales aislantes que mejoran la eficiencia energética o los contadores inteligentes).

[11] Estos últimos en general de utilidad en zonas aisladas de la red.

[12] Existen empresas que se centran en desarrollar instalaciones de solar fotovoltaica de gran tamaño. El principal objetivo de estas empresas es conseguir cumplir con los objetivos de lograr un determinado porcentaje de renovables.

[13] En el caso de los consumidores comerciales e industriales el principal impulsor ha sido evitar sobrecargos basados en el nivel de consumo (por ejemplo, cargos por kWh en momentos de punta de demanda).

[14] Para más información ver Fernández Gómez, J.; Álvaro Hermana, R. (2019) El sector del almacenamiento de energía eléctrica en la CAPV. Orkestra. Disponible en https://www.orkestra.deusto.es/es/investigacion/publicaciones/informes/cuadernos-orkestra/1835-sector-almacenamiento-energia-electrica-capv

[15] Denominación adoptada sobre la base de (Abella *et al*., 2015).

[16] Ello se debe a que su actividad se organizaba alrededor de un producto «tangible», cuya producción y distribución venía regulada por una normativa que limitaba la competencia y donde el principal valor para las compañías se encontraba en la venta de la electricidad en los mercados. No era necesaria la innovación dado que los ingresos tendían a cubrir los costes fijos y variables de producción (Hamwi & Lizarralde, 2017).

[17] En este ámbito, la consultora Wood Mackenzie prevé una mayor consolidación de los fabricantes. A modo de ejemplo, se pueden presentar operaciones como la venta del negocio de inversores de ABB a la italiana Fimer y la salida de Schneider Electric del negocio de inversores a gran escala (Bellini, 2019).

[18] Engineering, Procurement and Construction, es decir, ingeniería, adquisiciones y gestión de la construcción, o proyectos llave en mano.

REFERENCIAS

Abella, A., Álvarez, E., Argüeso, J., Bozon, A., Castro, U., López, D., & Martén, I. (2015). *Smart Energy: nuevas aplicaciones y modelos de negocio*. Bilbao. Orkestra. Retrieved from https://www.orkestra.deusto.es/es/investigacion/

publicaciones/cuadernos-orkestra/203-smart-energy-nuevas-aplicaciones-modelos-negocio

Álvarez Pelegry, E., & Castro Legarza, U. (2014). *Generación distribuida y autoconsumo. Análisis regulatorio*. Bilbao. Orkestra. Retrieved from https://www.orkestra.deusto.es/images/investigacion/publicaciones/cuadernos/2014_9.pdf

Bellini, E. (2019). *Wood Mackenzie prevé más consolidación en el sector de los inversores.* Retrieved from https://www.pv-magazine.es/2019/08/09/wood-mackenzie-preve-mas-consolidacion-en-el-sector-de-los-inversores/

Bryant, S., Straker, K., & Wrigley, C. (2018). The typologies of power: Energy utility business models in an increasingly renewable sector. *Journal of Cleaner Production,* 1032. Retrieved from https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652618315804

Burger, S. P., & Luke, M. (2017). Business models for distributed energy resources: A review and empirical analysis. *Energy Policy, 109*, 230-248.

Couture, T., Pelz, S., Cader, C., & Blechinger, P. (2019). Off-grid prosumers: Electrifying the next billion with PAYGO solar. In F. P. Sioshansi (Ed.), *Consumer, prosumer, prosumager* (pp. 311) Elsevier Inc. doi:· 10.1016/B978-0-12-816835-6.00014-0

Hamwi, M., & Lizarralde, I. (2017). A review of business models towards service-oriented electricity systems. *The 9th CIRP IPSS Conference: Circular Perspectives Son product/service-Systems, 64*, 109. Retrieved from https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827117301762

Löbbe, S., & Hackbarth, A. (2017). The transformation of the German electricity sector and the emergence of new business models in distributed energy systems. In F. P. Sioshansi (Ed.), *Innovation and disruption at the grid´s edge* (pp. 287). California: Academic Press, Elsevier.

Motyka, M., Slaughter, A., & Amon, C. (2019). *Tendencias gloables de las energías renovables* Retrieved from https://www2.deloitte.com/insights/us/en/industry/power-and-utilities/global-renewable-energy-trends.html?id=gx%3A2el%3A3dc%3A4direnenergy%3A5awa%3A6di%3A09132018

Ojea, L. (2019). *La banca despliega el abanico de alternativas para quienes quieran invertir en autoconsumo.* Retrieved from https://elperiodicodelaenergia.com/la-banca-despliega-el-abanico-de-alternativas-para-quienes-quieran-invertir-en-autoconsumo/

Ovans, A. (2015). What is a business model? Retrieved from https://hbr.org/2015/01/what-is-a-business-model

Pérez Arriaga, I., & Knittel, C. (2016). *Utility of the future*. Massachusetts. Retrieved from http://energy.mit.edu/research/utility-future-study/

PWC global power & utilities. (2016). *The road ahead. Gaining momentum from energy transformation.* Retrieved from https://www.pwc.com/ca/en/industries/power-utilities/publications/gaining-momentum-energy-transformation.html

Sánchez Molina, P. (2019). *«El consumidor final es el protagonista de la revolución energética».* Retrieved from https://www.pv-magazine.es/2019/07/30/el-consumidor-final-es-el-protagonista-de-la-revolucion-energetica/

Wei, J., Sanbron, S., & Slaughter, A. (2019). *Digital innovation. creating the utility of the future.* Deloitte Insights. Retrieved from https://www2.deloitte.com/insights/us/en/industry/power-and-utilities/digital-transformation-utility-of-the-future.html

LA POLÍTICA DE CLUSTERS DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA, COMERCIO Y TURISMO: EVOLUCIÓN, RESULTADOS Y PERSPECTIVAS

En las grandes organizaciones las actuaciones y las políticas van evolucionando con los años para adaptarse a los cambios y condiciones del entorno, así como a los planteamientos de los equipos que las dirigen en sus diferentes etapas. Esto hace que, con el paso del tiempo, estos grupos puedan llegar a tener dificultades para entender el hilo conductor de, al menos algunas, de las decisiones tomadas por sus predecesores. El propósito de esta nota es hacer un repaso de los resultados de las iniciativas llevadas a cabo por el Ministerio de Industria, Comercio y Turismo (MINCOTUR) en el marco de su política de clusters desde mediados de la pasada década, un repaso planteado a modo de reflexión interna con la que facilitar la tarea de aquellos que deban tomar las decisiones que marquen las próximas etapas de dicha política. Utilizaremos para ello, los datos disponibles de los dos instrumentos que, desde su lanzamiento, han constituido y siguen constituyendo los elementos clave de dicha política: el Programa de Apoyo a las Agrupaciones Empresariales Innovadoras (AEIs) y el Registro especial de MINCOTUR para la inscripción de éstas.

ANTECEDENTES Y MARCO DE ACTUACIÓN DE LA POLÍTICA DE CLUSTERS DEL MINCOTUR

En España, como en el resto de Europa, las políticas de clusters empiezan a promoverse a nivel regional a principios de los años 90, con notables ejemplos como los del País Vasco y Cataluña. A nivel nacional, su implantación no comienza hasta la siguiente década, como parte integrante de otras políticas más transversales como son las de innovación, las de pymes, las de desarrollo económico, las de desarrollo regional, o las políticas de desarrollo industrial. En el marco de estas últimas, desde el MINCOTUR es también en esa década cuando se comienza a trabajar en la definición de un planteamiento estratégico de apoyo a los clusters que, desde esa perspectiva industrial, pone el acento en la innovación y en las pymes. Un planteamiento con el que, además de potenciar y complementar los esfuerzos y actuaciones que ya se venían llevando a cabo en muchas Comunidades Autónomas, se tiene especialmente en cuenta la participación de la iniciativa privada como garantía de que con el apoyo público se daba efectivamente solución y respuesta a una problemática real del mercado.

Entre las iniciativas llevadas a cabo en ese contexto por el entonces denominado Ministerio de Industria, Turismo y Comercio (MITYC) puede citarse, por ejemplo, la publicación en el año 2004 del informe "Identificación de Sistemas Locales de Trabajo y Distritos Industriales en España" (1) en el que, a modo de punto de partida, se caracterizaban 237 concentraciones regionales de ese tipo que, localizadas en 14 Comunidades Autónomas, contabilizaban en conjunto prácticamente el 47% del total del empleo industrial de la época.

En esos años, desde el MITYC también se asiste y se participa en reuniones y foros de la Unión Europea donde los Estados Miembros proyectan y preparan las políticas y actuaciones comunitarias del siguiente marco financiero plurianual (MFP) 2007-2013, en el que la política de clusters iba cobrando una creciente significación. Así, las directrices estratégicas comunitarias en materia de cohesión adoptadas por el Consejo en octubre de 2006 (2), por ejemplo, animaban de forma explícita a los Estados Miembros y a las regiones a "promover la formación de clusters sólidos", como parte de sus Planes Nacionales de Reforma y proponían la utilización para ello de los instrumentos financieros de que disponen dichas políticas, es decir, de los Fondos Estructurales (el FEDER y el FSE) y del Fondo de Cohesión. Dentro del VII Programa Marco de Investigación y Desarrollo, por su parte, como principal instrumento de la Unión para financiar la investigación durante el mencionado período 2007-2013, se incluían iniciativas que fomentaban el desarrollo de clusters orientados a la investigación, así como la cooperación entre ellos. Además de esto, y para completar el apoyo a los clusters, en la revisión del Marco Comunitario sobre Ayudas Estatales de Investigación y Desarrollo e Innovación efectuada en 2006 (3), se incluyen también las ayudas a las "agrupaciones (clusters) innovadoras" reconociendo que "pretenden paliar las deficiencias de mercado relacionadas con problemas de coordinación...".

Pues es en ese contexto cuando, también en 2006, el MITYC decide poner en marcha su "Programa 2007-2013 de Agrupaciones Empresariales Innovadoras" (4), iniciativa que complementa en diciembre de 2007 con el establecimiento de un Registro especial (5) para la inscripción de estas, convirtiéndose desde entonces ambos instrumentos en los elementos más representativos de su política de clusters.

EL PROGRAMA DE APOYO A LAS AGRUPACIONES EMPRESARIALES INNOVADORAS (AEIs) Y LA FIGURA DE UN REGISTRO ESPECIAL PARA SU INSCRIPCIÓN

La filosofía del programa de apoyo a AEI surge, por consiguiente, en marco del Plan Nacional de Reformas aprobado por el Gobierno de España en enero de 2006, dentro del eje denominado "Plan de Fomento Empresarial", donde se caracteriza la figura de la AEI como una fórmula apropiada para mejorar la competitividad empresarial por permitir, a través de métodos colaborativos, el desarrollo de proyectos avanzados que por su complejidad y elevado coste difícilmente pueden ser abordados de manera individual por las empresas, especialmente en el caso de las PYMES.

Con ese telón de fondo, el MITYC se plantea la definición práctica del programa como una acción de política industrial con la que impulsar la capacidad de respuesta de la industria española en un contexto económico que, a las puertas del estallido de la crisis económica y financiera de 2008, estaba marcado por el imparable fenómeno de la globalización y alguno de sus efectos colaterales menos deseados como era el de la deslocalización.

Para ello, se diseña una estrategia en dos fases con un período de solapamiento entre sí. En la primera, el objetivo a lograr era impulsar el afloramiento y la constitución de una muestra representativa de clusters que, con arreglo a los criterios establecidos en el programa (6) y la colaboración de las Comunidades Autónomas (CCAA) y las Entidades Locales sirviera de punto de partida, de estímulo y de escaparate para la construcción de un mapa mucho más amplio fruto de la penetración y extensión del fenómeno cluster por toda la geografía nacional. A partir de ahí, lo que se pretendía en una segunda fase, era trasvasar paulatinamente el grueso del apoyo del programa al desarrollo de actuaciones y proyectos colaborativos que revirtieran más directamente en beneficio de las pequeñas y medianas empresas que conformaban estas AEI o clusters.

Primera Etapa del Programa (2007-2013) de Agrupaciones Empresariales Innovadoras (AEIs): Arranque, Constitución del Registro de AEIs y Expansión

De esta forma, el programa arranca en agosto de 2006 con la publicación de la orden de bases que lo regula (7), partiendo de una definición o más bien una concepción de AEI en la que priman tres elementos básicos. En primer lugar, la vinculación de la actividad del cluster o AEI a un espacio geográfico o a un sector económico concreto como factor determinante, por sus propias características y especificidades, de las mecánicas de colaboración a establecer por el cluster. En segundo lugar, su composición, que integrada por empresas y entidades de relieve dentro del ámbito de la investigación, la innovación y la tecnología, debía tener una masa crítica suficiente (8) para generar un impacto significativo sobre la actividad y la visibilidad nacional e internacional de todo el conjunto. Y en tercer lugar, la existencia de un equipo gestor capaz de movilizar los recursos necesarios para proporcionar servicios de interés para los socios en áreas como la propiedad intelectual o el acceso a programas públicos de I+D+i, así como para la organización de encuentros y jornadas de acercamiento entre éstos, la realización de tareas de vigilancia tecnológica, o de promoción y visibilidad del propio cluster a nivel nacional e internacional.

Una vez establecida esa definición o concepto de AEI o cluster, surge entonces la necesidad de implantar un procedimiento sólido y fiable para la identificación y acreditación de las AEIs o clusters que reunieran las características indicadas anteriormente. Para la identificación, se decide requerir a las entidades que aspiren a participar en el Programa la presentación de un plan estratégico que proporcione información precisa y suficiente para valorar, no sólo las características mencionadas anteriormente, sino también su viabilidad técnica y financiera, el grado de compromiso de sus componentes con el proyecto conjunto de la organización, así como una planificación detallada de las actuaciones y proyectos de carácter innovador que se propusieran acometer a corto-medio plazo (9) entre otros. Para la acreditación del cumplimiento de esas condiciones de viabilidad y solvencia, así como de esa « voluntad y talante de permanencia en el tiempo», se decide establecer un « registro especial » de forma que sólo las entidades cuyos planes estratégicos hubieran obtenido una valoración positiva por parte de un órgano evaluador del MITYC, tuvieran acceso a ser inscritos en el mismo. De esta manera, la figura del Registro se concibe a modo de llave para el acceso al Programa y se convierte en un elemento clave para su desarrollo y cosustancial al mismo, cumpliendo además otra serie de funciones para el propio MITYC a las que nos referiremos más adelante.

Con este esquema, el programa se plantea con cuatro líneas de ayudas (10) en forma de subvenciones, dos de ellas destinadas al apoyo de la constitución y posterior funcionamiento de los clusters, y otras dos destinadas a la elaboración de proyectos

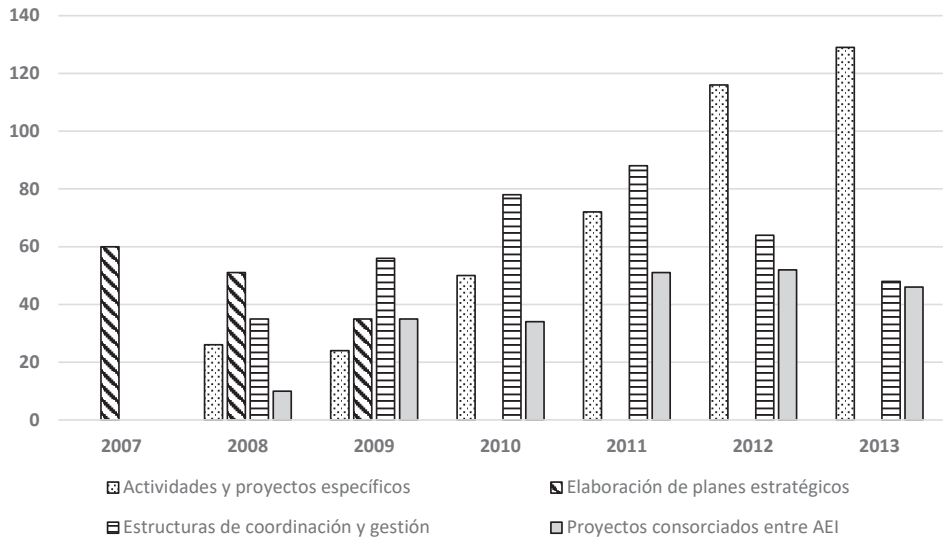
destinados a fortalecer el potencial innovador de las empresas de la AEI de forma individual o mediante proyectos consorciados entre algunas de ellas. Para poner en marcha la primera fase de impulso a la constitución de clusters a través de su inscripción en el mencionado « registro especial », en marzo del año 2007 (11) se lanza una "convocatoria preliminar" de 3 millones de euros destina-

GRÁFICO 1
MAPA DE ARRANQUE CON LAS PRIMERAS AEIs INSCRITAS EN EL REGISTRO ESPECIAL MINCOTUR EN EL AÑO 2008



Fuente: Elaboración propia

GRÁFICO 2
TIPOLOGÍA DE PROYECTOS APROBADOS 2007-2013



Fuente: Elaboración propia

da exclusivamente a financiar, a través de la Línea 1, la elaboración de los planes estratégicos de las futuras AEIs candidatas a participar en el Programa. Con ella, se financian 60 proyectos de este tipo, de los cuales, 44 consiguen posteriormente superar los requisitos exigidos para su inscripción en el Registro Especial de AEI del MITYC, creado finalmente en diciembre de 2007 (12), y pasar así a convertirse en las primeras entidades en hacerlo y en conformar, ya en 2008, el mapa inicial de arranque del programa (Gráfico 1).

A partir de este mapa, en la convocatoria de 2008 se produce por fin el arranque "oficial" del programa con la apertura de las restantes líneas de ayudas previstas en la orden de bases original de 2006 (13), las destinadas a financiar los gastos de funcionamiento de las mencionadas 44 entidades inscritas ya en el Registro (Línea 2), así como a desarrollar

TABLA 1
PROYECTOS FINANCIADOS EN EL PERÍODO 2007-2013

Nº proyectos	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	total
Actividades y proyectos específicos (L3)	0	26	24	50	72	116	129	417
Elaboración de planes estratégicos (L1)	60	51	35	0	0	0	0	146
Estructuras de coordinación y gestión (L2)	0	35	56	78	88	64	48	369
Proyectos consorciados entre AEI (L4)	0	10	35	34	51	52	46	228
Total	60	122	150	162	211	232	223	1160

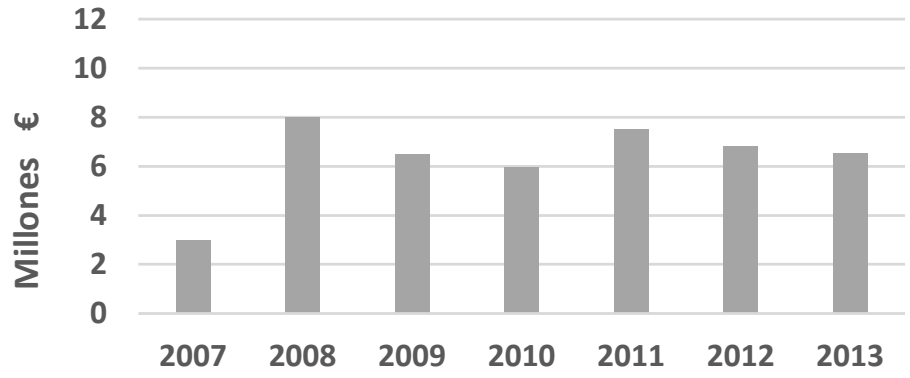
Fuente: Elaboración propia

TABLA 2
SUBVENCIÓN RECIBIDA POR LOS PROYECTOS FINANCIADOS EN 2007-2013

Subvención	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	Total
LINEA								
Actividades y proyectos específicos (L3)	0	1.433.645	1.076.364	1.807.417	2.705.237	3.557.246	3.822.572	14.402.481
Elaboración de planes estratégicos (L1)	3.000.000	4.208.630	1.999.561	0	0	0	0	9.208.191
Estructuras de coordinación y gestión (L2)		2.105.945	2.575.832	3.626.806	3.855.024	2.329.486	1.872.499	16.365.592
Proyectos consorciados entre AEI (L4)	0	252.559	839.657	520.358	975.780	955.333	850.898	4.394.585
TOTAL	**3.000.000**	**8.000.779**	**6.491.414**	**5.954.581**	**7.536.041**	**6.842.065**	**6.545.969**	**44.370.849**

Fuente: Elaboración propia

GRÁFICO 3
IMPORTE DE SUBVENCIONES CONCEDIDAS 2007-2013



Fuente: Elaboración propia

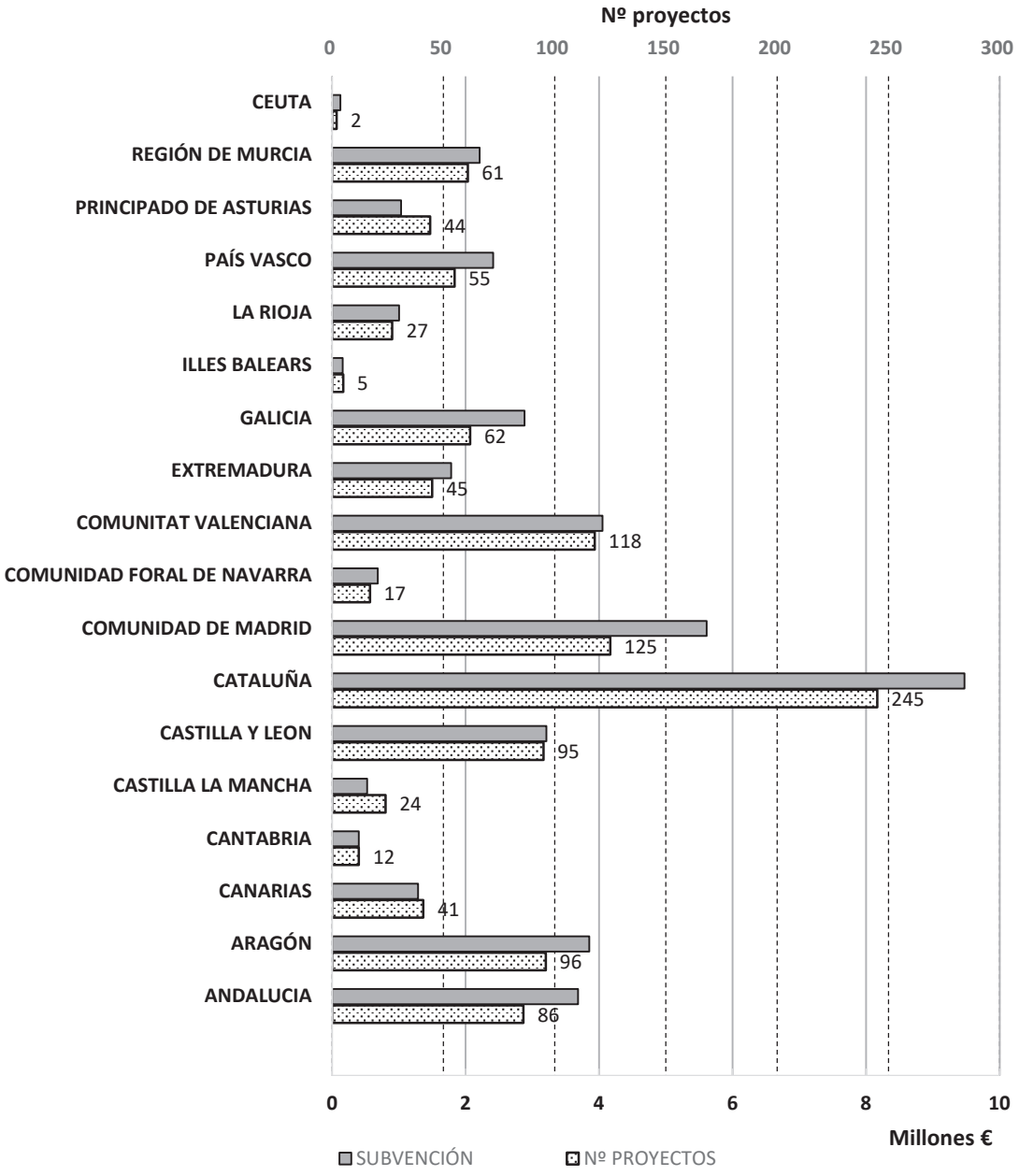
proyectos específicos por parte de una sola AEI o en cooperación entre varias (Líneas 3 y 4).

En cualquier caso, el proceso de apoyo a la formación de nuevos clusters o AEI iniciado con la "convocatoria preliminar" de 2007 no se dio por finalizado con ésta, sino que continuó impulsándose durante 2008 y 2009, años en los que se siguieron convocando las ayudas de la Línea 1, tal como puede observarse en el Gráfico 2. Así, a través de ella línea se financiaron todavía otros 86 planes estratégicos, 51 en 2008 y 35 en 2009 (Tabla 1), que dieron finalmente lugar a que el número de entidades inscritas en el Registro a 31 de diciembre de 2009 fuera de 101 (Tabla 4).

Una vez dada así por concluida la fase específica de tres años (2007-2009) destinada al apoyo de la formación de nuevos clusters o AEI, las ayudas de la Línea 1 dejan ya de convocarse, y a partir de 2012, en la Línea 2 sólo se financian los gastos de funcionamiento de las AEI durante los cuatro primeros años de su inscripción en el Registro.

Como muestra del respaldo otorgado al impulso específico a la constitución y desarrollo de AEIs o clusters en esta etapa, baste señalar que los 515 proyectos de las Líneas 1 y 2 (elaboración de planes estratégicos y funcionamiento o apoyo a las estructuras de coordinación y gestión) aprobados entre 2007 y 2013 representan el 44,4% del total de los 1.160 apoyados por el programa en

GRÁFICO 4
SUBVENCIONES CONCEDIDAS POR COMUNIDAD AUTÓNOMA 2007-2013



Fuente: Elaboración propia

el conjunto del período (Tabla 1). En términos de subvención recibida (Tabla 2), esos 515 proyectos obtuvieron el 53,4% (23.7 M€) de la financiación total destinada al programa (44,37 M€).

Abundando en los detalles de esa financiación, en el Gráfico 3 pueden observarse las fluctuaciones del presupuesto destinado por MITYC cada año a las distintas convocatorias efectuadas, con un máximo de 8 M€ en 2008 y un mínimo de 6 M€ en 2010 si descontamos los 3 M€ destinados íntegramente a la "convocatoria preliminar" de 2007 para la elaboración de planes estratégicos. Descontada dicha "cantidad preliminar" a los efectos de obtener una media comparable con la que veremos posteriormente para el período 2014-2020, el total de la financiación destinada por MITYC al programa entre 2008 y 2013 ascendió a 41,37 M€, lo que supone una media de 7,4 M€ por convocatoria.

En cuanto a la distribución geográfica de las ayudas CCAA, en el Gráfico 4 puede observarse cómo Cataluña, seguida a distancia por Madrid, Comunidad Valenciana, Aragón, Andalucía y Castilla-León, son las Comunidades Autónomas

TABLA 3
AYUDAS POR SECTORES DE ACTIVIDAD ECONOMICA 2007-2013

SECTOR	PROYECTOS APROBADOS	AYUDAS CONCEDIDAS
Aeronáutico	62	2.701.450,51
Agroalimentario	122	4.719.096,13
Automoción	85	3.447.144,20
Biotecnología y Salud	79	3.315.512,74
Deporte	6	259.999,00
Ferroviario	7	278.908,29
Hábitat	108	3.864.578,50
Infancia y Juguete	24	503.506,46
Logística	53	2.234.841,60
Maquinaria y Tecnología Industrial	109	3.153.012,88
Materiales	47	2.157.773,56
Media	46	2.287.394,95
Medioambiente y Energía	141	5.248.504,91
Naval	41	1.553.358,22
Óptica	10	446.073,46
Otros	2	130.917,00
Textil y calzado	39	1.159.321,37
TIC	146	5.713.988,34
Turismo	33	1.195.467,00
Total	**1160**	**44.370.849,12**

Fuente: Elaboración propia

que concentraron la mayor parte de los recursos del programa en el primer período.

Por sectores de actividad (Tabla 3), los de TIC, Medioambiente y Energía, Agroalimentario, Hábitat, Automoción, Biotecnología y Salud y Maquinaria y Tecnología industrial fueron los que recibieron un mayor respaldo del programa en el período considerado.

Por lo que se refiere a la consecución de los objetivos de impulso a la constitución y desarrollo de AEIs o clusters previstos en 2006 por el MITYC, la valoración que cabe realizar de los resultados de esta primera etapa 2007-2013 del programa, puede calificarse de sumamente positiva**.** En efecto, tal como se aprecia en la Tabla 4, tras su lanzamiento, año tras año se produjo un incesante incremento en el número de entidades inscritas en el Registro que pasaron de las 44 registradas en 2008, a las 160 de 2013, con un pico histórico de 174 entidades contabilizadas en el ejercicio 2012.

Para explicar esta proliferación de AEIs o clusters en esta etapa, y sin restar importancia al indudable efecto llamada de las ayudas convocadas por el MITYC a través del programa, cabe igualmente señalar la creciente expansión del apoyo a los clusters que se produjo desde el ámbito de las políticas de desarrollo económico de las Comunidades Autónomas, un apoyo impulsado por el favorable marco de fondos FEDER puestos a disposición de la Comisión Europea para el impulso de estas políticas en el período considerado. Una explicación que en sí misma constituye uno de los principales éxitos de la política de clusters desarrollada por el MITYC a través del programa, por su papel como punto de encuentro donde facilitar y complementar los recursos y los esfuerzos de los distintos niveles de las administraciones públicas en torno a mismo objetivo.

Desde el punto de vista de las más de 4.000 empresas que como media conformaron cada año las AEIs o clusters inscritos en el Registro durante esa primera etapa, el programa tuvo una excelente acogida contribuyendo a la generación de métodos y dinámicas de inversión en I+D+i más regulares, así como a la de mecanismos de colaboración tanto entre las propias empresas, como entre éstas e institutos de investigación, tecnológicos, de formación, etc., que resultaron muy provechosas para las primeras en la segunda etapa del programa.

TABLA 4
ENTIDADES INSCRITAS EN EL REGISTRO ESPECIAL DE AEIs.
DATOS A 31 DE DICIEMBRE DE CADA AÑO, SALVO 2020 (DATOS A 4 DE JUNIO)

AÑO	ENTIDADES REGISTRADAS	MIEMBROS (EMPRESAS)	MIEMBROS POR ENTIDAD	CENTROS TECNOLÓGICOS
2008	44	1286	29,2	ND
2009	101	2751	27,2	ND
2010	136	3627	26,7	ND
2011	166	4728	28,5	ND
2012	174	5895	33,9	ND
2013	160	6355	39,7	ND
2014	149	6950	46,6	ND
2015	142	7810	55,0	122
2016	124	8208	66,2	252
2017	98	7620	77,8	285
2018	90	7891	87,7	345
2019	82	7336	89,5	336
2020	82	7475	91,2	344

Fuente: Elaboración propia

Segunda Etapa del Programa (2014-2020) de Agrupaciones Empresariales Innovadoras (AEIs): Consolidación y búsqueda de la Excelencia

Si la Estrategia de Lisboa había marcado las pautas del crecimiento económico de la Unión Europea en la primera década de este siglo, en la segunda éstas pasaron a estar definidas por la denominada Estrategia Europa 2020 enfocada, tras la crisis económica y financiera de 2008, en conseguir la recuperación económica de la Unión mediante un crecimiento « inteligente, sostenible e integrador ». En este nuevo contexto, dentro del marco de las políticas de cohesión, la « especialización inteligente » cobra un creciente protagonismo dentro de las estrategias regionales (RIS3) de los Estados miembros en el marco de las políticas de cohesión, unas estrategias que, denominadas así por centrar los esfuerzos de desarrollo económico en las ventajas competitivas de cada región, ponen sobre todo el acento en la liberación de su potencial de excelencia. Así, desde Bruselas se insta a las autoridades regionales de todos los EEMM a preparar este tipo de estrategias y los clusters vuelven a quedar plenamente vinculados a ellas y por ende a la utilización de los de los Fondos Estructurales y de Inversión Europeos.

Del mismo modo, en el ámbito de las políticas de investigación esta vinculación vuelve a extenderse en esta etapa a los fondos consignados dentro del nuevo Programa Horizonte 2020, heredero del VII Programa Marco de Investigación y Desarrollo para el período 2014-2020, mientras que en el marco de la política industrial surge con fuerza la digitalización como vector de crecimiento de la industria europea. Un vector que ya situaba a los denominados « digital innovation hubs (DIH) » o centros de innovación digital en el punto de mira al que dirigir todos los esfuerzos públicos y privados encaminados a facilitar el aprovechamiento de las oportunidades digitales por parte de las empresas europeas y al que volveremos a referirnos en la última parte de este trabajo.

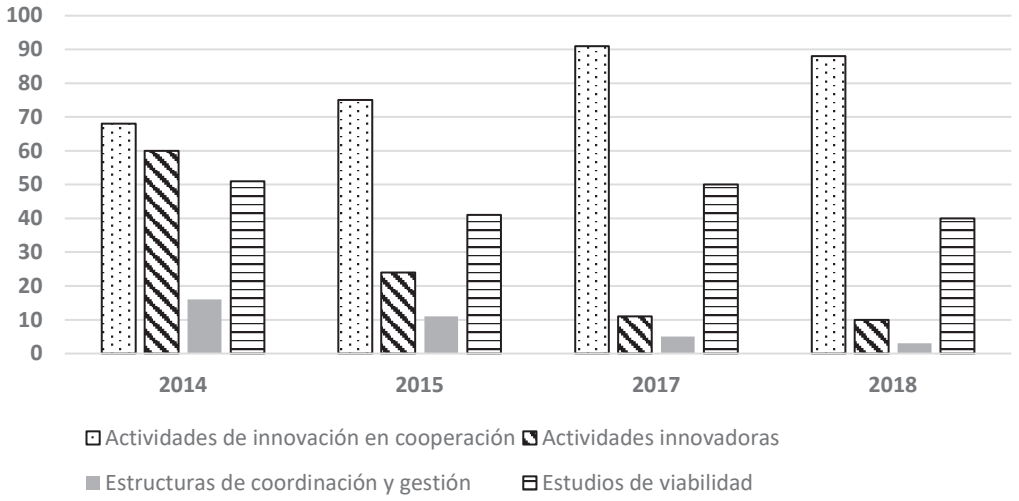
En este nuevo escenario, muchos de los clusters inscritos en el Registro Especial de AEIs del MINCOTUR comienzan a recomponer sus planteamientos para alinear sus directrices y planes de actuación a las nuevas exigencias de las estrategias RIS3 de sus regiones, a los retos de la "cuarta revolución industrial", y a la búsqueda de la excelencia. Como consecuencia de todo ello, comienza a producirse una gradual disminución, no sólo en las solicitudes de inscripción, sino sobre todo en las de renovación que hacen que, tal como puede observarse en la Tabla 4, de las 149 entidades inscritas en el Registro en el año 2014 se haya pasado en el transcurso de los últimos años a las 82 registradas en 2020 que conforman el mapa actual de clusters mostrado en el Gráfico 5. Esta reveladora reducción ha venido acompañada por otra parte de un incremento no menos significativo en el número de empresas y centros tecnológicos integrantes de cada una de estas AEIs o clusters, un incremento que evidencia un claro reforzamiento de las estructuras de éstos que no ha dejado de producirse desde entonces año tras año hasta alcanzar en 2020 la cifra media de 91, 2 empresas y 4,2 centros tecnológicos por entidad.

GRÁFICO 5
MAPA DE AEIs INSCRITAS EN EL REGISTRO MINCOTUR EN 2020



Fuente: Elaboración propia

GRÁFICO 6
TIPOLOGÍA DE PROYECTOS APROBADOS 2014-2018



Fuente: Elaboración propia

Estos datos demuestran, en definitiva, que frente a la fase de eclosión y expansión del fenómeno cluster que caracterizó la primera etapa 2007-2013 del programa, esta segunda etapa 2014-2020 ha estado marcada por la consolidación de los logros alcanzados por éstos en la primera, unos logros a partir de los cuales las entidades que han sabido evolucionar y adaptar sus estrategias a las exigencias del entorno son las que finalmente han permanecido con el paso del tiempo. Unas entidades cada vez más profesionalizadas, mejor organizadas, y sobre todo más interrelacionadas e internacionalizadas en el marco de iniciativas que, como *"cluster excellence"* (14), o la etiqueta ECEI GOLD *«Excel in Cluster Excellence»* (15) surgieron durante ese tiempo en el marco de la Unión Europea. La participación de muchos de los clusters inscritos en el Registro de AEIs de MINCOTUR en ese tipo de iniciativas, así como en otras similares puestas en marcha por las Comunidades Autónomas, son factores que cabe sin duda considerar a la hora de explicar esta positiva transformación del perfil de los clusters apoyados por el programa.

Desde MINCOTUR, por su parte, han sido diversas las acciones y medidas tomadas en esta segunda etapa para mejorar la posición y reforzar la capacidad de actuación de las AEIs o clusters. A través del Registro, por ejemplo, se ha ido aplicando cada

TABLA 5
PROYECTOS FINANCIADOS EN EL PERÍODO 2014-2020

Nº proyectos	2014	2015	2017	2018	TOTAL
LINEA					
Actividades de innovación en cooperación	68	75	91	88	322
Activiades innovadoras	60	24	11	10	105
Estructuras de coordinación y gestión (L2)	16	11	5	3	35
Estudios de viabilidad	51	41	15	14	121
Estudios de viabilidad en cooperación	0	0	35	26	61
Total	195	151	157	141	644

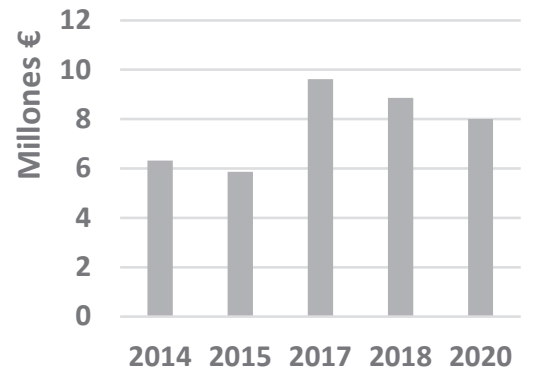
Fuente: Elaboración propia

TABLA 6
FINANCIACIÓN RECIBIDA POR LOS PROYECTOS FINANCIADOS EN 2014-2020

Subvención	2014	2015	2017	2018	TOTAL
LINEA					
Actividades de innovación en cooperación	3.005.244	4.086.663	6.819.959	6.609.187	20.521.053
Activiades innovadoras	1.662.364	641.106	471.794	505.394	3.280.658
Estructuras de coordinación y gestión (L2)	487.981	360.872	226.765	97.305	1.172.923
Estudios de viabilidad	1.158.555	784.063	394.546	389.914	2.727.078
Estudios de viabilidad en cooperación	0	0	1.711.589	1.264.311	2.975.900
Total	6.314.144	5.872.704	9.624.653	8.866.111	30.677.612

Fuente: Elaboración propia

GRÁFICO 7
IMPORTE DE SUBVENCIONES CONCEDIDAS
2014-2020



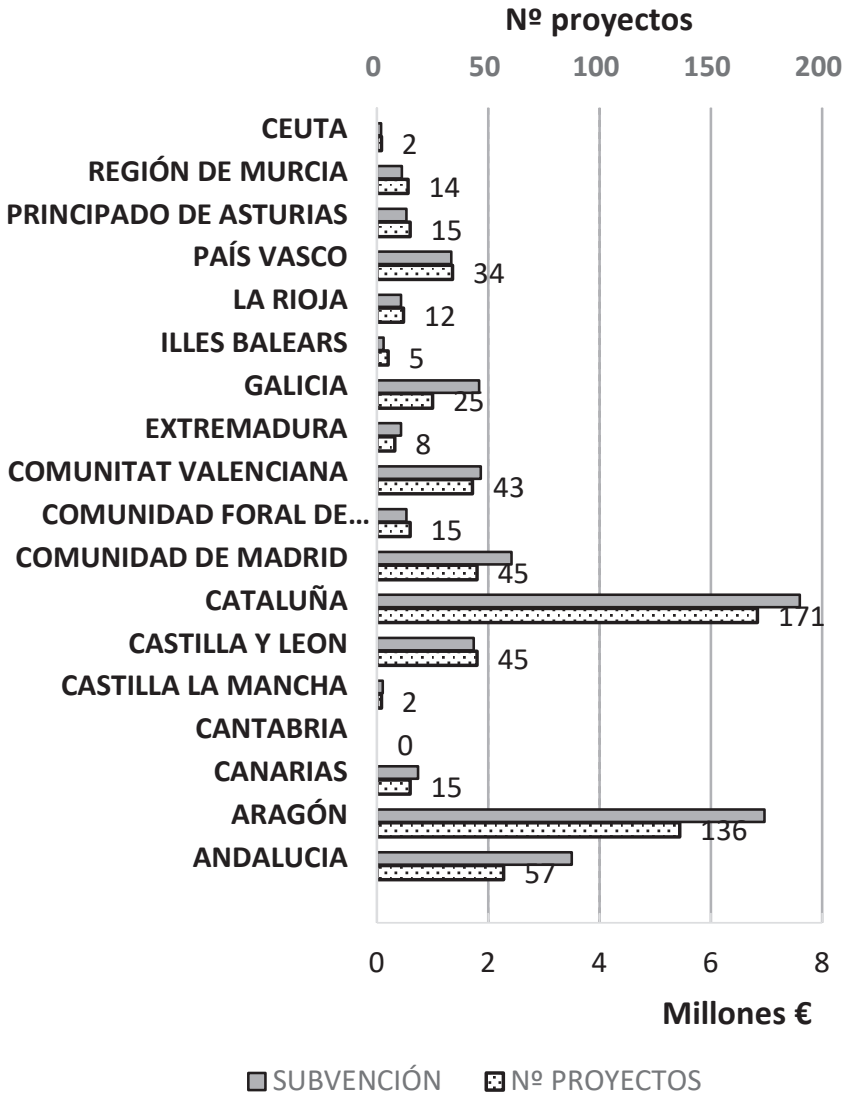
Fuente: Elaboración propia

vez una mayor rigurosidad y exigencia en la valoración de los planes estratégicos presentados para la inscripción y renovación en el mismo, y a través del programa se han efectuado cambios (16) dirigidos fundamentalmente a incrementar el impacto y la envergadura de los proyectos colaborativos de I+D+i presentados al mismo. Unos cambios inspirados en la idea de que la búsqueda de la excelencia en la organización y gestión de los clusters debía verse igualmente reflejada en la complejidad y el recorrido de las actuaciones y proyectos presentados al programa por éstos. Así, con este esquema, en 2014 se añade una nueva línea de ayudas para el desarrollo de actividades de innovación en cooperación entre las empresas de las agrupaciones, y en 2016 el programa deja de estar sujeto al Reglamento UE de ayudas de mínimis para pasar a acogerse al Reglamento UE General de Exención por Categorías. Además de esto, se incentiva que el contenido de los proyectos presentados se encuadre dentro de los objetivos de la Estrategia "Industria Conectada 4.0" lanzada por MINCOTUR en 2015 para facilitar los procesos transformación digital de la industria española.

Como resultado de todo ello, en el Gráfico 6 puede observarse la magnitud del respaldo otorgado por MINCOTUR a este tipo de proyectos colaborativos entre 2014 y 2018 (17). Un respaldo que, en términos numéricos (Tabla 5), hizo que el 50% de los apoyados por el programa en el total del período correspondieron a actuaciones de este tipo, y que en términos de subvención recibida (Tabla 6), acapararan el 66,8% del total de la financiación.

Con respecto a la evolución de los restantes tipos de proyectos aprobados a partir de 2014, del Gráfico 6 cabe también resaltar la notable y paulatina reducción del apoyo otorgado por el MITYC a las denominadas « actividades innovadoras », por su menor impacto y valor añadido para el conjunto del cluster, así como el « mantenimiento testimonial » y, aún así decreciente, de las ayudas destinadas al funcionamiento de las estructuras de coordi-

GRÁFICO 8
SUBVENCIONES CONCEDIDAS POR COMUNIDAD AUTÓNOMA 2014-2019



Fuente: Elaboración propia

nación de las AEIs que, en términos de número de proyectos aprobados en el total del período, 35, supusieron un 9,4% de los 369 de la etapa anterior.

Por lo que respecta a la financiación destinada por MITYC a las cuatro convocatorias efectuadas en este período, 30,7 M€ concedidos entre 2014 y 2018 sin contar los 8 M€ convocados en 2020 pendientes aún de adjudicación, en el Gráfico 7 pueden observarse las variaciones producidas, con un máximo de 9,6 M€ en 2017 y un mínimo de 5,8 M€ en 2015 suponen una media de 7,7 M€, ligeramente superior a la del primer periodo 207-2013 de 7,4 M€ por convocatoria.

Por lo que se refiere a la distribución geográfica de los recursos empleados, en el Gráfico 8 se aprecia cómo, al igual que en la primera etapa, Cataluña vuelve a situarse a la cabeza de las ayudas recibidas por sus clusters, si bien esta vez seguida muy de cerca por Aragón que registra un impresionante avance sobre los resultados obtenidos en 2007-2013. A estas dos comunidades les han seguido, ya a bastante distancia, las de Andalucía, Madrid, y la Comunidad Valenciana.

En cuanto a la distribución sectorial, en la Tabla 7 se aprecia que, al igual que ocurriera entre 2007-2013, los sectores de TIC, Medioambiente y Energía, Automoción, Agroalimentario, Maquinaria y Tecnología industrial, y Logística volvieron a ser los más destacados.

CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

Del análisis de los resultados del Programa de Apoyo a las Agrupaciones Empresariales Innovadoras

TABLA 7
AYUDAS POR SECTORES DE ACTIVIDAD ECONOMICA 2014-2020

SECTOR	PROYECTOS APROBADOS	AYUDAS CONCEDIDAS
Aeronáutico	22	1.509.153
Agroalimentario	94	2.870.712
Automoción	59	3.171.789
Biotecnología y Salud	29	1.006.284
Deporte	10	718.294
Ferroviario	1	2.597
Hábitat	26	1.359.084
Infancia y Juguete	12	423.207
Logística	41	1.852.430
Maquinaria y Tecnología Industrial	52	2.361.153
Materiales	18	806.789
Media	23	697.007
Medioambiente y Energía	76	3.311.813
Naval	15	536.814
Óptica	23	1.011.348
Otros	0	0
Textil y calzado	16	541.784
TIC	94	6.816.708
Turismo	33	1.680.646
Total	**644**	**30.677.612**

Fuente: Elaboración propia

efectuado en este trabajo, pueden destacarse los siguientes aspectos acerca de la política de clusters desarrollada por el MINCOTUR:

En primer lugar, la existencia de una estrategia bien organizada y estructurada que, puesta en marcha en diferentes etapas, ha facilitado la consecución de los objetivos marcados en cada una de ellas. Unos objetivos centrados en: (1) empezar por promover la formación de un conjunto inicial de clusters a partir del cual favorecer la expansión del fenómeno por todo el territorio nacional; (2) seguir a continuación con el impulso del tipo de actuaciones colaborativas específicas que, por definición, constituyen la razón de ser y justifican el apoyo público otorgado a esos clusters; y (3) todo ello, sin dejar de realizar un ejercicio continuo de seguimiento de resultados (18) para maximizar la efectividad de los recursos que se iban aplicando en cada momento.

En segundo lugar, otro de los aspectos a destacar de esta política es la adecuada selección de los instrumentos escogidos para implementar la estrategia, el tándem Registro-Programa. Un tándem del que cabe especialmente resaltar el papel del Registro como facilitador de una interlocución continua y directa entre MINCOTUR y los actores involucrados en la promoción y gestión de las AEIs inscritas en él, además de servir de atalaya desde la que obtener una imagen clara de los esfuerzos y necesidades de éstos en cada momento.

Para las AEIs, la inscripción en el Registro no sólo conlleva la acreditación del cumplimiento de unos requisitos necesarios para participar en el Programa, sino que también comporta el reconocimiento de una labor bien hecha. Facilita un escaparate que ofrece visibilidad nacional e internacional, y brinda una garantía de homogeneidad e igualdad de oportunidades en los procesos de concurrencia competitiva a los que éste permite su acceso. Los planes estratégicos presentados cada cuatro años por las AEIs para la renovación de sus inscripciones ofrecen una información detallada que facilita un seguimiento preciso de su evolución, del compromiso real de las empresas que los integran, de los éxitos y de los fracasos de las iniciativas que se han puesto o que se pretenden poner en marcha, de sus esfuerzos por mejorar sus estructuras organizativas y de coordinación, así como del verdadero alcance de su potencial de innovación y de su capacidad de proyección internacional.

Toda esta información ha resultado y sigue resultando de vital importancia para proyectar, mo-

dular y, en ocasiones, recalcular los esquemas y actuaciones que conforman la política de clusters del MINCOTUR. Una política desarrollada dentro del marco mucho más amplio de su política industrial y de su política de apoyo a las PYMES, en consonancia siempre con las orientaciones emanadas de la Unión Europea y con una voluntad clara de complementar las políticas y actuaciones desarrolladas a pie del terreno por la Comunidades Autónomas.

Los recursos empleados por MINCOTUR en ese marco a lo largo de 14 años de implementación del Programa, 75 M€ (19), hablan por sí mismos de estabilidad, por mantener su asignación con cargo a las partidas de MINCOTUR consignadas en los Presupuestos Generales del Estado a lo largo de todo ese tiempo (20); hablan por sí mismos de proporcionalidad, puesto que tratándose de una medida de carácter nacional tampoco puede considerarse una cantidad desorbitada; y hablan, como ya hemos mencionado, de complementariedad porque han servido para movilizar una cantidad adicional muy similar (73,5 M€) aportada por otras fuentes públicas y privadas para completar entre todos el presupuesto total (148,5 M€) de los más de 1.800 proyectos financiados con ellos.

Por lo que respecta la evolución y al desempeño de los propios clusters sobre los que han pivotado todas esas actuaciones, el resultado de estos 14 años de andadura del Programa se plasma visualmente en el mapa del Gráfico 5, al que ya habíamos hecho referencia al hablar de la segunda etapa del programa. Un mapa que nos muestra un escenario conformado por 82 AEIs o clusters consolidados que no han dejado de buscar la excelencia durante ese largo recorrido, y que han sabido demostrar a las cerca de 7.500 empresas que los componen y que proporcionan empleos de calidad a más de 1,8 millones de trabajadores, que pertenecer y colaborar a través de ellos con más de 340 centros tecnológicos y organismos de investigación les aporta un verdadero valor añadido.

Este mapa de «final de 2ª etapa 2014-2020», o de «final de ciclo 2007-2020» constituye a su vez ahora el punto de partida para la reflexión sobre las siguientes etapas de la política de clusters del MINCOTUR. Unas etapas que, siguiendo con el esquema anterior, comenzarían con la puesta en marcha de una tercera con la que abordar el período 2021-2027 en un contexto marcado, en cualquier caso, por la pandemia del COVID-19 y la negociación en el ámbito comunitario de un nuevo Fondo de Recuperación para combatir sus efectos. Una negociación que además coincidirá y condicionará el cierre de las propuestas del marco financiero plurianual (MFP) para el periodo 2021-2027 que se venían discutiendo desde hace tiempo en el fragor de las batallas del Brexit y de la guerra comercial entre EEUU y China.

No cabe duda de que en este nuevo contexto, los clusters tendrán una vez más mucho que decir y mucho que aportar por la valiosa experiencia acumulada a lo largo de su extensa andadura. Y esta vez podrán hacerlo, no sólo de forma individual en el marco habitual de las políticas de cohesión, de innovación, o de desarrollo económico, sino que podrán hacerlo además de forma colectiva a través de los denominados centros de innovación digital (CID) o *digital innovation hubs* (DIH), llamados a desempeñar un papel protagonista en todas esas políticas en el próximo marco financiero plurianual 2021-2027 de la Unión Europea.

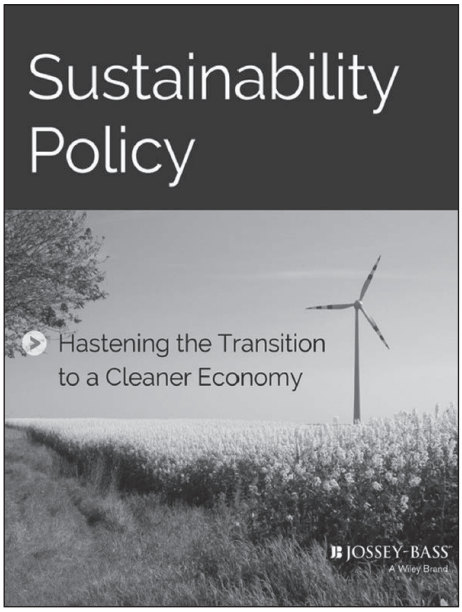
Impulsar las medidas adecuadas para que los clusters se conviertan en una «parte integral» del funcionamiento de los digital innovation hubs DIH pasará, a partir de ahora, a ser un importante componente de las políticas de clusters de las Administraciones públicas en general y de las del MINCOTUR en particular. Unas políticas que, de entrada, cuentan con la ventaja de la indiscutible capacidad de los clusters para llegar a las PYMES, para canalizar sus opiniones y demandas, así como para atraer hacia sí esfuerzos públicos y privados entorno a objetivos comunes gracias al carácter transversal de la innovación, la digitalización y el apoyo a las PYMES. Generar un clima de colaboración y confianza entre todos esos actores para cooperar, en lugar de competir, y facilitar así la recuperación económica a la que nos enfrentamos, será sin duda otro de los componentes a considerar en esta tercera etapa 2021-2027 de la política de clusters del MINCOTUR. Esperamos que este trabajo pueda resultar de alguna utilidad a los equipos que deban definirla e impulsarla.

Estela Gallego Valdueza

Con la colaboración de Ana Mª García González y Mª Jesús García Martín

NOTAS

(1) http://www.ipyme.org/Publicaciones/IdentificacionSLT.pdf
(2) Decisión 2006/702/CE del Consejo, de 6 de octubre de 2006, relativa a las directrices estratégicas comunitarias en materia de cohesión [Diario Oficial L 291 de 21.10.2006].
(3) (2006/C 323/01)
(4) Orden ITC/2691/2006, de 2 de agosto https://www.boe.es/eli/es/o/2006/08/02/itc2691
(5) Orden ITC/3808/2007, de 19 de diciembre https://www.boe.es/eli/es/o/2007/12/19/itc3808
(6) A los efectos del Programa, una AEI debería ser una entidad sin fin de lucro y caracterizarse por ser una combinación en un espacio geográfico, o sector productivo de empresas y centros de investigación y de formación públicos o privados, involucrados en procesos de intercambio colaborativo, dirigidos a obtener ventajas y beneficios derivados de la ejecución de proyectos concretos de carácter innovador. La actividad de la AEI tenía que estar organizada en torno a un mercado o segmento de mercado objetivo o a una rama o sector científico de referencia. El objeto de la AEI así estructurada debía ser alcanzar una masa crítica tal, que permitiera asegurar su competitividad y visibilidad internacionales.
(7) Orden ITC/2691/2006, de 2 de agosto https://www.boe.es/eli/es/o/2006/08/02/itc2691
(8) "Tener una masa crítica suficiente" se concreta en la orden de bases que regula el Registro en el cumplimiento de una de las dos condiciones siguientes: (i) Concentrar el 30% de la facturación del sector en el ámbito geográfico en el que está implantada la AEI. (ii) Agrupar el 10% de las empresas del sector en el ámbito geográfico en el que está implantada o, en el caso de agrupaciones del sector turístico, contar con al menos 50 empresas.
(9) El periodo de vigencia de estos planes estratégicos se estableció para cuatro años.
(10) Línea 1. Ayudas para la elaboración de planes estratégicos que las potenciales AEI debían presentar al Ministerio para que, una vez aprobados por una comisión de evaluación nombrada por MITYC, ser reconocidas como tales a los efectos de su inscripción en el Registro especial de AEI de éste.
Línea 2. Ayudas para financiar estructuras de coordinación y gestión de las AEI ya constituidas, o ayudas al funcionamiento.
Línea 3. Ayudas para la elaboración de proyectos específicos destinados a fortalecer el potencial innovador de las empresas de la agrupación.
Línea 4. Ayudas para promover acciones conjuntas o proyectos consorciados entre diferentes AEI, españolas o de la Unión Europea.
(11) Orden ITC/692/2007 de 20 de marzo
(12) Orden ITC/3808/2007, de 19 de diciembre https://www.boe.es/eli/es/o/2007/12/19/itc3808
(13) Orden ITC/2691/2006, de 2 de agosto https://www.boe.es/eli/es/o/2006/08/02/itc2691
(14) https://www.clustercollaboration.eu/eu-initiative/cluster-excellence-calls
(15) https://www.cluster-analysis.org/gold-label-new
(16) https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2014-8555
(17) En 2016 se anuló la publicación de la convocatoria por restricciones presupuestarias. En 2019 no se llegó a publicar ninguna y. en cuanto a la convocatoria de 2020 (BOE-B-2020-14436), a la fecha de elaboración de esta nota, aún no ha sido resuelta.
(18) En 2010, después de tres años del lanzamiento del programa, se realiza el estudio de resultados "El Programa AEI en el marco de las políticas internacionales de apoyo a los clusters" que ha servido de modelo para posteriores evaluaciones internas http://www.ipyme.org/Publicaciones/ProgramaAEIMarcoPoliticasInternacionales.pdf
(19) Sin contar los 8 M€ de la convocatoria 2020 pendientes aún de adjudicación.
(20) Con las excepciones ya señaladas de los ejercicios 2016 y 2019.



SUSTAINABILITY POLICY. HASTENING THE TRANSITION TO A CLEANER ECONOMY

Steven Cohen, William Eimicke and Alison Miller

John Wiley & Sons, Inc. New Jersey (USA), 2015.

La actual pandemia del Covid 19 ha dejado atrás las recientes noticias sobre la sostenibilidad y el cambio climático que habían movilizado a la opinión publica en los últimos meses del año 2019 con ocasión de la conferencia de la ONU sobre el cambio climático celebrada en Madrid en el mes de diciembre. Sin embargo, ¿podría la pandemia encuadrarse dentro de los efectos de la acción del hombre en el medio ambiente?. Algunos científicos nos han avisado de los efectos que el trasiego de especies salvajes puede tener en nuestra salud. También, de las fuerzas sistémicas del ecosistema global y de lo impredecible de muchas de las acciones humanas. Otros, como el economista Jeremy Rifkin, encuadran la actual pandemia dentro de las consecuencias de la acción descontrolada del hombre sobre la tierra.

¿Cuáles son las acciones que los gobiernos deben adoptar ante esta situación? Esta pandemia nos ha presentado ante una serie de medidas muy diversas de los gobiernos mundiales para afrontar una enorme catástrofe, de salud pública y economía global. El libro de los profesores de la *Columbia University*, Cohen, Eimicke y Miller, aunque publicado en 2015, es de una fuerte actualidad. Se centra en el rol del gobierno y las políticas públicas en activar la transición hacia una economía sostenible y cómo pueden influir en las organizaciones del sector privado para que gestionen sus operaciones de manera sostenible. Todo ello, dentro del contexto particular de los Estados Unidos de América.

En su prefacio critica la creciente debilidad de la estructura federal americana, especialmente en lo referido a la gestión del medio ambiente y, curiosamente, estas palabras parecen proféticas, pues la respuesta de los Estados Unidos de América al Covid 19 se ha caracterizado por esa debilidad. En principio, la hipótesis que esta obra propone es que las fuerzas del mercado por sí solas no harán la transición de la economía mundial hacia la sostenibilidad ambiental. El gobierno debe desempeñar un papel fundamental en la provisión de los incentivos, desincentivos, conocimientos e infraestructura necesarios para esta transición. No existe un enfoque único de política medio ambiental que logre esa sostenibilidad. Al igual que ha ocurrido con la actual pandemia, debido a las diferencias geográficas, económicas, culturales y desarrollo tecnológico y económico, las respuestas solo pueden ser diferentes y contingentes con estos factores.

A partir de este principio, los autores plantean en ocho capítulos, de forma muy pedagógica, el porqué de la necesidad de estas políticas y como plantearlas.

En el primer capítulo se define la gestión de la sostenibilidad como aquella que se ocupa de "*gestionar el desarrollo que satisfaga las demandas del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones de satisfacer sus propias necesidades*". Además, analiza la evolución de tres aspectos interrelacionados: la protección del medio ambiente, la perspectiva de sostenibilidad y la gestión organizativa. Los autores defienden que esta evolución converge en el desarrollo de una economía sostenible a nivel micro y macroeconómico.

En el segundo capítulo, los autores defienden las razones para la existencia de una política gubernamental de sostenibilidad. Parten de la necesidad de reforzar el uso de las energías renovables con objeto de reducir la emisión de $CO_{2,}$ analizan los roles de las políticas gubernamentales en la promoción de la ciencia y la tecnología de soporte, regulaciones medio ambientales, financiación de la ciencia pública y privada, regulación de impuestos, etc. Todo ello, sin olvidar la necesidad de trasferir tecnología a economías en vías de desarrollo. Dedican una sección a la necesidad de una cooperación público-privada en todos los aspectos anteriores.

Los autores dedican los tres capítulos siguientes a analizar cuáles son las palancas u apoyos de una política pública sostenible. Para ello tienen en cuenta que existen tres actores importantes: el sector público, la industria privada y las organizaciones sin ánimo de

lucro. Como el libro está dedicado a la economía de los Estados Unidos de América, se centran en las estructuras existentes en ese país y su pasado. Así se analiza, en el capítulo tercero cómo han funcionado en el pasado reciente la estructura federal: las diversas agencias gubernamentales como la EPA, la Fundación Nacional para la Ciencia, el Departamento de Energía, el Instituto Nacional de Estándares, la NASA, etc. También el nivel impositivo y de inversión pública. En el capítulo cuatro se analiza el nivel estatal: políticas reguladoras, estímulos a la inversión pública, política de transporte y de medio ambiente considerando cómo los diversos Estados han evolucionado, en este sentido, mostrando la disparidad de orientaciones y prácticas de las políticas sostenibles entre ellos.

El capítulo cinco, de modo paralelo a los anteriores, analiza el impacto y acciones locales. En primer lugar las ciudades, ya que el 83% de la población norteamericana vive en ciudades y sus áreas metropolitanas. Los gobiernos locales controlan la planificación del territorio, el transporte, los recursos naturales y todos los servicios relativos al agua potable, aguas residuales, basuras, etc. Estos gobiernos son más proclives a tener en cuenta la sostenibilidad, pues sufren las consecuencias ambientales más directamente en forma de tormentas, inundaciones, contaminación, etc. Por otra parte, al estar más cerca de los ciudadanos son más cercanos a las políticas sostenibles. Por ello, el libro ejemplariza el éxito de estas políticas con algunos casos de éxito.

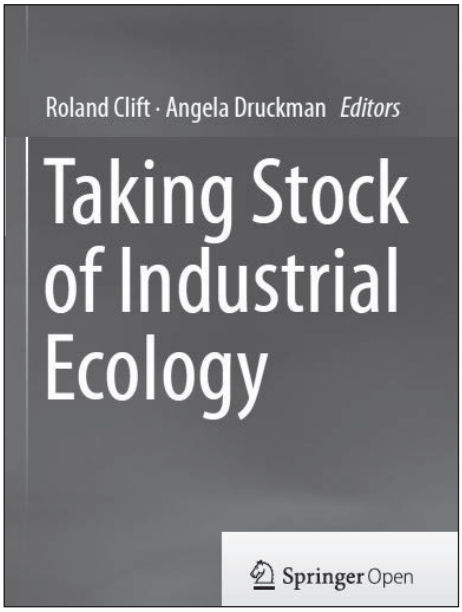
El capítulo sexto se dedica a definir cuáles son las métricas que pueden medir la sostenibilidad, ya que toda gestión organizativa no es posible sin unos parámetros básicos de medición. En el mismo se analizan las diferencias de criterio entre las diversas medidas. Algunos autores interpretan la sostenibilidad como medioambiental con sus entradas y salidas, mientras otros la consideran como un concepto más amplio incluyendo diversos factores económicos, sociales, de gobernanza o económicos. Un interesante concepto desarrollado son las métricas Medioambientales, Sociales y de Gobernanza (ESG) que se utilizan frecuentemente a nivel de gobernanza corporativa, o bien las métricas genéricas de Sostenibilidad que comprenden factores, medioambientales, sociales y económicos. También se definen los índices de sostenibilidad como aquellos que resumen una gran cantidad de información sobre entornos complejos y complicados en información concisa y manejable para su aplicación a las políticas públicas. Por otra parte, se utilizan también los marcos de sostenibilidad que proporcionan información de forma cualitativa para representar situaciones agrupando un número diverso de indicadores para reflejar situaciones determinadas. Finalmente, se definen las organizaciones que recogen datos y redactan informes sobre sostenibilidad y economía verde. Los autores son optimistas y opinan que los Estados Unidos de América se encuentran en un momento positivo de transición hacia una economía verde.

El capítulo séptimo analiza y describe las políticas de sostenibilidad. La labor negativa y obstruccionista del Congreso por la oposición republicana, así como las políticas anti sostenibles del *Tea Party* y su obsesión con las políticas desreguladoras y totalmente contrarias a las políticas sostenibles. También se analiza el rol que diversos grupos de presión, financieros, la opinión pública y los medios de comunicación juegan en las políticas de sostenibilidad. Los autores realizan un alegato defendiendo las políticas sostenibles. Un medio ambiente limpio presenta un balance económico positivo, pues reduce los gastos públicos en sanidad. Un aire y agua no contaminados suponen un valor económico importante, mientras que las zonas cuyas aguas y aire están contaminados, no solo no son atractivas, sino que provocan el éxodo de la población. Por otra parte, la innovación tecnológica asociada a la sostenibilidad estimula el crecimiento económico. Sin embargo, las encuestas realizadas sobre la conciencia del ciudadano norteamericano sobre la sostenibilidad no son muy optimistas, lo que se debe a que las personas se preocupan de las cuestiones que les afectan más de cerca y a que no hay una pedagogía adecuada sobre la sostenibilidad.

Finalmente, el octavo y último capítulo resume las conclusiones de las propuestas que se plantean en esta obra. Hay una serie de cuestiones que generan controversia y quizás la decisión individual sobre la sostenibilidad sea la más relevante, puesto que generar una política de sostenibilidad de arriba a abajo no sea la alternativa más posibilista. ¿Cómo concienciar al individuo? ¿Es posible que el ciudadano sumido en un nivel cercano a la pobreza pueda abrazar esta filosofía? Hay una fuerte corriente, sobre todo desde las posiciones más conservadoras, en desdeñar estas políticas. Ahí es donde reside el reto más importante en diseñar la transición hacia el contexto sostenible.

Podemos resumir que este libro es sumamente útil para entender los retos públicos de la economía sostenible y las herramientas que las que las administraciones estatales, nacionales, regionales y locales pueden emprender.

José Albors Garrigós



TAKING STOCK OF INDUSTRIAL ECOLOGY

Roland Clift and Angela Druckman

Springer Open (2016)

La definición de un concepto puede verse como un reflejo de significados y de ideas abstractas cambiantes atribuidas a un aspecto particular de la realidad. Las definiciones son importantes en el sentido de que la investigación y la práctica pueden formarse en torno a esos conceptos particulares. Específicamente, si esos conceptos están relacionados con realidades sistémicas complejas, el acto de "definir" se vuelve complejo en sí mismo y experimenta una evolución en el tiempo a través de cambios en los significados. La ecología industrial puede considerarse como un ejemplo interesante en ese sentido, ya que se ocupa de las complejas interacciones entre los sistemas de producción industrial, la sociedad y la naturaleza. La ecología industrial estudia la posible transición de los sistemas de producción industrial a ecosistemas industriales que pueden actuar como ecosistemas naturales, imitando la capacidad de estos para ejecutar circuitos cerrados con la máxima eficiencia de recursos.

Considerando la dependencia de las sociedades pos-modernas de la producción industrial y la constante necesidad de utilizar los recursos naturales, no es sorprendente que la ecología industrial haya sido un concepto de gran resonancia y relevancia pero, a su vez, de gran complejidad. Si se considerasen los estudios de ecología industrial como un viaje desde que surgió la primera definición de ecología industrial en 1989 hasta el día de hoy, se puede afirmar que han evolucionado en torno a las definiciones cambiantes del concepto en sí y, también, a la noción de "sostenibilidad". Y, lo que es aún más interesante, hoy en día, los que estudian la ecología industrial pueden enfrentarse y vencer el desafío de definir la "economía circular", un concepto emergente que ubica la ecología industrial en el centro de su desarrollo teórico y se nutre de ella como su fuente principal. En estas situaciones, los libros de texto sobre conceptos nuevos como la ecología industrial son valiosos para comprender los conceptos básicos o, mejor dicho, los fundamentos complejos de conceptos como la economía circular.

En este sentido, el libro *Taking Stock of Industrial Ecology* realiza un balance de la ecología industrial y presenta la evolución del concepto y los estudios de campo desde principios de los años noventa. Los editores, Roland Clift y Angela Druckman, ambos investigadores del Centro de Estrategia Ambiental de la Universidad de Surrey, logran compilar capítulos

bien fundados de los principales académicos y profesionales en el campo de la ecología industrial. El libro es una fuente perspicaz para los recién llegados al campo de la ecología industrial y un punto de referencia para aquellos que ya tienen un conocimiento en este campo. Además, este libro puede ser útil para comprender los conceptos que yacen detrás de un concepto más popular, el de economía circular. En lugar de aceptar la economía circular como un término ya asentado, leer y comprender la ecología industrial, el análisis del flujo de materiales, la evaluación del ciclo de vida, el metabolismo urbano y la simbiosis industrial, entre otros, es una buena forma de evitar malentendidos y errores en definiciones en torno a la economía circular, en la actualidad tan popular como controvertido.

Los editores organizan el libro en diecinueve capítulos que se encuentran divididos en dos secciones, permitiendo al lector seguir fácilmente el contenido. La primera parte, que incluye los primeros doce capítulos, puede considerarse como el bloque teórico con una amplia revisión de la literatura dedicada a dar una visión general de lo que es la ecología industrial, la evolución del concepto, las diferentes perspectivas detrás de esta evolución y hacia dónde se dirige en el futuro próximo. Los editores presentan contribuciones de gran valor y relevancia sobre los siguientes aspectos: la definición de ecología industrial y sus conceptos fundamentales más relevantes (capítulo 1); los debates sobre la posible integración de los modelos de evaluación prospectiva incorporados en el campo de la ecología industrial en el dominio de los modelos de evaluación integrados (capítulo 2); la evaluación de la sostenibilidad del ciclo de vida a través de las definiciones adoptadas y la discusión de los posibles retos metodológicos para evaluar escenarios futuros (capítulo 3); la revisión de la literatura sobre el metabolismo urbano como resultado de la ampliación de la ecología industrial para incluir la ecología social y las futuras líneas de investigación sobre la aplicación de la ecología industrial a escala de ciudad (capítulo 4); la revisión general de la normativa y la práctica de la simbiosis industrial, subcampo de la ecología industrial (capítulo 5); el potencial del enfoque de metabolismo socioeconómico como marco para integrar la mitigación del cambio climático y el desarrollo sostenible (capítulo 6); la idea principal detrás de los saldos y flujos en la economía del rendimiento, ubicando la economía del rendimiento como ecología industrial en acción (capítulo 7); los posibles vínculos entre la ecología industrial y la economía social y solidaria para futuras investigaciones y acciones (capítulo 10); las posibles formas y beneficios surgidos de implementar enfoques de la ecología industrial en los países en desarrollo (capítulo 11); y la revisión del progreso en el análisis del flujo de material que indica su uso beneficioso en las prácticas y políticas de gestión de residuos (capítulo 12). Algunos otros aspectos teóricos presentes están relacionados con la sostenibilidad del comercio internacional con respecto al uso de recursos globales (capítulo 8), y los determinantes y la composición de las emisiones de carbono de los hogares en los países occidentales (capítulo 9), pero en estos dos últimos casos presentando un vínculo más débil con la ecología industrial.

La segunda parte del libro, que abarca los últimos siete capítulos, proporciona estudios de casos sobre áreas específicas y algunos ejemplos de la implementación de distintos enfoques de la ecología industrial en diferentes contextos. Esta parte comienza con la discusión de los orígenes de la economía circular y también los desafíos para convertir el concepto en propuestas políticas en el panorama político del Reino Unido (capítulo 13) y continua con estudios de casos sobre el uso de conceptos y herramientas de la ecología industrial para diseñar los sistemas y políticas de gestión de residuos en Portugal (capítulo 14). Centrándose en las multinacionales, el enfoque de evaluación del ciclo de vida junto con la conceptualización de los límites planetarios se operacionaliza en el caso de una empresa (capítulo 15), así como la comprensión de la economía circular de una empresa desde la perspectiva de la innovación y la gestión de la tecnología (capítulo 17). Se aportan ejemplos y casos prácticos sobre regulaciones basadas en productos relacionados con la ecología industrial junto con las respuestas de los productores (capítulo 16), sobre la historia y los desarrollos recientes de automóviles desde una perspectiva de ecología industrial (capítulo 18), y sobre aplicaciones de la ecología industrial en una región de Inglaterra como una combinación de políticas e iniciativas de desarrollo *top-down* y *bottom-up* (capítulo 19).

En resumen, el libro *Taking Stock of Industrial Ecology* puede considerarse como una de las fuentes más recientes que compila diferentes perspectivas integradas en el campo de la ecología industrial. La credibilidad ofrecida por los capítulos en la primera parte hace que el libro sea una valiosa contribución al proporcionar contenido descriptivo y explicativo de forma clara y concisa. La segunda parte proporciona estudios de casos prácticos y útiles que permiten al lector comprender y poner en práctica diferentes enfoques que existen detrás de la ecología industrial y la economía circular. La integración de esas dos partes ofrece un contenido armonizado a los lectores. Para concluir, este libro puede servir como libro de texto para cursos académicos e investigadores sobre la ecología industrial (y economía circular), así como una guía para los responsables políticos y profesionales que trabajan en políticas públicas y estrategias corporativas relacionadas con los problemas de sostenibilidad de los sistemas de producción industrial.

Ebru Susur



INNOVATIVE STATE. HOW NEW TECHNOLOGIES CAN TRANSFORM GOVERNMENT

Aneesh Chopra

Grove Press/Atlantic Monthly Press (2014)

Aneesh Chopra's book *"Innovative State. How New Technologies Can Transform Government"* summarizes the work he accomplished during his years in the White House as Chief of Technology Officer (CTO) under the direction of President Barack Obama whose objective was to promote a change in the administration by increasing its transparency, public-private collaboration and the participation of citizens through Internet-based technologies. He was appointed for this position in 2009 and he performed until 2012. He obtained a master's degree in Public Policy from Harvard University in 1997, and his professional life has always been linked to new technologies and his desire to seek solutions through the application of innovation and promotion of a collaborative management model between public and private sectors.

Throughout his book, Chopra describes the four policy tools that were implemented during his time in the White House to carry out an open innovation project that would transform the public sector and allow to reduce the gap in the use of technology between the federal government and the private sector: (1) open data, (2) standards and convening, (3) prizes and challenges and (4) attracting talent-lean (government) startups.

1.- Open Data. This policy aims to make available to citizens information and data held by the government, which until now had been used internally. The first objective of this policy is to guarantee transparent management that allows citizens to know the government's activity, answering how and on what the tax money is spent. As a consequence of greater transparency, a greater degree of accountability is ensured on the part of the public sector for its actions and therefore greater legitimacy. With this idea was launched Data.gov or FederalRegister.gov.

However, the idea developed by Chopra in his book goes beyond these objectives (transparency and accountability). This policy of open data must also seek to make information available to the citizen in a way that is useful and that its reuse is a benefit for society. The government's mission, in this case, is to ensure that information/data reach citizens in an accessible way, adding value to the country's economic activity or in the day-to-day life of citizens. To achieve this objective, it is not enough for the government to release its data and make it available to the citizen. As Harrel, C. (2013) explains the data will only be useful if it is correctly aggregated, presented and is possible to interact with.

There are many cases where open data actions have brought benefits to society (citizens and companies). The European Union Open Data website, for instance, lists the existing Open Data applications developed by the European Institutions, agencies and as well as third parties, as for Open Opps where it is possible to find easily, daily updated opportunities for public contracts from all over the world. Spain's Energy Department developed the platform "geoportalgasolineras" which compares petrol, diesel, and premium fuel prices all over the country, helping citizens to find the best-priced gas stations. The data as designed also allow the energy department to detect possible antitrust practices among companies in the sector.

2.- Standards and Convening. Since the industrialization of the economy at the beginning of the twentieth century, many countries have played a fundamental role in its development by setting standards to ensure the products we use are safe and reliable, and those different appliances and pieces of equipment can connect and work together for a better experience. The NIST (National Institute of Standards and Technology) was created for this purpose in 1901 and continues to provide an essential service for the development of the economy (in Spain, this role is played by UE, Asociación Española de Normalización https://www.une.org/

and at European level, this work is coordinated by the European Committee for Standardization).

Chopra underlines that interoperability of systems and technology is essential to ensure progress and innovation, however, he encourages a different way to achieve the desired harmonization, establishing the need for any standardization activity to involve the private sector, to reduce the high costs involved in NIST activity and accelerate standardization processes. In this way, the state takes on the role of promoter of this activity. These efforts were focused among others in the energy sector, establishing the goal of modernizing the electricity grid and creating a smart grid technology that allows for *"(1) create jobs, (2) reduce energy use, and (3)expand renewable energy production"*.

3.- Prizes and Challenges. The introduction of technology in the administration has meant the allocation of large budget lines for the contracting and implementation of IT developments, but, according to Shark (2015), between 2003 and 2012 only 6.4% of the large-scale projects developed were successful ("the government invest in over 6,000 IT projects every year yielding more than 75 billion in cost"). These circumstances and the need to avoid lengthy procurement processes, made Chopra propose an alternative solution, which incentivizes the call for Awards or Prizes. He advocates this strategy *"as a way to get out of government procurement."*. To foster Prizes among the Federal government in 2011 passed the America Competes Act granting authorization to all agencies to convene prizes up to $50 million per prize. This alternative to contracts and grants is used with some frequency in the non-profit sector, for example, the *UN Climate Action Awards* that allow the United Nations to select the best and brightest solutions to climate change, led by communities, governments, businesses, and organizations around the world.

4. Attracting Talent-Lean (government) startup. Finally, Chopra applies to lean startup philosophy and defends how its principles may be implemented in the public sector. The Lean start movement was defined by Eric Ries and according to Blank, S. (2013), encourages experimentation, customer feedback, and iterative design. This policy has two aims, first, it gives entrepreneurs access to key positions in the government thus they can promote innovation and technology to achieve the agency's objectives and second, favors professional relationships between public servants and entrepreneurs. This idea was developed by President John F. Kennedy when creating the "Talent Hunt Committee" to hire key positions in his government, Chopra, A. (2014).

An excellent example where the tools described by Chopra have been used (open data, standards, collaboration and attracting talent) is explained by Bibiana McHugh, who has worked in TriMet's, the public transit agency in Portland, Oregon (McHugh, B, 2013). The success of this case lies in how the public sector makes its data available to the citizen to facilitate and promote access to public transport in the city. To do so, it has a large amount of data that must be designed and provided attractively and simply. Instead of initiating a long procurement process, TriMet calls for collaboration with a technological company that, while promoting a common good, obtains benefits, thus greatly reducing the cost to the administration and resolving the situation in record time. In this way, an open data policy together with the attraction of talent gives an optimal solution to the need that the public sector wants to cover.

In summary, Chopra describes what it can be considered as a New Public Governance (NPG) model (as opposed to the New Public Management model) in which the role of the state is focused on guarantee, in a holistic approach, the common good, and on the coordination and direction of the different external agents involved in the resolution of a problem (Morgan, 2013). This model can be presented as a more appropriate solution, than NPM, to confront complex/wicked problems. But it can be considered that this new model of governance cannot be applied to all the issues that the administration has to face, or sometimes it is necessary to use techniques corresponding to the two models of public management. In this sense, while performance indicators are developed in NPM, similarly effectiveness and efficiency indicators are incorporated in the model of NPG as well, so the two models share common features (Klijn E.H., 2012).

Another debate arising from the use of technology is the confrontation between technological determinism and social constructivism, doctrines that attempt to answer the question of who controls technological change (Dafoe A., 2015). Chopra's proposal ultimately seems to side towards technological determinism, because the role of the government is reduced to coordinate and guide different stakeholders to pursue the common good, but without establishing the specific characteristics of the service to be provided to society, and that could lead us to think that it is technology that controls and decides how to meet our needs.

Eventhough this book was first published in 2014, it is still very up-to-date, especially in this "new normal Post Covid-19 context" where governments must bet on new technologies for their necessary transformation. The objective that Chopra pursues: *"to make government better, not bigger, through the application of technology, data, and innovation"* is still valid and fully relevant.

Elena San José Martínez

Selección bibliográfica

CHERTOW, M.R. 2000. "*Industrial symbiosis: Literature and taxonomy*". Annual Review of Energy and the Environment, 25: 313-337.

DEUTZ, P. & GIBBS, D. 2008. "*Industrial ecology and regional development: Eco-Industrial development as cluster policy*". Regional Studies, 42(10): 1313-1328.

EHRENFELD, J., 2003. "*Putting a spotlight on metaphors and analogies in industrial ecology*". Journal of Industrial Ecology, 7: 1–4.

FROSCH, R.A. & GALLAPOULUS, N.E. 1989. "*Strategies for manufacturing*". Scientific American, 261: 94–102.

KEMP, R., SCHOT, J., HOOGMA R. 1998. "*Regime shifts to sustainability through processes of niche formation: The approach of strategic niche management*". Technology Analysis and Strategic Management, 10: 175–195.

KORHONEN, J. 2001. "*Four ecosystem principles for an industrial ecosystem*". Journal of Cleaner Production, 9: 253-259.

LOWE, E.A. & EVANS, L.K. 1995. "*Industrial ecology and industrial ecosystems*". Journal of Cleaner Production, 3: 47-53.

MAZZUCATO, M. & PEREZ, C. 2015. "*Innovation as growth policy: The challange for Europe*". In: J. Fagerberg, S. Laestadius & B.R. Martin, eds. The Triple Challange for Europe: Economic Development, Climate Change, and Governance. New York: Oxford University Press: 229-258.

MCMANUS, P. & GIBBS, D. 2008. "*Industrial ecosystems? The use of tropes in the literature of industrial ecology and eco-industrial parks*". Progress in Human Geography, 32(4): 525-540.

STERR, T. & OTT, T. 2004. "*The industrial region as a promising unit for eco-industrial development - Reflections, practical experience and establishment of innovative instruments to support industrial ecology*". Journal of Cleaner Production, 12: 947-965.

SUSUR, E., HIDALGO, A., CHIARONI, D. 2019a. "*The emergence of regional industrial ecosystem niches: A conceptual framework and a case study*". Journal of Cleaner Production, 208: 1642-1657.

SUSUR, E., HIDALGO, A., CHIARONI, D. 2019b. "*A strategic niche management perspective on transitions to eco-industrial park development: A systematic review of case studies*". Resources, Conservation and Recycling, 140: 338-359.

SUSUR, E., MARTIN-CARRILLO, D., HIDALGO, A. 2019c. "*Unfolding eco-industrial parks through niche experimentation: Insights from three Italian cases*". Journal of Cleaner Production, 239: 118069.