

---

# 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?

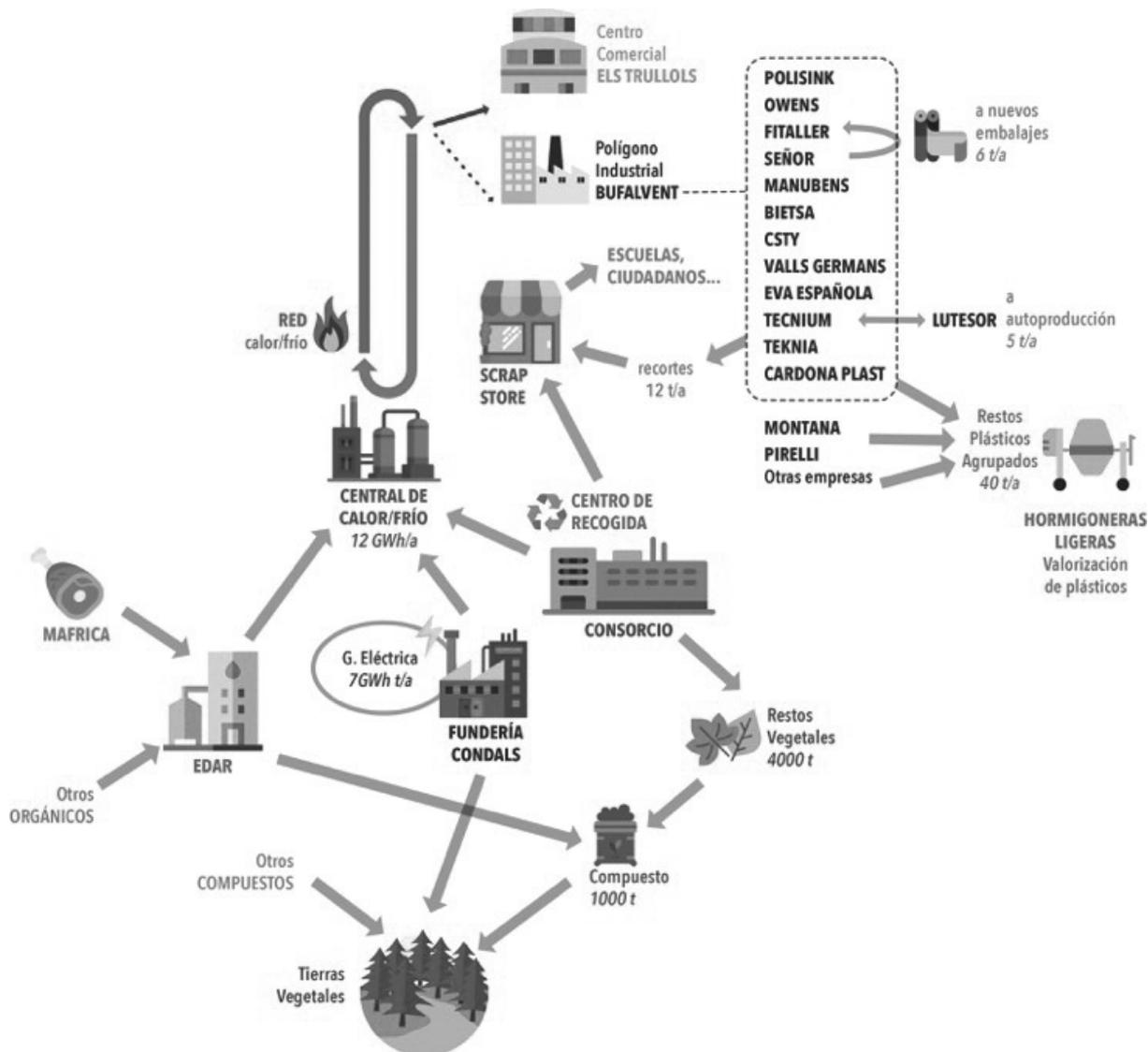
Este concepto es lo que se conoce como *simbiosis industrial* y no deja de ser nada más que aplicar los conceptos de la economía circular al tejido productivo de un territorio (Lomardi, 2012). Una estrategia empresarial que incentiva la colaboración entre empresas (tradicionalmente separadas) para hacer 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 sí 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
<b>Intercambio</b> de residuos entre empresas.	Gestión de residuos sin intercambio.
<b>Reutilización</b> de residuos recuperados entre empresas.	No reutilización de residuos ni reutilización individual.
<b>Cogeneración</b> 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.
<b>Infraestructuras</b> , construcción y ordenación de usos del suelo.	Ausencia de métodos de cogeneración.
Sistemas de <b>Gestión Medioambiental</b> liderados por el Órgano Gestor del Parque.	Ausencia de Sistemas de Gestión Medioambiental.

Fuente: [www.upv.es/contenidos/CADIVALT/info/Guia\\_Poligonos.pdf](http://www.upv.es/contenidos/CADIVALT/info/Guia_Poligonos.pdf)

avía 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 Autenticación 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 CO<sub>2</sub> 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, The Netherlands
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 (INNVALLES, 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 contenedor 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 Besòs (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 ahorros 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, mezcladores...), impresoras 3D, servicios de acceso a información y expertos, etc. son necesidades a las que muchas veces no se tiene acceso (Barceló, 2016).

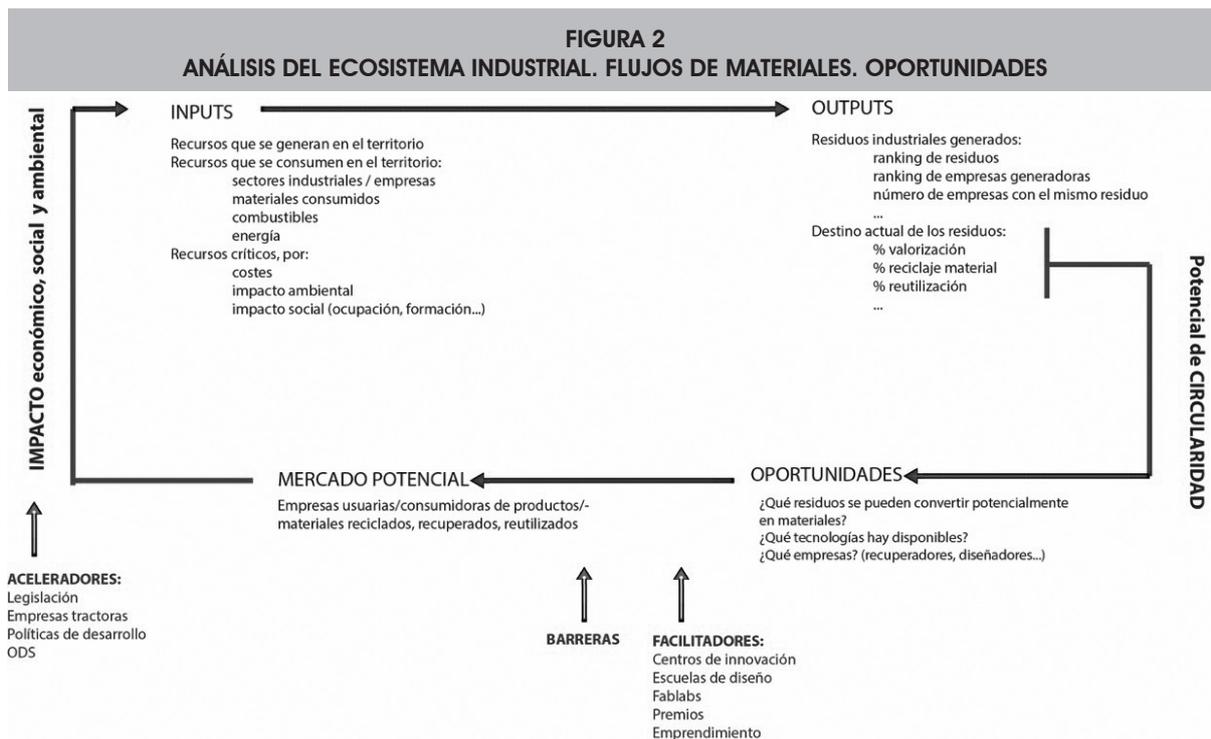
Pero el tema puede ir más allá, y disponer de sitios para hacer pruebas muchas veces es necesario y no se dispone. Hacer pruebas a escala real, en uso real, sin reglamentaciones que limiten precisamente lo que se pretende experimentar, «zonas francas» de experimentación, a veces es tan difícil como haber 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 favorece 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, emite a la atmósfera CO<sub>2</sub> 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<sub>2</sub>/año emitidas a la atmósfera.



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 sí 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](http://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 ↓

- Alem, 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 symbiosis.
- 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 symbiosis facilitator: key study base don current knowledge, skills and qualifications regarding industrial symbiosis.

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 Zusammenarbeit). 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 symbiosis. Journal of Cleaner Production. 247, 119113.10.1016

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

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

SCALER Project H2020. 2020. Report industrial symbiosis 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 *racionales* 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 contrarres-

tar 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 transnacionales 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 concepto 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

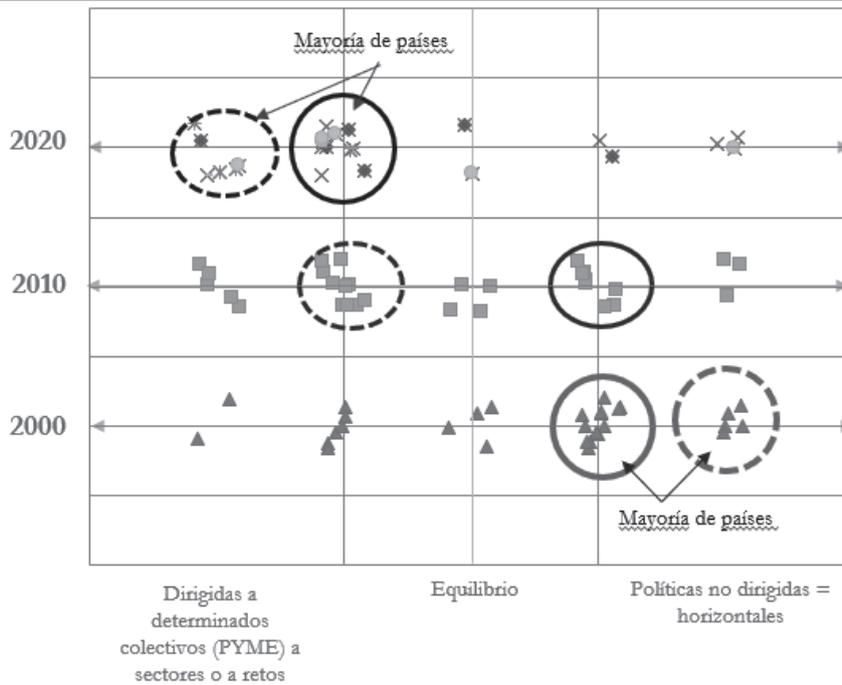
demás actores de la sociedad para identificar retos significativos que se pueden resolver mediante la innovación (Comisión Europea, 2017).

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 interdisciplinares, 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 características 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.

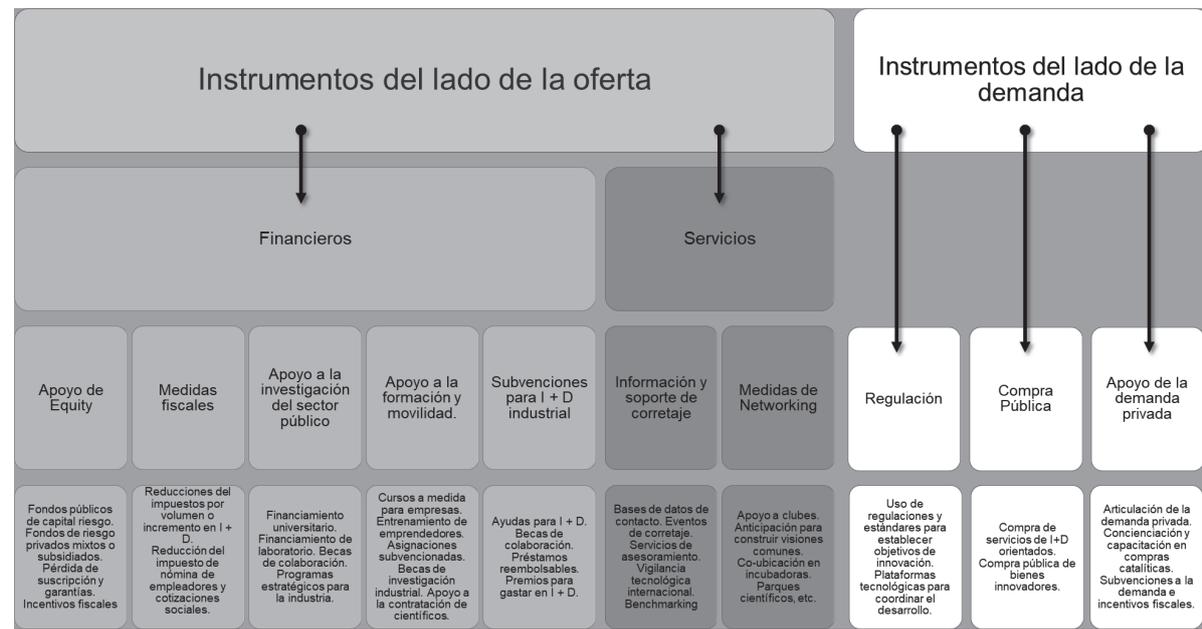
### El creciente protagonismo de los instrumentos de apoyo desde la demanda ↓

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 pública 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 «regulaf», 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 ejem-

plo, 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 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 transversales 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 fundamentan 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 verdaderos 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 VERDES A TRAVÉS DEL RECICLAJE Y LA REUTILIZACIÓN**

Resumen de barreras	Definición
<b>Necesidad de capacidades de producción complementarias</b>	Puede ser difícil encontrar y coordinar diversas capacidades complementarias a través de las múltiples etapas de la cadena de valor y diferentes dominios tecnológicos.
<b>Baja calidad y disponibilidad información</b>	Limitan la capacidad de diferentes empresas de hacer previsiones y explotar el valor de los desperdicios.
<b>Papel protagonista del gobierno</b>	Regulación compleja y ralentizada que define el funcionamiento de los ecosistemas en transición.
<b>Inexistencia de un mercado confiable</b>	Incentivo indispensable para el surgimiento y consolidación de nuevas empresas en dichos mercados o para la reconfiguración de empresas existentes.
<b>Riesgos y costes de I+D+i</b>	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.
<b>Incertidumbre en el tiempo de difusión</b>	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 de 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 el 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 (Grillitsch & 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 da 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 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 em-

presas (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](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](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](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 Commission 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: diffusion: 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](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](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 effects. 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).